

EL COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE

COSTO AMBIENTAL DEL CRECIMIENTO INDUSTRIAL:
CONSIDERACIONES PARA UN METODO DE EVALUACION

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMIA INDUSTRIAL

QUE PRESENTA:

CARLOS MONTALVO CORRAL

TIJUANA, B. C., 21 DE AGOSTO DE 1992

COMITE EVALUADOR:

DIRECTOR: DR. ROBERTO SANCHEZ R.

LECTOR EXTERNO: DR. RENE FRANCO BARRENO

LECTOR INTERNO: MTRO. JESUS ROMAN CALLEROS

I N D I C E

1. Introducción.
 - 1.1. El problema de la degradación del medio ambiente y la salud de los trabajadores.
 - 1.1.1. La degradación del medio ambiente a nivel global.
 - 1.1.2. Las tecnologías y la producción de residuales.
 - 1.1.3. La industria electrónica, el medio ambiente y la salud en Tijuana.
 - 1.2. Revisión bibliográfica.
 - 1.3. Hipótesis, objetivo y método.
 - 1.4. Términos utilizados.
2. Marco teórico-referencial
 - 2.1. La teoría de la firma aplicada a la economía ambiental.
 - 2.2. Países de industrialización reciente: el caso de la frontera norte de México.
 - 2.3. Regulaciones ambientales que enmarcan la operación de la industria en México.
3. Procesos de manufactura en la industria electrónica, residuales y riesgos para la salud y el medio ambiente.
 - 3.1. Descripción de las plantas visitadas.
 - 3.2. Descripción de los procesos de manufactura y localización de los puntos de generación de residuales y riesgos.
 - 3.2.1. Placas de circuitos impresos.
 - 3.2.2. Placas de circuitos integrados.
 - 3.3. Sustancias detectadas.
 - 3.3.1. Los ácidos.
 - 3.3.2. Los álcalis.
 - 3.3.3. Los cianuros.
 - 3.3.4. Los metales.
 - 3.3.5. Los oxidantes.
 - 3.3.6. Las resinas.
 - 3.3.7. Los solventes.
 - 3.4. Tecnologías de manejo, tratamiento y disposición final de residuales potencialmente peligrosos.
 - 3.4.1. Descripción de las tecnologías actuales de tratamiento y manejo de desechos.
 - 3.4.2. Descripción de las tecnologías de tratamiento y confinamiento de desechos.
 - 3.4.3. Niveles de tratamiento y tecnologías de confinamiento final de residuos potencialmente peligrosos.
 - 3.5. Descripción de los costos de tratamiento y confinamiento.
 - 3.5.1. Costos de tratamiento y confinamiento.
 - 3.6. Generación de desechos en los procesos de manufactura de placas de circuitos impresos.
4. Economías externas de la industria electrónica en Tijuana, B.C.
 - 4.1. Riesgos generados para la salud y el medio ambiente.
 - 4.1.1. Riesgos por índices de daño probable.
 - 4.1.2. Riesgos por condiciones de uso de las sustancias detectadas.
 - 4.1.3. Riesgos por las cantidades por reciclar o desechar mensualmente.
 - 4.1.4. Riesgos por condiciones de operación de las plantas.
 - 4.2. Ponderación de las variables asociadas con el riesgo.
 - 4.2.1. Planteamiento del modelo.

- 4.2.2. Resultados de las ponderaciones.
- 4.3. Costos y economías externas.
 - 4.3.1. Fórmulas y definición de la nomenclatura.
 - 4.3.2. Análisis de costos de tratamiento y confinamiento por residuos potencialmente peligrosos por planta, anualmente.
 - 4.3.3. Resultados.
- 4.4. Medición económica del daño ambiental.

Conclusiones

Bibliografía

Anexos

"[...] es necesario estar conscientes de que el ecosistema no puede ser mejorado, sólo puede conservarse o repararse el daño causado por las actividades humanas. No existe posibilidad de que lo humano pueda mejorar lo que la naturaleza ha refinado en millones de años. Asumir que podemos hacerlo es una actitud arrogante e irresponsable. Lo que debemos mejorar son nuestras habilidades para coexistir con el medio ambiente natural de la manera más armoniosa posible" (Thomas H. Gassert, *Health Hazards in Electronics, a Handbook*).

1. INTRODUCCION

1.1. El problema de la degradación del medio ambiente y la salud de los trabajadores.

1.1.1. La degradación del medio ambiente a nivel global

El problema que representa actualmente la degradación del medio ambiente, a nivel global, es producto de la irracionalidad actual y pasada de los estilos de desarrollo de las sociedades industriales basadas en el consumo masivo de bienes y en la búsqueda de rentabilidad de los proyectos de inversión en el corto plazo, estilos que están en franca contradicción con los ciclos y ritmos de regeneración de la naturaleza. Estos patrones se repiten, tanto en los países industrializados, como en los países en desarrollo; pero se agravan en estos últimos debido, en parte, a su condición de dependencia,¹ y a la poca atención y recursos que dedican a la protección del medio ambiente.² Por estas razones, es muy difícil definir cualquier punto de ataque a los problemas de raíz que causan la contaminación o el planteamiento de un crecimiento industrial que se halle dentro de un esquema que no rompa con el equilibrio ecológico.³

Un medio ambiente sano, así como los recursos naturales de una nación, constituyen la base para cualquier forma de desarrollo económico. El medio ambiente artificial que ahora

¹ Esto a través de la importancia de la industria transnacional, en la planeación de estos países, ya que algunas de las decisiones de las transnacionales sobrepasan su capacidad de negociación. Para un análisis más detallado sobre el tema, véase Stephen Hymer, *Empresas multinacionales*, Ed. Periferia, Bs. As., 1972, y Mark Casson, *Multinationals Corporations*, Elgar Reference Collection, Harvard Press, 1990.

² La *Ley general de equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente* aparece en México por primera vez durante la administración de Miguel de la Madrid a finales de los 80 (marzo de 1988). Actualmente, presenta lagunas muy grandes que tienden a llenarse poco a poco con la adición de nuevos reglamentos, después de más de 40 años de un proceso de industrialización.

³ Esta concepción del desarrollo plantea la concreción del crecimiento económico acorde con los ritmos de la naturaleza, en autores como Ignacy Sachs en *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*, El Colegio de México, México, 1982.

representa la mayoría de las zonas urbanas, que, de acuerdo con Leslie J. King, es en donde, por lo general, se dan las concentraciones industriales,⁴ forma la ilusión de que cada día el hombre es menos dependiente de la naturaleza, debido a que la mayor parte de sus actividades se halla alejada de aquellas que implican la generación de energía y la producción de bienes de consumo primarios.⁵ Esto podría explicar la inmediatez de los paradigmas de industrialización en la maximización de las utilidades y la minimización de los costos, por parte, tanto del sector privado, como del público, lo cual es aún más grave dada la magnitud de las inversiones y los proyectos de este último.

1.1.2. Las tecnologías y la generación de residuales

Desde la primera revolución industrial se han dejado de lado dos leyes básicas de la termodinámica en lo que respecta al manejo y transformación de los recursos naturales, cuyos enunciados son: La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma, y todo proceso es degradativo, es decir, si el resultado del proceso es una degradación de la energía, en cuanto a su capacidad de hacer trabajo, el proceso ocurrirá;⁶ por lo tanto, todo proceso de transformación de la materia implica por naturaleza la generación de residuales en forma de energía o en materiales de desecho. Los primeros son rápidamente asimilados por el medio ambiente --de cualquier forma éstos son acumulativos-- y los segundos no siempre son reusables o asimilables en el corto plazo. Estas leyes tienen implicaciones muy importantes

⁴ Leslie J. King, *Central Place Theory*, Sage Publications, 1988.

⁵ Osvaldo Sunkel, "Introducción: La interacción entre los estilos de desarrollo y el medio ambiente en América Latina" en *Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, tomo I*, selección de Osvaldo Sunkel y Nicolo Gligo, FCE, México, 1980 (Lecturas del Trimestre Económico, núm. 36), p.12.

⁶ Virgil M. Faires, *Thermodynamics*, The MacMillan Co., New York, 1962, pp. 133-163.

para el bienestar actual del hombre y su sobrevivencia en el largo plazo, ya que, según éstas, no es posible eliminar los residuales completamente, aun con la tecnología del control de la contaminación, pues su desarrollo se encuentra sujeto a las mismas leyes. Así pues, se aproxima de manera acelerada el enfrentamiento del hombre con las leyes naturales que limitarán los actuales paradigmas tecnológicos y de organización de la producción, mismos que forzarán a desarrollar uno con tecnologías más limpias que signifiquen una tendencia a la sustitución de los modelos de control de la contaminación *at the end of the pipe*, que, desde su concepción, incluyan el posible impacto ambiental, antes de ser desarrolladas. Mientras tanto, existen costos ambientales y sociales, así como beneficios económicos, que no son distribuidos de forma equitativa en toda la población, a costa de la degradación del medio ambiente, del nivel de vida de los trabajadores y la población en general. Ya que la tecnología es el instrumento del hombre en la transformación de los recursos naturales, es en este aspecto en donde deben enfocarse los esfuerzos para transformar los patrones de industrialización y acumulación porque, para los departamentos de investigación y desarrollo de las empresas, la pregunta decisiva de selección de nuevos productos y tecnologías es si serán rentables, sin considerar que la contaminación tiene su origen material en el proceso productivo mismo.

1.1.3. La industria electrónica, el medio ambiente y la salud en Tijuana, B.C.

El problema de la salud de los trabajadores y la contaminación ocasionados por la industria electrónica han sido poco estudiados, tanto en la región fronteriza del norte de México, como en el caso particular de la ciudad de Tijuana. Esta industria, caracterizada por ser intensiva en capital y en el uso de sustancias químicas peligrosas, destaca por su imagen de industria limpia; sin embargo, una de las más sorprendentes contradicciones es que, por un lado, tiene

una gran necesidad de aire y agua puros, así como de materiales altamente refinados, y por el otro, una gran capacidad para contaminar el ambiente local de manera permanente con sustancias altamente tóxicas.⁷ Las materias primas utilizadas son proveídas casi exclusivamente por la industria química, es decir, sin químicas no habría electrónica⁸. Las altas tasas de enfermedades y daños al medio ambiente relacionadas con ella no son una teoría, sino un hecho comprobado; prueba de ello son el reporte de D. Pasquini y L. Laird, *Hazard Assessment of Electronic Component Manufacturing Industry*,⁹ y el manual sobre riesgos para la salud de Thomas Gassert, *Health Hazards in Electronics*,¹⁰ que muestran en su contenido los riesgos del medio ambiente y de salud a que están expuestos los trabajadores.¹¹ Desafortunadamente, no existe una relación causa-efecto directa de estos riesgos en Tijuana, debido a que el conocimiento acerca de la toxicología de las sustancias utilizadas no se ha difundido y a que es necesario que pasen meses o años antes de que una enfermedad o daño aparezca después de la primera exposición. Los problemas implícitos en la operación de la industria electrónica en la frontera norte de México y en el caso particular de la ciudad de

⁷ Thomas H. Gassert, *Health Hazards in Electronics: A Handbook*, Asia Monitor Center, Hong Kong, 1985, pp. 33-34.

⁸ *Ibidem*, p.23.

⁹ D. Pasquini y L. Laird, *Hazard Assessment of the Electronic Component Manufacturing Industry. Final Report*, Environmental Chemistry Department-System and Measurements Division-Research Triangle Institute, Research Triangle Park, agosto de 1982.

¹⁰ T. H. Gassert, *op. cit.*

¹¹ Véase también: R. Sánchez, "Otra manera de ver la maquiladora: riesgos en el medio ambiente y la salud", *Subcontratación y empresas trasnacionales. Apertura y reestructuración en la maquiladora*, comp. de Bernardo González-Aréchiga y Juan Carlos Ramírez, El Colef-Fundación Friedrich Ebert, México, 1990, pp. 553-570; T. H. Gassert, *op. cit.*, pp. 106-356, y Jorge Carrillo, "Maquiladoras: Industrialización fronteriza y riesgos de trabajo. El caso de Baja California" en *Reestructuración industrial: maquiladoras en la frontera México-Estados Unidos*, comp. de Jorge Carrillo, Conaculta-Colef, México, 1986, pp. 321-339.

Tijuana han aparecido muy recientemente.¹²

1.2. Revisión bibliográfica

Respecto a los riesgos del medio ambiente y la salud de los trabajadores en la industria electrónica, en el caso particular de la ciudad de Tijuana, sólo existe el trabajo de Jorge Carrillo, "Maquiladoras: industrialización fronteriza y riesgos de trabajo, el caso de Baja California",¹³ en el que muestra algunos de los riesgos de trabajo en una planta electrónica de la ciudad de Tijuana, B.C., y señala que existe un subregistro de las enfermedades ocasionadas por el trabajo, que no refleja la realidad del fenómeno.

En cuanto a los problemas generales del medio ambiente y la salud en la frontera, los trabajos más significativos son el de Roberto Sánchez, con su ensayo "El tratado de libre comercio en América del Norte y el medio ambiente en la frontera norte", en el que, más que presentar un análisis prospectivo, considera la situación actual de la problemática ambiental que representa la industria maquiladora a la luz del TLC.¹⁴ En otro trabajo titulado "Otra manera de ver la maquiladora: riesgos en el medio ambiente y en la salud", Roberto Sánchez describe aspectos negativos poco conocidos, tales como el manejo de materiales peligrosos, la generación de residuos peligrosos, así como su posible confinamiento, centrándose en el estudio de los riesgos en el medio ambiente y la salud derivados del crecimiento de la

¹² Véase Roberto Sánchez, "Otra manera de ver..." y George Baker, "Mi comida con Andrés: Non Traditional Approach to Fiscal Equity and Academic Collaboration in Northern Mexico" en *Subcontratación y empresas transnacionales. op. cit.*, pp. 489-554; Roberto Sánchez, *El medio ambiente como fuente de conflicto en la relación binacional México-EUA*, El Colef, Tijuana, 1990, y T. H. Gassert, *op. cit.*, pp. 106-207.

¹³ Jorge Carrillo, *op. cit.*, pp. 279-339.

¹⁴ Roberto Sánchez, "El tratado de libre comercio en América del norte y el medio ambiente de la frontera norte", *Frontera Norte* (El Colef, Tijuana), vol. 3, núm. 6, julio-diciembre de 1991, pp. 5-28.

industria maquiladora de exportación en la ciudad de Mexicali, B.C.¹⁵

En el libro *Ecología y frontera*,¹⁶ publicado por la Escuela de Economía de la UABC, se hace mención de los problemas generales de la contaminación en la frontera México-Estados Unidos, señalando la utilización de sustancias peligrosas en la industria maquiladora en general; pero sin particularizar en la industria electrónica y sin proporcionar datos específicos en cuanto a sus características, manejo y confinamiento.

Hasta la fecha, no se ha realizado ningún análisis de las economías externas con las que opera la industria maquiladora en la frontera norte de México, tales como los costos del abatimiento de la contaminación generada y de los riesgos para la salud de los trabajadores, así como la cuantificación de desechos vertidos al medio ambiente y de las sustancias que es necesario tratar y confinar, etcétera.

Debido a la carencia de estudios amplios que relacionen el manejo de sustancias riesgosas con los problemas de salud pública, así como sus repercusiones en el medio ambiente en la frontera, se hizo la revisión de *Health Hazards in Electronics; A Handbook*,¹⁷ y *Hazard Assessment of the Electronic Component Manufacturing Industry*,¹⁸ los cuales mencionan los trabajos y procesos de alto riesgo, las enfermedades y daños relacionados con el trabajo, métodos de prevención de riesgos y enfermedades, así como la toxicidad y el control de 280 químicos utilizados en la industria electrónica. También se utilizaron el *Handbook of*

¹⁵ Roberto A. Sánchez, "Otra manera de ver..." en *op. cit.*, pp. 531-576.

¹⁶ Juan Alvarez y Víctor M. Castillo (coords.), *Ecología y frontera. Ecology and the Borderlands*, Escuela de Economía-UABC, México, 1986.

¹⁷ T. H. Gassert, *op. cit.*, 411 pp.

¹⁸ D. Pasquini y L. Laird, *op. cit.*

Environmental Data on organic Chemicals,¹⁹ que presenta información sobre las características físicas y químicas de las sustancias, y sus efectos biológicos en microorganismos, plantas, animales y el hombre, así como el *Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices-Electronic Components Manufacturing Industry*,²⁰ que describe la generación y manejo de desechos peligrosos; los procesos típicos de manufactura en la industria electrónica; las sustancias utilizadas en estos procesos y en qué son utilizadas; así como las tecnologías de tratamiento y confinamiento y sus costos.

1.3. Hipótesis, Objetivo y Método

Partiendo de la hipótesis de que la estimación del valor del producto generado por la industria maquiladora electrónica no toma en cuenta los costos sociales de su operación, con el presente trabajo pretendo demostrar que la operación de la industria maquiladora de exportación en la rama electrónica, en la ciudad de Tijuana, B.C., opera con economías externas, es decir, situaciones en las que el costo marginal del producto no refleja el costo de oportunidad real de los recursos utilizados o su costo social mediante el deterioro ambiental y de salud de la población. Asimismo, proporcionar un documento que sirva como herramienta para realizar estudios más amplios, en el futuro, que incluyan otras ramas de la estructura sectorial de la industria en general, desde un enfoque de la economía ambiental.

Esto lo voy a realizar mediante la detección de insumos con riesgo potencial para la salud y el medio ambiente en los procesos de manufactura; del grado de nocividad de las sustancias

¹⁹ Karel Verschueren, *Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals*, Van Nostrand Reinhold Company, Nueva York, 1977, 659 pp.

²⁰ Gerald O. Peters, James Levin y Peter Thomas, *Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices-Electronic Components Manufacturing Industry*, EPA-Hazardous Waste Management Division, Washington, 1977.

detectadas; del comportamiento de los tóxicos en el medio ambiente, y el análisis de los costos del abatimiento de la contaminación.

La elección de la industria electrónica como caso de estudio se debió a dos razones; primeramente, con base en la estructura industrial de la maquiladora, de donde podemos observar su importancia, ya que ésta representa más del 30% del total de establecimientos y más del 45% de empleos generados dentro del conjunto de industrias maquiladoras presentes en Tijuana, y, segundo, que ya existía un antecedente de experiencia en trabajos realizados dentro de El Colegio de la Frontera Norte en el área de los conflictos entre el desarrollo de esta industria, la salud laboral y el deterioro ambiental. Una vez seleccionada la industria limité la investigación a las plantas que manufacturaran placas de circuitos integrados e impresos, por tener experiencia en la manufactura de las mismas, lo que facilitó el diseño de cuestionarios y entrevistas, y la búsqueda y detección de insumos con riesgo para la salud y el medio ambiente. La selección de las plantas específicas se hizo con base en la facilidad y acceso que los directivos de las plantas dieron a la información requerida a través de los cuestionarios y entrevistas, y al recorrido de los pisos de manufactura. El número de plantas fue limitado a seis.

Para la elaboración de los cuestionarios me basé en una investigación realizada por el Dr. Roberto Sánchez sobre desechos tóxicos en la industria maquiladora, en 1987, dentro de El Colef,²¹ y con base en mi experiencia laboral dentro de la maquiladora electrónica desde 1987 hasta 1989. Estos cuestionarios fueron modificados para adecuarlos a los procesos específicos que se tomarían como caso de estudio, y fueron contestados por ingenieros de manufactura de las plantas visitadas. Para complementar los cuestionarios se elaboró una guía para

²¹ Roberto Sánchez, "Health and Environmental: The Maquiladora Industry in Mexicali", *Natural Resource Journal*, invierno de 1990.

entrevistar a los gerentes de planta, de los cuales se esperaba obtener información que los ingenieros de manufactura no manejan, tales como la distribución de costos en la operación de la empresa y los factores de localización más importantes.

Los cuestionarios fueron respondidos con y sin la presencia del entrevistador, dependiendo del caso, y las entrevistas fueron realizadas por el entrevistador con los gerentes de planta. Por otra parte, se realizó la observación directa de los procesos de manufactura y las tecnologías utilizadas en las mismas, con el objetivo de detectar las condiciones de operación y trabajo.

Dado que un gran número de agentes químicos se encuentran asociados con la industria de la electrónica, el trabajo de investigación requirió de la revisión de manuales y literatura relacionada con las características de los materiales químicos encontrados en las visitas a las plantas seleccionadas para la evaluación de los riesgos, la cual, una vez obtenida, sirvió como punto de partida para hacer la prueba de hipótesis en función del riesgo potencial probable que implica el manejo de estas sustancias. Una investigación más profunda habría requerido de pruebas de muestras de las emisiones de aguas residuales, vapores, ruido, etc.

Asimismo, se hace una descripción general del proceso tecnológico típico para manufacturar placas de circuitos integrados y de circuitos impresos. Se muestra el diagrama de flujo del proceso de manufactura, una referencia específica de los materiales usados en las operaciones del proceso y en qué son utilizados. Se muestra cómo repercuten los costos del control de los residuales en la rentabilidad de la localización de estas plantas en Tijuana. La descripción de los procesos en las plantas seleccionadas pretende describir el proceso típico que representan las operaciones, los materiales básicos utilizados y las economías externas generadas, por producto en esta industria en Tijuana. La calidad de la información obtenida en las plantas varió desde ser excelente hasta casi nula, lo cual se debe a las políticas tan

diversas de las empresas y a la posible conciencia de los efectos de sus procesos en los trabajadores y el medio ambiente en general.²²

Para formar los índices de riesgo por sustancia utilizada en los procesos de manufactura se utilizaron los manuales *Hazard Assessment of Electronic Component Manufacturing Industry*²³; *Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals*,²⁴ y *1973 IMCO Conference on Marine Pollution From Ships*.²⁵ *Dangerous Properties of Industrial Materials*.²⁶ En los índices tomados de estas referencias el peso del riesgo de la sustancia se incrementa al aumentar en una escala desde el cero, para riesgo nulo, hasta el tres, para el riesgo más alto. Con estos índices se formó uno nuevo que fue la suma de los índices de riesgo de toxicidad, cáncer, maternidad, explosión, fuego, bioacumulación, reducción de espacios recreacionales y daño a organismos vivos.

Para ponderar la importancia de las variables que determinan los riesgos generados para el medio ambiente y los trabajadores por la operación de las plantas, se utilizó el método de análisis factorial en su forma de análisis de componentes principales, el cual se realizó mediante el programa *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*.²⁷ La aplicación de

²² Aquí es necesario agradecer la cooperación de los ingenieros y gerentes mexicanos que mostraron un gran interés y preocupación al colaborar, hasta donde los directivos norteamericanos, japoneses y su estatus dentro de la empresa se los permitieron. Vale la pena mencionar que la única empresa que facilitó toda la información solicitada fue de capital y directivos mexicanos.

²³ Thomas H Gassert, *op. cit.*

²⁴ K. Verschueren, *op. cit.*

²⁵ Véase "1973 IMCO Conference on Marine Pollution from Ships" en *Hearing before the Committee on Commerce United States Senate, Ninety-Third Congress, First Session*, U.S. Government Printing Office, Washington, 14 de noviembre de 1973, (Serie núm. 93-52), pp. 78-101.

²⁶ N. Irving Sax, *Dangerous Properties of Industrial Materials*, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1977.

²⁷ Norman H. Nie, C. Hadlai Hull, Jean G. Jenkins, Karin Steinbrenner y Dale H. Bent, *SPSS. Statistical Package for the Social Sciences*, segunda edición, McGraw-Hill, New York, 1975.

este modelo, dado que el número de variables es mayor que el número de casos en la muestra, se hizo bajo las siguientes condiciones: i] los datos obtenidos reflejan solamente los procesos típicos de manufactura de placas de circuitos impresos e integrados; ii] el número de plantas visitadas fue tres veces mayor a las expuestas en el presente trabajo, y se observó que las condiciones de operación son muy similares; aunque no se obtuvieron datos precisos sobre sus características y las sustancias utilizadas, se puede afirmar que, tanto las sustancias, como las condiciones de operación, son comunes a todas las plantas que manufacturan el mismo producto, y iii] la aplicación se hizo para mostrar el posible uso de esta herramienta para ponderar el peso de las variables en el riesgo total generado por la operación de las seis plantas.

Para la interpretación de los resultados, se utilizaron las matrices de estadísticas iniciales, de factores y de factores rotados, que se muestran en los anexos. El cálculo de los costos del abatimiento de la contaminación y economías externas se realizó mediante un proceso contable.

1.4. Términos utilizados

At the end of the pipe: Traducido literalmente "al final de la tubería"; con esto me refiero a que, en la mayoría de los procesos de transformación de los recursos, la contaminación es controlada una vez que ha sido producida.

Crecimiento industrial: Proceso de transformación de la industria, caracterizado por una expansión de la capacidad productiva; la elevación de la productividad media del trabajo y del capital vía la introducción de nuevas tecnologías, y los cambios en la estructura de la organización industrial que implica un aumento de la concentración industrial.

Economía ambiental: Area especializada dentro de la economía que estudia la relación entre las actividades económicas y el medio ambiente. Esta incluye: i] el análisis de los efectos de las actividades económicas en el medio ambiente, tales como la producción y consumo de bienes y servicios; ii] el análisis de los efectos económicos del daño ambiental, tanto en la salud de gentes y animales, como en el deterioro de edificios, instalaciones productivas y otras propiedades, y iii] el estudio de la conducta humana en la solución de conflictos donde está implícita la elección entre deterioro ambiental y desarrollo económico.²⁸

Economía externa: De acuerdo con Baumol y Oates, se define mediante dos condiciones de existencia: i] que la función de producción o utilidad de un agente económico incluya variables no monetarias, cuyos valores sean escogidos por otros (personas, empresas, gobiernos, etc.) sin particular atención a los efectos en su bienestar, y ii] que las actividades de un agente económico afecten los niveles de utilidad de otros, y estos últimos no reciban compensación en una cantidad igual en valor a los beneficios o costos marginales resultantes por los cambios que esta actividad produce en su bienestar.²⁹

Función de daño: Estimación de la relación entre un nivel de calidad ambiental dado y la estimación monetaria del daño asociado con este nivel de calidad.

Daño monetario: Es la cantidad de dinero necesario para compensar a aquellos que sufren un cambio en la calidad de su medio ambiente.

Incineración: Combustión de desechos orgánicos y parcialmente orgánicos, de acuerdo con los estándares establecidos de emisiones de gases.

Medio ambiente: Utilizo la definición de Osvaldo Sunkel como: "El ámbito biofísico

²⁸ David W. Pearce y R. Kerry Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Nueva York, 1991, pp. 2-28.

²⁹ Véase W. J. Baumol y W. Oates, *The Theory of Environmental Policy*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1975, p.17

natural y sus sucesivas transformaciones artificiales así como su despliegue espacial". La definición implica ambigüedades; pero es suficiente para los efectos del presente trabajo.³⁰

Paradigma tecnológico: Visto éste como modelo y patrón de solución a problemas tecnológicos selectos, basados en principios derivados de las ciencias naturales, las tecnologías de materiales y, por supuesto, la economía.³¹

Reciclado: Proceso utilizado para regenerar o recuperar, total o parcialmente, materias primas a partir de desechos, para utilizarse en el mismo u otros procesos de manufactura.

Relleno sanitario: Terrenos o instalaciones caracterizados por aceptar un amplia variedad de desechos, incluyendo basura doméstica. La basura es compactada; una vez que se llega a cierto nivel de compactación, se cubre con tierra para sobreponer otra capa de basura que, a su vez, es compactada y recubierta con tierra, y así sucesivamente. Para esto, existe poca o nula supervisión de las filtraciones de líquidos, producto de la descomposición de los desechos y lluvias, que pudieran darse en el subsuelo.

Relleno sanitario asegurado. Tiene las mismas características que el anterior, con la diferencia de que éste es dotado con un sistema de drenaje desde su inicio, tomando en consideración las posibles filtraciones que pudieran ocurrir, y con una supervisión periódica de sus condiciones de operación.

Residuales. Denominaremos con este sustantivo a los subproductos no utilizables generados en cualquier proceso de transformación de materias primas. Término utilizado como sinónimo: desecho. Se utilizan indistintamente.

³⁰ Para una revisión más detallada del concepto véase: Osvaldo Sunkel, *op. cit.*, pág. 13.

³¹ Véase: Giovanni Dosi, "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy* (North Holland Publishing Co.), Tomo II, 1982, pp. 147-162.

Tecnología: Conjunto dado de combinación de factores (conocimiento práctico y teórico, *know how*, procedimientos, maquinaria y equipo) en relación con cierto producto. Podría decirse que la maquinaria y equipo "encarnan" a la tecnología. Al mismo tiempo, una parte que no toma cuerpo está compuesta por la habilidad o maestría en algo en particular; la experiencia del pasado en soluciones tecnológicas, y los logros y el conocimiento del estado del arte.³²

³² G. Dosi, *op. cit.*, pp. 151-152.

2. MARCO TEORICO-REFERENCIAL

2.1.1 La teoría de la firma aplicada a la economía ambiental

En este apartado se expone brevemente la teoría de la empresa en relación con la economía ambiental, demostrando gráficamente que: i) la competitividad de una empresa depende de sus costos de producción; ii) las empresas no absorben las economías externas con la finalidad de reducir sus costos; iii) cuando existen economías externas, el costo marginal privado es menor que el costo marginal social, y iv) los que pagan finalmente por el control de la contaminación son los consumidores.

Uno de los elementos básicos de la teoría económica son las curvas de la oferta y la demanda (fig. 1) que muestran la interacción de dos de los más importantes hechos acerca de la comercialización de cualquier producto --cuánto y a qué precios se produce/consume--¹. La curva de oferta es una reflexión de la industria y establece la función de que, a medida que el precio del producto aumenta, su producción resulta más rentable cuando se alcanzan economías de escala.

En la figura 1, P' es el precio de venta y Q es la cantidad que deberá ser vendida. Al observar la curva, veremos que si el precio fuese incrementado de P' a P'' (fig. 2), la oferta se incrementaría de Q' a Q'' . La curva de la oferta está basada en el aumento de los costos al producir una unidad adicional de producto, de ahí que precios más altos den soporte a costos de producción más elevados, ya sea por el aumento de la capacidad de

¹ James M. Henderson y Richard E. Quant, *Microeconomic Theory: A Mathematical Approach*, McGraw Hill, New York, 1971, pp. 131-140.

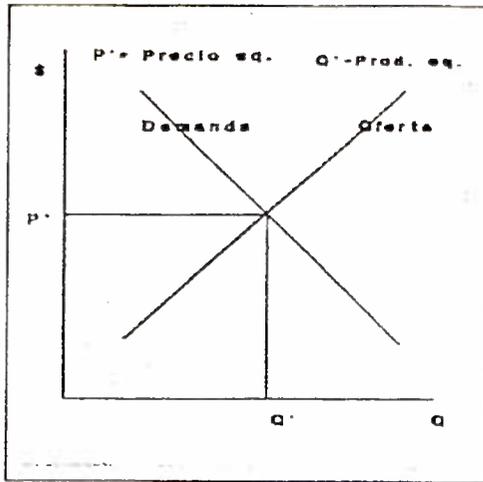


fig. 1

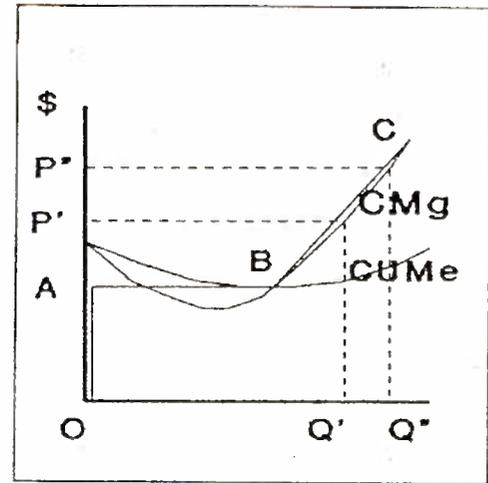


fig. 2

producción de una línea mediante su reorganización, ya sea por la apertura de nuevas líneas, ya sea por la adquisición de nuevas tecnologías, etc. Obviamente, algunas industrias son más flexibles que otras, debido a que pueden responder rápidamente a cambios en la estructura de la demanda. Algunos bienes de consumo son producidos con altos costos fijos como en el caso de la industria electrónica, donde el ciclo de vida del producto es muy corto debido a que su competencia en el mercado, no sólo se debe a su precio, sino también a su calidad, diferenciación, segmentación, etc., por lo que su innovación es muy acelerada, resultando en altos costos en investigación y desarrollo.² Cada empresa tiene su propia curva de costos, la cual indica que, generalmente, el costo marginal se incrementa con el producto. El nivel de producción óptimo, dentro de un mercado competitivo, es aquel en el cual la empresa iguala su costo marginal de producción con su precio de venta.³ En este nivel, la ganancia total es

² Keichi Oshima, *Technological Innovation and Industrial Research in Japan*, Elsevier Science Publishers B.V., Holanda del Norte, 1984.

³ J. M. Henderson y R. E. Quant, *op. cit.*, p. 128.

maximizada. Si suponemos que existe competencia perfecta y flexibilidad en la producción o una capacidad no utilizada en las empresas ya existentes, entonces podemos representar gráficamente la situación de una sola empresa respecto a sus costos y precios (fig. 2).⁴

La curva de costo marginal está determinada por los costos variables, dependiendo de los diferentes niveles de la producción. Sin embargo, altos costos fijos son sinónimo de ineficiencia. La curva de oferta de una empresa debe igualar a la curva de costo marginal de las empresas en competencia (en el supuesto de que las empresas se comportan como maximizadoras de ganancias). Bajo estas condiciones, la curva de oferta de la empresa es plana y similar a la línea de precios. Esto es fácil de observar en la figura 2, ya que cualquier cambio en los costos de una empresa cambiará su nivel óptimo de producto, mientras los precios del mercado no varíen. El cambio en la cantidad producida afectará, tanto a las ganancias totales, como al porcentaje que la empresa comparte o domina en el mercado.

La curva de la demanda es la función que describe la preferencia del consumidor por un producto (fig. 3).⁵ Si el precio actual de un producto cae, generalmente, habrá más consumidores dispuestos a comprarlo. Si una empresa decidiera disminuirlos (asumiendo información y sustitución perfecta), dominaría gran parte del mercado. La competencia por esta reducción fuerza a las empresas más ineficientes a salir del mercado o a reducir sus operaciones, ya que, por definición, tienen costos más altos y, en consecuencia, no pueden igualar precios sin caer en desventajas. Esto se puede observar en la figura número 4.

⁴ *Idem*, p. 126.

⁵ *Idem*, pp. 122-123.

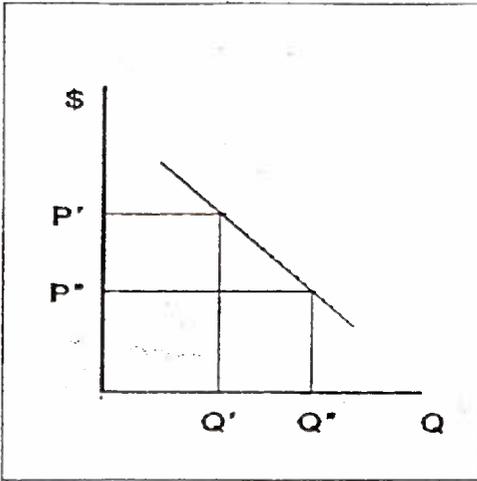


fig. 3

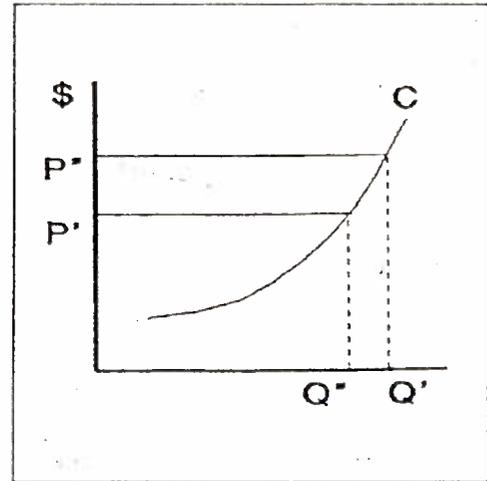


Fig. 4

La relevancia de esta elaborada explicación se basa en la creencia de que el abatimiento de la contaminación elevará los costos de una infinidad de empresas en muchas industrias.

Al beneficio que la empresa obtiene mediante la disminución de algunos de sus costos de producción, vía su traslado a otros agentes, se le conoce en la literatura económica como **economía externa**.⁶ Si este beneficio fuese integrado a su estructura de costos mediante la inversión en tecnología del control de residuales o la modificación de sus procesos de manufactura, entonces podría decirse que la empresa está absorbiendo en su totalidad los costos de producción. Consideremos cualquier empresa que tiene residuales, y supongamos que está situada en un lugar donde puede desecharlos libremente sin tratamiento alguno y sin que se le multe por ello. Esta significa un ahorro para la empresa, ya que no representa costos de adquisición y operación de plantas de tratamiento de sus residuales; sin embargo, representa un costo para la sociedad. La racionalidad de la reducción de los costos del tratamiento de los

⁶ También conocidas en la literatura económica como externalidades. Véase W. J. Baumol y W. Oates, *op. cit.*, p. 17; D. W. Pearce y R. K., *op. cit.*, pp. 61-69, y J. B. Opschoor y Hans B. Vos, *Economics Instruments for Environmental Protection*, OECD, París, 1991, pp. 18 y 21.

residuales puede verse en el comportamiento de la curva de costos del abatimiento de la contaminación. En la figura número 5, se aprecia en el eje de las abscisas, el nivel del abatimiento, y en las ordenadas, el costo de los tratamientos primario, secundario y terciario.

El sistema económico bajo el cual nos regimos induce a la minimización de los costos;⁷ pero si ésta se hace a expensas de un tercero que está pagando por ella con la reducción de la calidad de su medio ambiente y su vida, el ahorro de la empresa

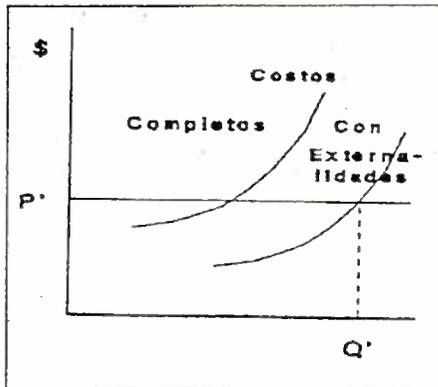


fig. 5

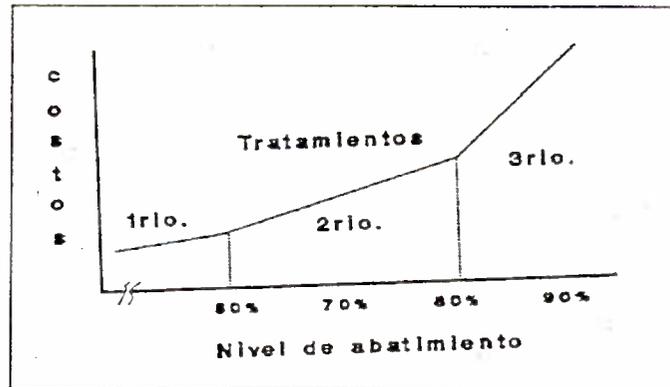


fig. 6

como actor social representa una disminución del bienestar para la comunidad en donde opera. Esta disminución puede ir, desde la reducción de espacios recreacionales, preocupación, ansiedad, miseria, hasta la generación de altos riesgos de enfermedad o muerte de los trabajadores o de la comunidad en su conjunto por el contacto con los residuales.

Como ya se mencionó anteriormente, la mayoría de las actividades económicas actuales y pasadas han afectado y afectan al medio ambiente, y, dado que, bajo los actuales paradigmas tecnológicos y productivos, no es posible tener actividades económicas sin afectarlo, es

⁷ Cfr. Hal R. Varian, *Microeconomic Analysis*, W.W. Norton & Company, Inc., Nueva York, 1978, p. 1.

necesario definir el nivel óptimo de contaminación. Para esto, nos auxiliaremos de la figura número 7.

El nivel de actividad del contaminador es denotado por Q , los costos y beneficios están indicados en términos monetarios. La curva⁸ BMPN representa el beneficio marginal privado neto (beneficio neto extra resultante al aumentar el nivel de

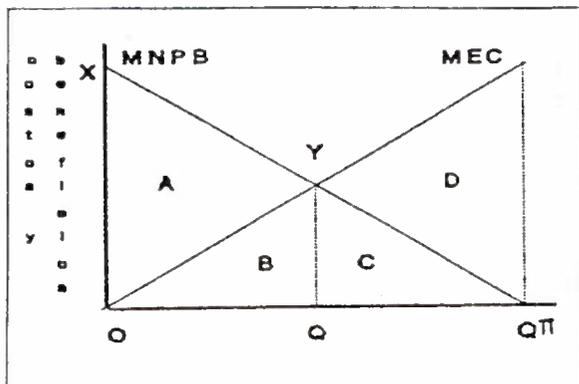


Fig. 7

Definición de las áreas

- A= Nivel óptimo de los beneficios sociales netos
- B= Nivel óptimo de contaminación
- C= Nivel del beneficio privado neto que no tiene contrapartida social
- A+B= Nivel óptimo de los beneficios privados para el contaminador
- C+D= Nivel de contaminación no óptimo, que deberá ser reducido con algún tipo de política regulatoria
- $Q\pi$ = Nivel de actividad económica que genera el máximo beneficio privado

actividad en una unidad) y la curva CME, el costo marginal externo (valor del daño extra hecho por la contaminación resultante del nivel de actividad Q). Las áreas bajo las rectas representan, respectivamente, el beneficio privado total neto y el costo total externo. El objetivo de la sociedad podría ser establecido como la maximización de la suma de los beneficios menos la suma de los costos. Si esto es así, se puede visualizar que el área del triángulo OXY es el beneficio privado máximo obtenible. En consecuencia, el nivel óptimo de actividad es Q^* . De lo cual surge que el nivel de contaminación correspondiente a este nivel de actividad es el óptimo. Finalmente, la cantidad óptima de daño económico correspondiente al nivel óptimo de contaminación Q^* es el área OYQ^* menos el área B. Al

⁸ Ambas curvas se presentan como rectas para simplificar la exposición.

área OYQ* se le conoce como el nivel óptimo de economías externas. Esto, expresado algebraicamente, toma la forma siguiente:

En el punto Q*,

$$BMPN=CME,$$

pero, por la teoría de la empresa, sabemos que

$$BMPN=P-CM$$

donde P es el precio del producto y CM su costo marginal.

$$\text{Por lo tanto, } P-CM=CME \text{ o } P=MC+CME,$$

donde MC+CME es la suma de los costos marginales, lo cual nos da el costo marginal social (CMS). En consecuencia, cuando

$$BMPN=CME, \text{ se cumple que } P=CMS.$$

Es decir, el precio del producto iguala su costo marginal social. Esta situación es conocida como un **óptimo de pareto**.

Lo anterior implica que, en presencia de economías externas, existe una divergencia entre los costos privado y social. Si esta divergencia no es corregida, el empresario continuará operando en el punto $Q\pi$, en donde el beneficio privado es maximizado ($A+B+C$); pero el costo externo es ($B+C+D$). De esta forma, el beneficio neto social es $A+B+C-B-C-D=A-D$, el cual es claramente menor que A.⁹

En este punto es menester preguntarse quién pagará por la limpieza del medio ambiente. Obviamente, las empresas que puedan enfrentar los costos de la adquisición y operación inicial de las tecnologías anticontaminantes, no se verán afectadas en el largo plazo por los programas y políticas ambientales, ya que estos costos serán trasladados al consumidor vía precios.

⁹ D. W. Pearce y R. Kerry Turner, *op. cit.*, pp. 61-69.

Veamos cómo ocurre esto: Si una industria ofrece un producto para el cual no hay sustitutos cercanos, la curva de demanda que este producto presenta es inelástica; en otras palabras, para un cambio en el precio, la respuesta de la demanda es menos que proporcional (fig. 8). En el corto plazo, algunos productos son poco sensibles a cambios en el precio. Si los costos de la contaminación son integrados en estas industrias, la curva de oferta se desplazará hacia la izquierda. Los precios se verán incrementados y el nivel de producción descenderá muy ligeramente. En tales casos los consumidores son tomadores de precios y no tienen otra elección que comprar el producto con el incremento en el precio que implique el abatimiento de la contaminación. Para estas industrias, el consumidor paga y aquéllas no se ven afectadas; pero la mayoría son muy sensibles a los cambios (el argumento se refiere a industrias agregadas, la situación es muy diferente para empresas en lo particular dentro de una industria). Estas industrias tienen curvas de oferta y demanda, como lo muestra la figura número 8. El producto se reduce y la industria comparte los costos con los consumidores. Una aproximación de los costos de la prevención de la contaminación financiados por la industria y los consumidores podría ser la razón entre las áreas *a* y *b* en las figuras 8 y 9. El área *a* representa la proporción pagada por los consumidores, y *b*, la pagada por la industria. En una situación de oferta inelástica (fig. 8), la cantidad que representa *a* es mucho más grande que *b*, en consecuencia, los consumidores pagan los costos y la industria no se ve afectada. Aquellas que muestren una demanda elástica (fig. 9) y puedan alcanzar los estándares o normas ecológicas con bajos costos se verán relativamente poco afectadas; este no es el caso de aquellas que enfrenten grandes problemas de residuales inherentes a sus procesos de manufactura. Esto puede verse en la curva de demanda dentro de una industria que se comporte de manera diferente de como se observó en la figura número 9. Como se mencionó

anteriormente, si la empresa reduce sus costos, o puede producir más con el mismo costo marginal, ésta puede aumentar su participación en el mercado. La curva de demanda efectiva enfrentada por la empresa se mantendrá horizontalmente mientras pueda seguir expandiendo

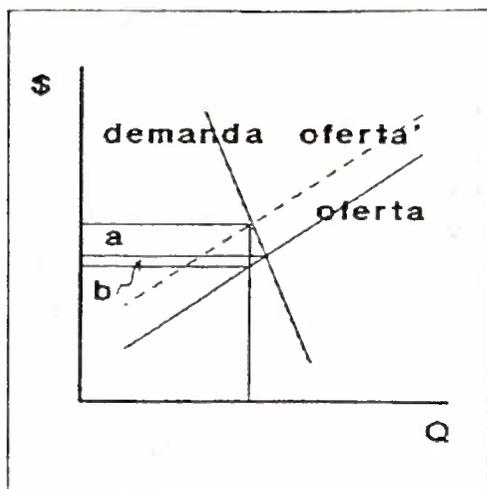


fig. 8

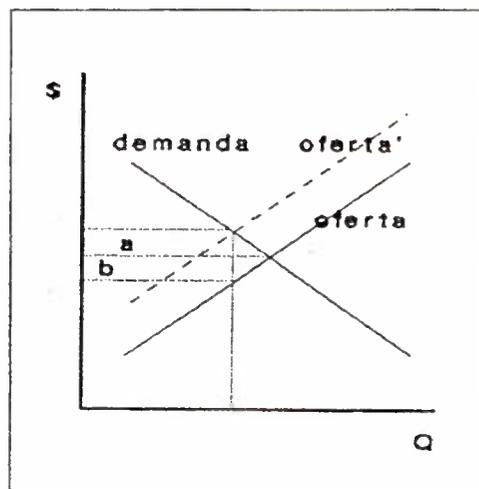


fig. 9

su mercado a expensas de sus rivales.¹⁰ En casos donde la curva de demanda de la industria es inelástica, el precio actual del producto se elevará, debido al aumento de los costos, y las empresas dentro de esta industria se disputarán un mercado de las mismas dimensiones, sólo que las necesidades de mercado de cada empresa tenderán a aumentar de tal forma que amorticen rápidamente las inversiones en tecnología anticontaminante.¹¹ El precio anterior P_1 y el precio nuevo P_2 y su efecto en la curva de oferta se analizan en la figura núm. 10. B es una empresa promedio que, después del cambio en los costos, es aún capaz de producir con eficiencia económica como lo hacía antes; pero ahora, con una nueva combinación de precios

¹⁰ También puede realizarlo reduciendo sus costos de operación, mediante la relocalización parcial o total de sus procesos de manufactura a regiones con menores costos en salarios y control ambiental. El caso de las maquiladoras en la región del norte de México y en los países del sudeste asiático es un ejemplo.

¹¹ Estimaciones sencillas sugieren que, de existir controles en sustancias tóxicas, los costos de producción en la industria aumentarían desde el 30% hasta el 40%. Véase OECD, *Environmental and Economics. Issue Papers. Environmental Directorate*, OECD, París, 1984, nota núm. 39, p. s/n.

y costos. El problema para la empresa A es que su costo es más alto que el promedio, por esta razón, o perderá utilidades al igualar los costos de la industria promedio, o perderá mercado al aumentar sus precios por arriba del promedio en el mercado. La empresa C es el caso opuesto, esta es altamente eficiente y siempre ganará.¹² El comportamiento de las empresas como minimizadoras de costos representa para la sociedad, en su relación con el medio ambiente, un problema aún no resuelto. Dado que las empresas, compitiendo dentro de la industria, buscarán hasta la última oportunidad para evitar los costos del abatimiento de sus economías externas, para minimizar su estructura de costos (en este caso, la reducción de una parte de

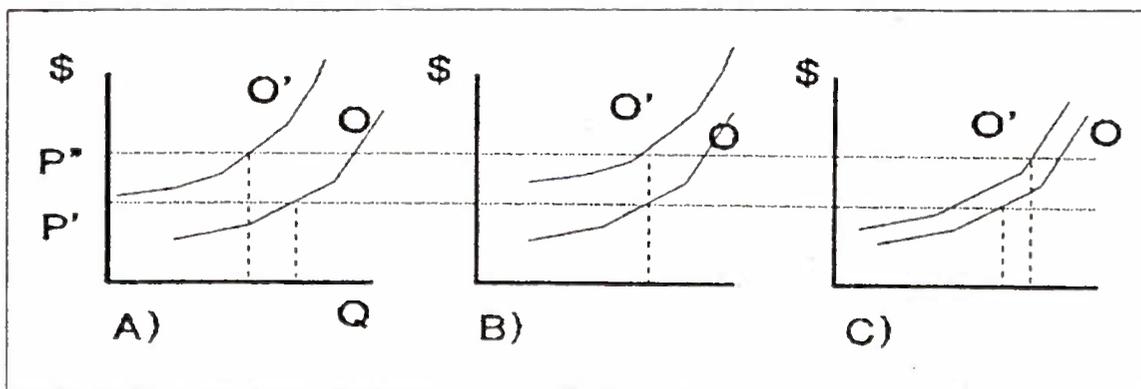


fig. 10

los fijos), por los medios que tengan a su alcance. Esta es una gran falla en los mecanismos de mercado que hace necesario que el Estado tome el papel de guardián imponiendo regulaciones ambientales.

Cuando una industria tiene una pendiente de la curva de la demanda con pendiente negativa (fig. 9), un incremento en costos significa un descenso en su producción. Debido a esto, la

¹² Véase Lawrence Oppenheimer, "20. Cost of Air and Water Pollution" en: I. N. Sax, *Industrial Pollution, op. cit.*, pp. 529-561.

empresa promedio B de la figura 10 estará en la situación representada por la figura número 11, y sus ventas descenderán.

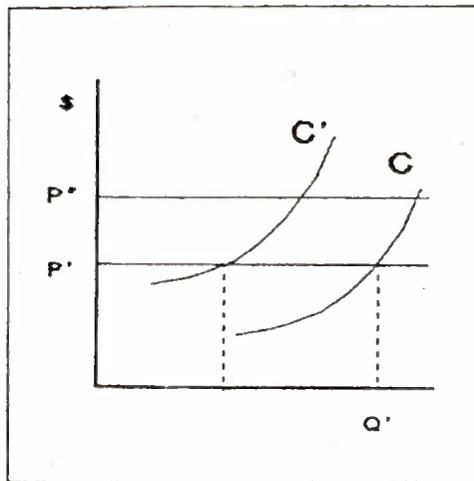


fig. 11

2.2. Países de industrialización reciente: el caso de la frontera norte de México.

Las raíces de la contaminación industrial, las enfermedades que con lleva y las soluciones más efectivas para su prevención pueden encontrarse mediante la consideración de los factores sociales, políticos y económicos que conforman los programas de desarrollo industrial de cada región o nación. Por la limitación de espacio, no es posible revisar en detalle las políticas de desarrollo industrial y sus efectos. Sin embargo, es posible y necesario considerar las tendencias de desarrollo en lo que se ha llamado los países de industrialización reciente (PIR),¹³ con especial enfoque en la frontera norte de México.

Las estrategias de industrialización promovidas por los gobiernos locales y las naciones industrializadas para las naciones en desarrollo han tenido, en general, relativamente poco éxito. Estas estrategias han incluido la industrialización por sustitución de importaciones (ISI) y la industrialización orientada a la exportación (IOE). La ISI se inaugura enraizada en un sentimiento nacionalista que existía en la época de la postrevolución en México en los años 30, y entre los 50 e inicios de los 60 en el sudeste asiático (ver cuadro 1.1).¹⁴ La idea era que, mediante la implantación de barreras proteccionistas al comercio internacional, las industrias locales serían estimuladas a producir para el mercado interno y la exportación. En consecuencia, se daría el desarrollo de la industria nacional y las divisas obtenidas por la exportación de productos podrían ser usadas para importar industria y tecnología de punta. En pocos años, se empezó a notar que la ISI fallaba en la mayoría de los países, cada nación con sus propias causas y razones, pero en general incluyeron las siguientes:

¹³ En el sudeste asiático: Singapur, Taiwán, Corea del Sur y Hong Kong; y en Latinoamérica: México, Brasil y Argentina. Gary Gereffi, "Paths of Industrialization: An Overview" en *Manufacturing Miracles. Paths of Industrialization in Latin America and East Asia*, editado por Gary Gereffi y Donald I. Wyman, Princeton University Press, Princeton, p. 6.

¹⁴ G. Gereffi, *Idem*, pp. 18-30.

i] De las ganancias y divisas generadas no se reinvertió una porción significativa en actividades productivas. Por el contrario, mucho de esto fue atesorado, invertido y depositado en el extranjero o simplemente gastado en propósitos relativamente poco significativos tales como lujos, especulación en mercado de dinero, bienes y propiedades.

ii] Los productos ofrecidos para las clases altas y los mercados de exportación no pudieron ser producidos de manera masiva para todas las capas sociales, en consecuencia, el mercado no se desarrolló.

iii] Hubo muy poco esfuerzo por fomentar la industria de bienes intermedios y de capital, lo cual podría haber eliminado la importación de maquinaria y equipo costoso impidiendo la salida de divisas.

iv] El desarrollo del sector agrario fue grandemente descuidado, dando como resultado el desabasto de productos agrícolas, el empobrecimiento de las poblaciones rurales y su migración a las áreas urbanas en busca de empleo.

Al mismo tiempo, los industriales extranjeros que enfrentaban barreras comerciales, descubrieron que la inversión directa era una alternativa atractiva. Desde su punto de vista, compartido por los gobiernos de los países de industrialización reciente (PIR), era necesario integrar la nación a la economía de mercado global en expansión, mediante la intervención directa y rápida, de tal forma que el empobrecimiento, la inquietud social y las deudas externas fueran minimizadas. La retórica de la nueva estrategia de industrialización, mediante la apertura de las puertas a la inversión extranjera fue la llamada industrialización orientada a la exportación (EIO). Para su desarrollo, se crearon en la mayoría de los países las condiciones para que la inversión extranjera fluyera hacia esas regiones, tales como zonas económicas especiales donde el control de la mano de obra, repatriación de ganancias,

impuestos y regulaciones, en general, fuesen más indulgentes. En el caso de México, para la

Cuadro 1.1. Estrategias de desarrollo en América Latina y Asia oriental.

Fases comunes de convergencia y divergencia

México, Brasil 1880~1930	México, Brasil 1930~1955	Méx:1955~1970 Bra:1955~1968	Méx:1970~Hoy Bra:1968~Hoy
Exportaciones de materias primas	ISI Primaria	ISI secundaria	Promoción de exportaciones diversificadas e ISI secund.
AJ	BJ	IOE primaria CI	ISI secundaria e IOE secund. DJ
Taiwán: 1892~1945 Corea del sur: 1910~1945	Taiwán: 1950~1959 Corea del sur: 1953~1960	Taiwan: 1960~1972 Corea del sur: 1961~1972	Taiwán y Corea del sur 1973 al Presente

Fuente: Gary Gereffi, *op. cit.*, p. 18.

década de los 40, ya existía la zona libre en la frontera norte, mientras que los países del sudeste asiático iniciaron su creación a mediados de los 50 en Singapur y Hong Kong, que, para mediados de los 60, se tornarían en "plataformas de exportación". La primera zona de procesamiento y plataforma de exportación es abierta en Taiwán en 1966,¹⁵ hecho que coincide por muy poco tiempo con la iniciación del programa de industrialización fronteriza en el norte de México en 1965. A pesar de la IOE es una solución parcial al problema del empleo y la generación de divisas para el pago de la deuda externa de México, representa, al igual que para los países del sudeste asiático, bajo valor agregado nacional en los productos

¹⁵ T. H. Gassert, *op. cit.*, p.48.

manufacturados, baja generación de divisas, bajo crecimiento del mercado e industrias, casi nula transferencia de tecnología,¹⁶ devaluaciones, contracción salarial¹⁷ e innumerables problemas en lo que respecta a sus repercusiones en la salud de los trabajadores y el medio ambiente.¹⁸

La industria maquiladora se instala en la frontera norte de México con el inicio de Programa de Industrialización Fronteriza en 1965,¹⁹ que estuvo orientado hacia la atracción de la inversión extranjera vía la exención de impuestos a insumos internados en el país temporalmente, bajos costos de mano de obra, servicios e infraestructura.²⁰ Este programa, que en sus inicios contó tan sólo con 65 plantas a lo largo de la frontera, para 1984 contaba con 672,²¹ con una tasa de crecimiento superior al 15% anual.²² Para 1991, alcanzó a la cifra de 1959 a nivel nacional, generando 488,907 empleos y un valor agregado nacional total, de enero a septiembre, de 8,839,117 millones de pesos, de los cuales, el 13.3% era generado en la ciudad de Tijuana. En el caso de la industria electrónica, para esta misma fecha, el número total nacional de establecimientos era de 393 (más del 25% localizados en la ciudad de

¹⁶ Jorge Carrillo (comp.), *Reestructuración industrial: Maquiladoras en la frontera México-Estados Unidos*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-COLEF, México, 1986, p. 371.

¹⁷ T. H. Gassert, *op. cit.*, p.46.

¹⁸ Es importante aclarar que todos los modelos de industrialización, y las industrias en sí mismas, representan, en mayor o menor medida, problemas de control ambiental.

¹⁹ B. González Aréchiga y R. Barajas Escamilla, "Introducción" en *Las maquiladoras*, Fundación Friedrich Ebert-El Colef, México, 1988, (Documentos de Trabajo) p. 16.

²⁰ *Ibidem*, pp. 18-34.

²¹ J. Carrillo, "Cuadro 1. Transformaciones en la industria maquiladora de exportación" en B. González-Aréchiga y R. Barajas Escamilla, *Idem*, p.40.

²² R. Sánchez, "Otra manera de ver...", *op. cit.*, p. 132.

Tijuana), generando 115,709 empleos, y representando el 24.7% del valor agregado nacional.²³

2.3 Regulaciones ambientales que enmarcan la operación de la industria en México.

En México existen regulaciones ambientales sobre la operación de la industria desde 1954, bajo el *Código sanitario mexicano*; sin embargo, la primera ley ambiental moderna mexicana se aprobó en 1971 a iniciativa del presidente Lic. Luis Echeverría A. En 1982, esta Ley es revisada y modificada por la Quincuagésima Primera Legislatura, promulgando la *Ley federal de protección ambiental*. En 1983, los presidentes Miguel de la Madrid y Ronald Reagan de Estados Unidos firman, en Mexicali, B.C. el Acuerdo de la Paz, con el que arrancan una serie de encuentros binacionales de los que surge la primera regulación sobre el transporte transfronterizo de insumos y desechos peligrosos. Respecto a este reglamento, se publica un acuerdo en México hasta 1987.²⁴ La *Ley general de equilibrio ecológico y protección ambiental* aparece en 1988, en forma más completa y general que las anteriores; sin embargo, presenta enormes lagunas en lo que a regulaciones específicas se refiere, tales como niveles máximos permisibles en las emisiones que se hallan implícitas en los procesos de manufactura y producción en general. Para subsanar esta deficiencia, a partir de 1988 se han emitido 4 reglamentos relacionados con: i] la contaminación del aire a nivel nacional; ii] la contaminación del aire en la zona metropolitana de la ciudad de México; iii] la determinación del impacto ambiental, y iv] los efectos de los residuos peligrosos. Desde noviembre de 1990,

²³ INEGI, *Avance de información económica. Industria maquiladora de exportación*, Aguascalientes, diciembre de 1991, (Colección Avances), 32 pp.

²⁴ René Franco Barreno, *Disposición de residuos industriales en la frontera: Posibles impactos del tratado de libre comercio*, trabajo presentado para el Plan Integral Ambiental Fronterizo México-Estados Unidos, en Cd. Juárez, el 19 de septiembre de 1991, §1.0.

se han publicado 64 normas técnicas ecológicas (NTE) y criterios ecológicos para poner en práctica los reglamentos anteriormente mencionados, debido a que el Gobierno Federal se comprometió a asegurar el cumplimiento de las normas ambientales para las nuevas instalaciones industriales y a crecer limpio, "vía la formación y motivación de los recursos humanos que requiere el desarrollo, y el favorecimiento de tecnologías industriales que no deterioren el entorno ecológico".²⁵ De acuerdo con la ley, la mayoría de las nuevas instalaciones o las modificaciones que se hagan a las ya existentes, ya sean públicas o privadas, requieren de un análisis de impacto ambiental, y las actividades peligrosas o manejo de sustancias riesgosas requieren además de una determinación del riesgo, para la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).²⁶ La SEDESOL analiza los resultados y tiene la capacidad de negar la autorización de un proyecto e imponer determinado diseño o condiciones de operación y construcción para evitar efectos adversos en el ambiente. De las 614 empresas existentes del padrón con el que cuenta SEDESOL para el año de 1992, 158 empresas no existen actualmente, lo cual nos da un total de 456 empresas, de las cuales, solamente, 20 cuentan con licencia para operar; 251 tienen la tienen en trámite, y el resto, es decir, 194, no han iniciado su trámite.²⁷ Es importante mencionar aquí que las plantas maquiladoras en la rama electrónica no presentan a SEDESOL manifiesto de impacto ambiental, ya que se considera que solamente consumen energía eléctrica y no pertenecen a la industria de la transformación. Estas presentan un informe preventivo en el momento de solicitar su licencia de funcionamiento y, una vez revisado por la secretaría, se extiende la licencia o, en su

²⁵ SECOFI, "Plan nacional de modernización industrial y del comercio exterior", *Comercio Exterior*, febrero de 1990, p.170.

²⁶ Antes Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE).

²⁷ Entrevista con el Lic. Saúl Martínez del Campo, funcionario de SEDESOL, en la ciudad de Tijuana, el 10 de agosto de 1992.

defecto, se exige el manifiesto del impacto ambiental. De la misma forma, la Secretaría de Salud está desarrollando programas para el establecimiento de un marco regulatorio sobre los riesgos en el trabajo, así como para el entrenamiento del personal de regulación sanitaria para evaluar los efectos que tiene la exposición a residuos peligrosos sobre la salud de los trabajadores.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) inspecciona las operaciones de la industria maquiladora bajo el Decreto para el fomento de la industria maquiladora de exportación de agosto de 1983. Según este decreto, en caso de que existieren residuos resultantes de la utilización de insumos importados de Estados Unidos hacia México que no puedan ser nacionalizados por el operador de la maquiladora de acuerdo con las leyes mexicanas, éstos deberán ser regresados a Estados Unidos, o en su defecto, a su país de origen. De acuerdo con la ley norteamericana de conservación y recuperación de los recursos, que autoriza a la Environmental Protection Agency (EPA) a regular y manejar los residuos peligrosos, es ésta la agencia encargada de supervisar el movimiento de los residuos peligrosos, desde su generación hasta su punto de confinamiento final. Sin embargo, en caso de que los insumos sean importados bajo el régimen de importación definitiva, los desechos generados en su uso, permanecerán en México.²⁸ Actualmente, la SEDESOL, con competencia en todo el país, es la dependencia encargada de regular el transporte, manejo, disposición, incineración, etc., de las sustancias de alto riesgo para la salud y el medio ambiente; esto debido a los tratados internacionales de manejo de sustancias peligrosas a través de otras jurisdicciones, tanto estatales, como internacionales.

Al entrar en vigor la *Ley estatal ecológica de Baja California*, en marzo de 1992, la

²⁸ R. Franco Barreno, *op. cit.*, §3.0.

SEDESOL pierde jurisdicción en la regulación de emisiones a la atmósfera y de aguas residuales en el estado y, dado que el Gobierno del Estado de Baja California no tiene actualmente, ni la capacidad presupetal, ni técnica (como no las tiene totalmente la SEDESOL); para hacer que las regulaciones sean efectivas, existe un conflicto de jurisdicciones, ya que, legalmente, cualquier empresario puede dejar de cumplir con la presentación de su manifiesto o violar las normas impuestas por la SEDESOL, salvo en lo que se refiere a emisiones y descargas de residuos peligrosos, de acuerdo con el artículo 4to. de la Ley General²⁹. Las consecuencias de esto resultan obvias, si anteriormente existía en los hechos cierto grado de negligencia por parte de los empresarios; actualmente, bajo las nuevas condiciones, el responsable de realizar las visitas de verificación en las plantas es el Gobierno del Estado. Dado el déficit presupetal que ha acumulado el Estado, será muy difícil que se cuente con material o personal para hacer valer la Ley ecológica estatal en el mediano plazo.

Actualmente, existe un rezago muy grande en lo referente a autorizaciones o extensión de licencias de funcionamiento, pues en Tijuana existen plantas que presentaron su manifiesto o informe preventivo desde 1987 y aún no reciben respuesta por parte de la SEDESOL. Como se mencionó anteriormente en Tijuana, la cantidad de plantas que operan con licencia es mínima. Esto se debe, en parte, a que anteriormente, esta documentación era analizada por la desaparecida Dirección General del Control y Prevención de la Contaminación, que se hallaba en la ciudad de México, dependiente de la SEDUE. Esta función se descentralizó hacia las delegaciones estatales a finales de 1991, y no fue sino hasta hace muy pocos meses que la SEDESOL empezó a expedir licencias de funcionamiento en Mexicali, B. C.

²⁹ Artículo 4to. I. "Son asuntos de competencia federal los de alcance general en la nación o de interés de la Federación, y II. Competen a los Estados y Municipios, los asuntos no comprendidos en la fracción anterior, conforme a las facultades que ésta y otras leyes les otorgan, para ejercerlas en forma exclusiva o participar en su ejercicio con la Federación en sus respectivas circunscripciones."

Del análisis del *Plan integral ambiental fronterizo México-EE.UU.* se destaca la gran cantidad de actividades que quedan por iniciar y realizar en materia de regulación ambiental. Esto debido a los objetivos que se plantean para los primeros años de ejecución de dicho plan. Entre los que se encuentra, como primer objetivo, "evaluar el volumen de residuos peligrosos y de los residuos sólidos en el área fronteriza, y el volumen de residuos que se generan por la industria y cómo se dispone de estos desechos. La SEDUE planea incrementar el desarrollo de la capacidad de manejo de residuos peligrosos del lado mexicano de la frontera"³⁰. Lo anterior indica que actualmente las entidades gubernamentales encargadas del control de la calidad del medio ambiente no tienen la capacidad para controlar y supervizar constantemente el comportamiento de la industria de la región, ya que no se sabe qué desechos se generan y, en consecuencia, sus efectos;³¹ y "que el alcance del Plan Ambiental Fronterizo es tal que algunas de las actividades especificadas representan solamente el principio de una serie de acciones que llevarán a lograr resultados en el mejoramiento ambiental a lo largo de la frontera. No todas las metas serán completadas en el primer año o aún en el segundo o tercer año. Más aún, esto es el comienzo del incremento de un esfuerzo cooperativo binacional por lo menos hasta la siguiente década (año 2000) para promover el mejoramiento ambiental a lo largo de la frontera."³²

³⁰ SEDUE-EPA, *Plan integral ambiental fronterizo México-Estados Unidos, primera etapa (1992-1994)*, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología-Environmental Protection Agency, 1992, cap I, p.8.

³¹ *Ibidem.*, cap. III, pp. 48-50

³² *Ibidem.*

3. PROCESOS DE MANUFACTURA EN LA INDUSTRIA ELECTRONICA, RESIDUALES Y RIESGOS PARA LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

3.1. Descripción de las plantas visitadas

De las seis plantas visitadas, la planta 1 es la única que realiza un proceso de transformación; de la 2 a la 6 son ensambladoras. A continuación, se hace una breve descripción de sus características generales, sus principales factores de localización en Tijuana, su estructura de costos y su comportamiento respecto a la consideración que se tiene sobre la salud y el medio ambiente. Los datos presentados pueden verse resumidos en la tabla número 2.

3.1.1. Planta 1. Características generales: Opera desde 1978. De capital nacional, no cuenta con filiales. El 80% de su producción surte a maquiladoras locales que, a su vez, la exportan; el 20% restante se destina al mercado nacional. Opera con una inversión en planta de 2,3 millones de dólares. Manufactura placas de circuitos impresos con una producción promedio mensual de 800 pies cuadrados. Genera 72 empleos. Factores de localización: Debido a que es una empresa nacional, no tomó en cuenta las regulaciones ambientales, ni los costos de infraestructura, aunque la proximidad con Estados Unidos la determinó en un 80%, ya que sus principales clientes y proveedores se encuentran en la región; el costo de trabajo la determinó en un 20%. Estructura de costos: El 8% representa gastos de administración; el 30%, producción; el 30%, mantenimiento; el 8%, gastos indirectos; el 24%, trabajo directo; el 0.2%, seguridad industrial, y el 0.3%, control ambiental. Comportamiento: Licencia de operación de SEDESOL en trámite; tuvo conflictos con SEDUE, por no contar con planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que fue temporalmente clausurada; en la actualidad, ya la tiene. Cuenta con asesoría técnica ambiental, pero no legal; no tiene planta de tratamiento de

emisiones aéreas ni contrato con recicladora alguna, ni exporta sus residuales, almacenando una gran cantidad de tambos con electrolitos altamente tóxicos y corrosivos. No reportó problemas con el IMSS, ni con la STPS. No cuenta con sindicato, ni comisión de seguridad e higiene; su extracción de vap-hum-pol general es precaria, la de maquinaria y equipo y la individual son nulas; su equipo de protección para los trabajadores es deficiente. No proyecta sustitución de tecnologías.

3.1.2. Planta 2. Características generales: Opera desde 1985. Filial de capital estadounidense. El 100% de su producción se destina a Estados Unidos. Dentro de la corporación existe otra planta que manufactura el mismo producto. Tiene una inversión en planta de 45 millones de dólares. Manufactura placas de circuitos integrados con una producción mensual promedio de 2,640,000 componentes. Genera 246 empleos. Factores de localización: Para ubicarse en la ciudad, se tomaron en cuenta las regulaciones ambientales en un 10%; el costo del trabajo en un 60; el costo de infraestructura en un 5%, y la proximidad a Estados Unidos en un 25%. Estructura de costos: El 0.08% representa gastos de operación; el 55%, producción; el 0.04%, mantenimiento; el 15%, gastos indirectos; el 23%, trabajo directo. No consideran gastos en control ambiental y seguridad industrial. Comportamiento: Licencia de operación de SEDESOL en trámite; mostró incertidumbre respecto a los cambios en las regulaciones ambientales. Cuenta con asesoría técnica ambiental, pero no legal; no tiene planta de tratamiento de aguas residuales ni de emisiones aéreas; pero reportó tener contrato de reciclamiento con MEXACO y exportar 6 tambos de 200 litros de solventes, mensualmente. No reportó problemas con el IMSS, ni con la STPS. No cuenta con sindicato, ni comisión de seguridad e higiene; su extracción de vap-hum-pol general es nula, la de maquinaria y equipo es buena y la individual es nula; su equipo de protección para los trabajadores es nulo. No proyecta sustitución de

tecnologías.

3.1.3. Planta 3. Características generales: Opera desde 1972. Filial estadounidense. El 100% de su producción se destina a Estados Unidos. Dentro de la corporación no existe otra planta que manufacture el mismo producto. No reportó inversión en planta. Manufactura placas de circuitos integrados con una producción mensual promedio de 506,000 componentes. Genera 95 empleos. Factores de localización: Se tomaron en cuenta las regulaciones ambientales en un 10%; los costos del trabajo en un 20%; el costo de infraestructura en un 30%, y la proximidad con Estados Unidos en un 40%. Estructura de costos: El 7.6% representa gastos en administración; el 25%, producción; el 10%, mantenimiento; el 4.4%, gastos indirectos; el 45%, trabajo directo; el 8%, seguridad industrial, y el 3%, control ambiental. Comportamiento: Licencia de operación de SEDESOL en trámite; no ha tenido conflictos con SEDESOL. Cuenta con asesorías técnica ambiental y legal; no tiene planta de tratamiento de aguas residuales, ni de emisiones aéreas; pero reportó tener contrato de reciclamiento con MEXACO. No reportó problemas con el IMSS, ni con la STPS. No cuenta con sindicato, ni comisión de seguridad e higiene; su extracción de vap-hum-pol general es nula, la de maquinaria y equipo es precaria y la individual es nula; su equipo de protección para los trabajadores es nulo. No proyecta sustitución de tecnologías.

3.1.4. Planta 4. Características generales: Opera desde 1989. Filial con capital japonés. Su producción se destina al mercado local, Estados Unidos, Hong Kong, Corea del Sur y Alemania (no reportó porcentajes). Dentro de la corporación no existe otra planta que manufacture el mismo producto. No reportó inversión en planta. Manufactura placas de circuitos integrados con una producción mensual promedio de 35,640,000 componentes. Genera 528 empleos. Factores de localización: Se tomaron en cuenta las regulaciones ambientales en

un 5%; los costos del trabajo en un 50%; el costo de infraestructura en un 5%, y la proximidad con Estados Unidos en un 40%. Estructura de costos: No considera gastos en administración; el 49% representa gastos de producción; no considera gastos de mantenimiento; el 20%, gastos indirectos; el 30%, trabajo directo; el 1%, seguridad industrial; no considera gastos para control ambiental. Comportamiento: Cuenta con licencia de operación de SEDESOL; no ha tenido conflictos con SEDESOL. Cuenta con asesoría técnica ambiental; pero no legal; no tiene planta de tratamiento de aguas residuales, ni de emisiones aéreas; pero reportó tener contrato de reciclamiento con MEXACO. No reportó problemas con el IMSS, ni con la STPS. No cuenta con sindicato, pero sí con comisión de seguridad e higiene; su extracción de vap-hum-pol general es regular, la de maquinaria y equipo es óptima y la individual es óptima; su equipo de protección para los trabajadores es deficiente. No proyecta sustitución de tecnologías.

3.1.5. Planta 5. Características generales: Opera desde 1982. Filial estadounidense. El 100% de su producción se destina a Estados Unidos. Dentro de la corporación existe otra planta que manufactura el mismo producto. No reportó inversión en planta. Manufactura placas de circuitos integrados con una producción mensual promedio de 150,000 componentes, además, manufactura arneses. Genera 120 empleos. Factores de localización: No se tomaron en cuenta las regulaciones ambientales; los costos del trabajo se consideraron en un 80%; el costo de infraestructura en un 8%, y la proximidad con Estados Unidos en un 12%. Estructura de costos: El 12% representa gastos en administración; el 25%, producción; el 6%, mantenimiento; el 10%, gastos indirectos; el 47%, trabajo directo; el 1%, seguridad industrial; no se consideran gastos de control ambiental. Comportamiento: Licencia de operación de SEDESOL en trámite; no ha tenido conflictos con SEDESOL. No cuenta con asesorías técnica ambiental y legal; no

tiene planta de tratamiento de aguas residuales, ni de emisiones aéreas; pero reportó tener contrato de reciclamiento con MEXACO. No reportó problemas con el IMSS, ni con la STPS. No cuenta con sindicato, ni comisión de seguridad e higiene; su extracción de vap-hum-pol general es precaria; la de maquinaria y equipo es regular y la individual es nula; su equipo de protección para los trabajadores es nulo. No proyecta sustitución de tecnologías.

3.1.6. Planta 6. Características generales: Opera desde 1986. Filial estadounidense. El 100% de su producción se destina a Estados Unidos. Dentro de la corporación no existe otra planta que manufacture el mismo producto. No reportó inversión en planta. Manufactura placas de circuitos integrados con una producción mensual promedio de 300,000 componentes. Genera 175 empleos. Factores de localización: Se tomaron en cuenta las regulaciones ambientales en un 4%; los costos del trabajo en un 60%; el costo de infraestructura en un 6%, y la proximidad con Estados Unidos en un 30%. Estructura de costos: El 10% representa gastos en administración; el 20%, producción; el 7%, mantenimiento; el 10%, gastos indirectos; el 60.5%, trabajo directo; el 2.5%, seguridad industrial; no considera gastos para control ambiental. Comportamiento: Licencia de operación de SEDESOL en trámite; no ha tenido conflictos con SEDESOL. No cuenta con asesoría técnica ambiental, pero sí legal; no tiene planta de tratamiento de aguas residuales, ni de emisiones aéreas; pero reportó tener contrato de reciclamiento con MEXACO. No reportó problemas con el IMSS, ni con la STPS. No cuenta con sindicato, ni comisión de seguridad e higiene; su extracción de vap-hum-pol general es precaria; la de maquinaria y equipo es regular y la individual es nulo; su equipo de protección para los trabajadores es nulo. Proyecta sustitución de tecnologías para el uso de solventes en un futuro mediato.

3.2. Descripción de los procesos de manufactura y localización de puntos de generación de residuales y riesgos

De acuerdo con la observación directa durante las visitas a las seis plantas anteriormente descritas, se detectaron las características generales de los procesos de manufactura de los circuitos impresos e integrados, así como los puntos de generación de residuales y riesgos.

3.2.1. Placas de circuitos impresos

Un circuito impreso consiste en una placa de fibra de vidrio (con un espesor menor a 1/16", producto terminado) con múltiples perforaciones y recubierta de metal (cobre, plomo, níquel u oro) y pintura. Los metales son fijados electrolíticamente en la placa mediante el uso de rectificadores de corriente directa y barras metálicas, dependiendo del metal que se desee imprimir o electrodepositar. El proceso de manufactura se realiza en siete etapas en la secuencia siguiente:¹

Fotolitografía: Mediante un proceso fotográfico los patrones de impresión son elaborados en mallas de silicón para definir las áreas de difusión, contactos o interconexiones entre los circuitos de la placa. En esta etapa del proceso de manufactura, y de acuerdo con D. Pasquini y L. Laird,² son utilizados una gran variedad de sustancias químicas tales como, xileno, poliisopreno, celosolve, diazo-óxidos, celosolve acetato, etc.; desafortunadamente, durante las visitas y encuestas no fue posible ver esta etapa en detalle, ni obtener datos sobre cuáles sustancias son utilizados y en qué cantidades.

Perforado: Aquí las placas son perforadas utilizando máquinas automáticas multitaladradoras,

¹ Véase diagrama 3.1

² *Op. cit.*, pp. 4-19-4-20

operadas mediante control numérico computarizado. Estas perforaciones servirán para insertar los componentes electrónicos que integrarán el circuito completo (diodos, resistores, capacitores, transformadores, etc.).

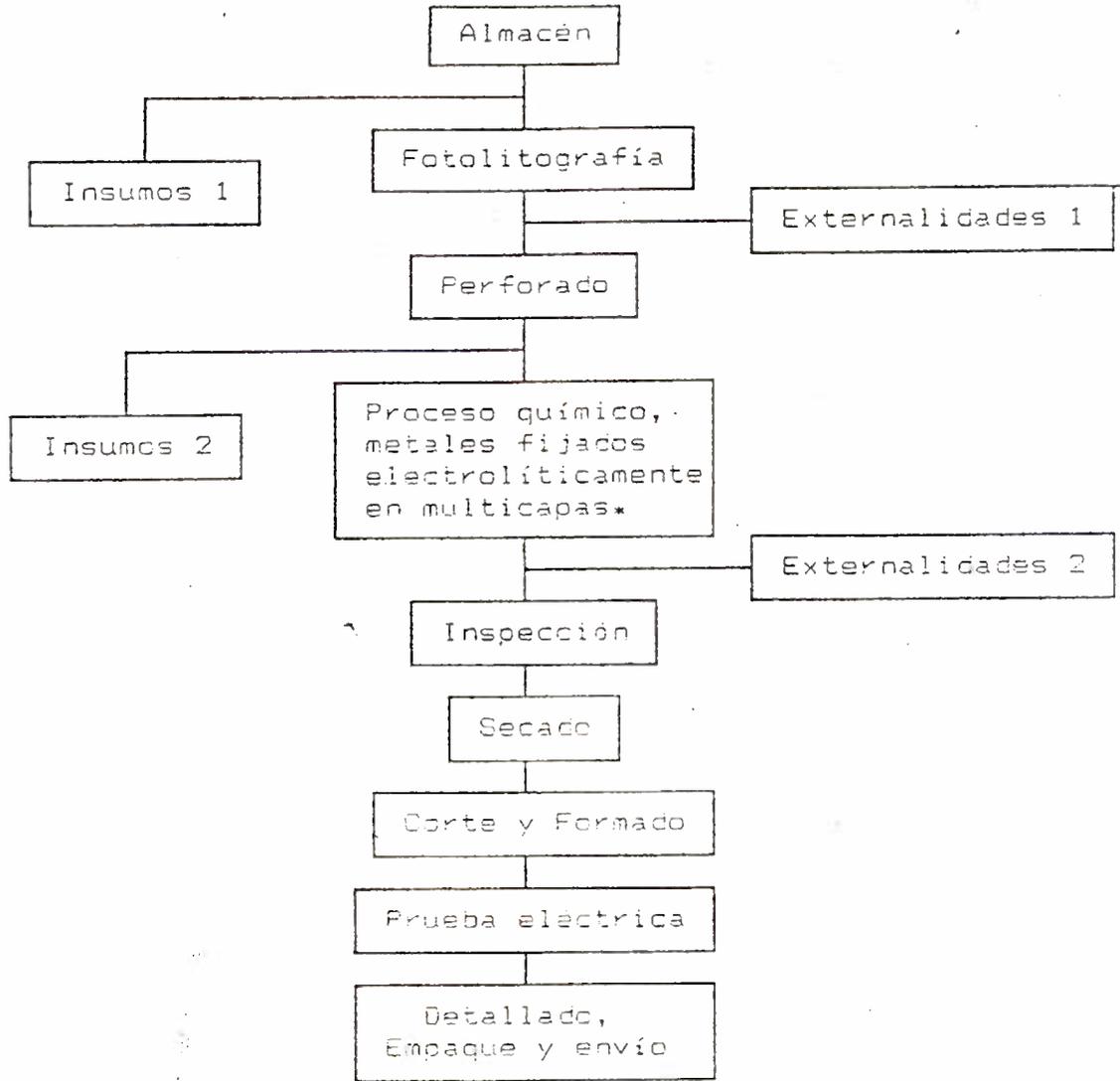
Impresión eletroquímica: En esta etapa, múltiples capas de metales (cobre, plomo, estaño, níquel u oro)³ son electrolíticamente depositados en la placa. Es ésta la etapa más conflictiva en términos de control de calidad del producto y de generación de riesgos para el trabajo y el medio ambiente, debido a la gran cantidad de sustancias químicas que se utilizan durante el proceso (39 detectadas, ver anexos la tabla número 1), el cual se realiza en once pasos o tanques (véase el diagrama núm. 2). Los primeros ocho tienen la finalidad de preparar las placas para que éstas reciban, de manera más eficiente, los metales que serán fijados en los pasos 9 al 11c del proceso electrolítico.⁴ Después de la formación de los circuitos, se verifica la calidad de la impresión y, si es correcta de acuerdo con el estándar establecido, el producto pasa a la etapa de secado. Posteriormente, las placas son cortadas de acuerdo con las necesidades del diseño (utilizando buriladoras, taladradoras, ranuradores, fresadoras, etc.). Finalmente, se hace el control de calidad final probando los circuitos por medio de una computadora y contactores especiales que simulan la continuidad del mismo; si el circuito funciona correctamente, es detallado y empacado.

Los residuales generados durante el proceso serán abordados en el apartado 3.3.

³ Los metales que más utilizados en la formación de los circuitos son cobre y níquel.

⁴ La función detallada de cada uno de estos tanques no es necesario que se describa para el objetivo del presente trabajo.

Diagrama 3.1. Flujo del proceso de manufactura de placas de circuitos impresos.



Fuente: Visitas de inspección a las plantas de la muestra (elaborado por el autor).
Véase el diagrama 3.2.

Diagrama 3.2 Proceso químico de electrólisis para fijar metales en placas (circuitos impresos)

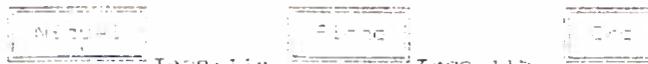
	H ₂ SO ₄ + H ₂ O 10% + 90%
Tanque 1	
Etapa 1 T ₁	Detergente al 7% + H ₂ O 7.10% + 92.90%
Tanque 2	
Etapa 2 T ₂	H ₂ SO ₄ + H ₂ O + H ₂ O 11.0% + 20.0% + 69%
Tanque 3	
Etapa 3 T ₃	H ₂ SO ₄ + H ₂ O 10% + 90%
Tanque 4	
Etapa 4 T ₄	Saline
Tanque 5	
Etapa 5 T ₅	Catalizador activador
Tanque 6	
Etapa 6 T ₆	Accelerator
Tanque 7	
Etapa 7 T ₇	CuSO ₄ + H ₂ O 70% + 30%
Tanque 8	

Tanque 9

Etapa 8 T ₈	CuSO ₄ + H ₂ SO ₄ + H ₂ O + H ₂ O 11.0% + 20.0% + 69%
---------------------------	---

Tanque 10

Etapa 9 T ₉	CuSO ₄ + H ₂ SO ₄ + H ₂ O + H ₂ O 11.0% + 20.0% + 69%
---------------------------	---



Proceso

Fuente: Visitas de inspección a las plantas de la muestra (diagrama elaborado por el autor).

Los metales para fijarse en las placas, dentro de los tanques 9 al 11c, se ponen en barras anódicas en interacción con la solución electrolítica y una corriente directa de 2000 amperes.

3.2.2. Placas de circuitos integrados

Una placa de circuitos integrados consiste en una placa de circuito impreso con diversos componentes, tales como resistores, diodos, condensadores, microprocesadores, transformadores, transistores, puentes, enchufes, etc., unidos mediante inserción y soldadura. Estas placas son el soporte de montaje de todo dispositivo electrónico que existe en el mercado, desde relojes hasta supercomputadoras militares. Podría decirse, desde el punto de vista de la ingeniería industrial, que el proceso de manufactura es sumamente sencillo;⁵ sin embargo, existen maquiladoras que utilizan sistemas flexibles de manufactura⁶ en las etapas de localización, inserción, formado, soldadura y limpieza de los elementos electrónicos, que llegan a reducir el tiempo de operación hasta 20 veces,⁷ y en el control de la calidad, donde los circuitos terminados son sometidos a variadas pruebas mediante computadoras que simulan las funciones del circuito.

La inserción manual de componentes tiene como prerequisite el preformado de las terminales de los elementos que formarán el circuito. Una vez que el componente ha sido insertado, se fija en la placa con un aerosol⁸ o mediante preformado. Generalmente, todas las operaciones de soldadura en los procesos de las diferentes plantas utilizan máquinas de

⁵ Esta es una de las razones por las que ha sido posible que empresas pequeñas se mantengan competitivamente en el mercado norteamericano, reduciendo sus costos de operación al relocalizar esta parte de su proceso de manufactura en la frontera norte de México, ya que aquí todavía pueden existir procesos de manufactura intensivos en mano de obra, debido a los bajos salarios. Véase diagrama 3.2.

⁶ La diferencia clave entre las tecnologías flexibles y las técnicas de producción en masa tradicionales es que lo que la máquina hace es programado vía "software", en computadora, y no en un sistema automatizado fijo. Lo que implica que una máquina con esta concepción pueda utilizarse en múltiples configuraciones para un rango amplio de productos. Erika Shoenberger, "From Fordism to Flexible Accumulation: Technology, Competitive Strategies, and International Location" en *Environmental and Planning D: Science and Space*, Editorial Guest, 1988, p. 252.

⁷ Estos sistemas son utilizados generalmente sólo por las grandes corporaciones, ya que su costo inicial es muy elevado; sin embargo, la rentabilidad de la operación se incrementa increíblemente, sobre todo en países en donde los salarios son bajos.

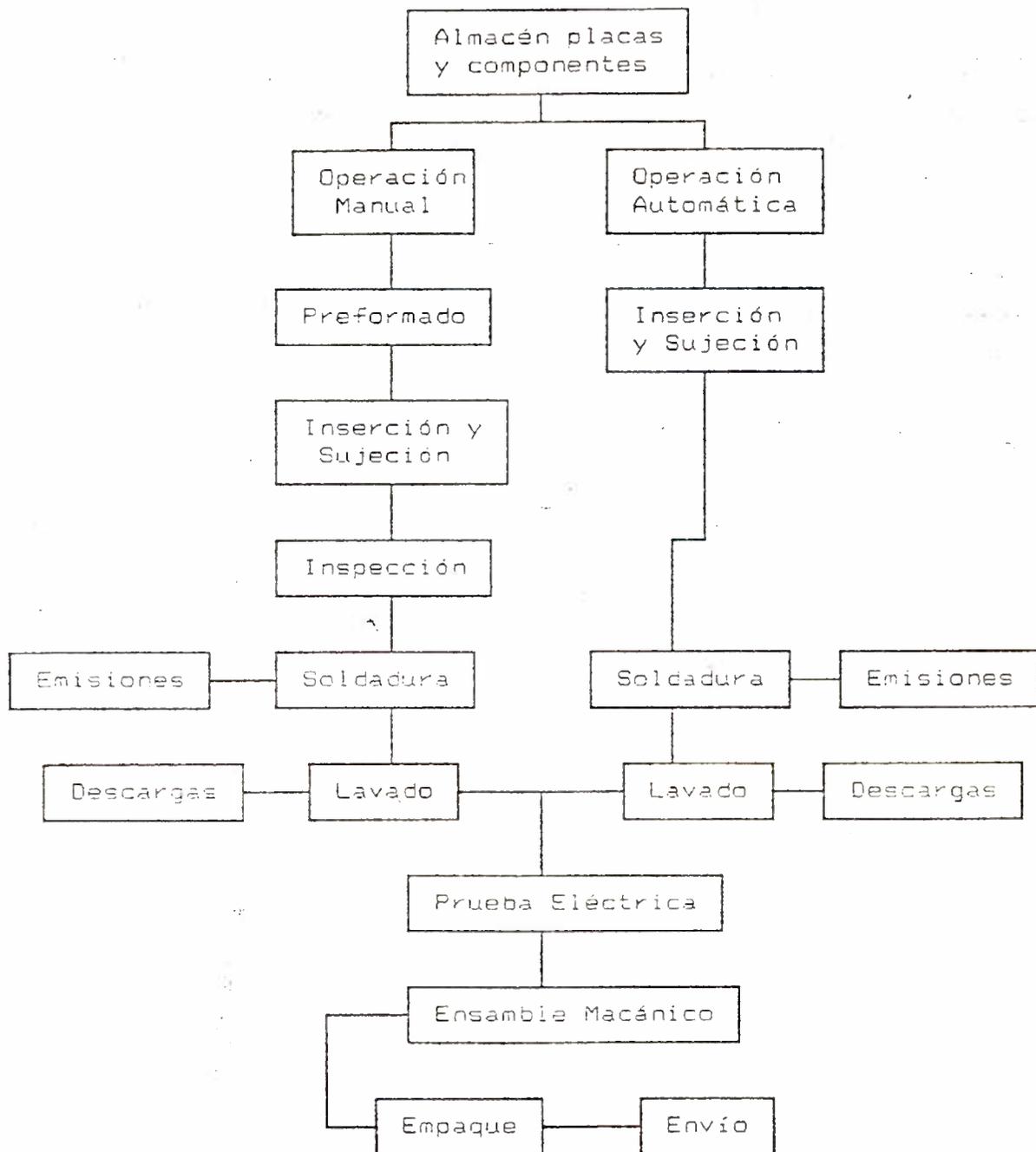
⁸ El tipo de aerosol utilizado es listado en la tabla de materiales utilizados en el proceso.

soldadura automáticas por baño de ola; pero es bastante frecuente que se realicen también algunas operaciones de soldadura⁹ manualmente, lo cual representa riesgos para el operador, tal y como se demuestra en el cuadro realizado por Thomas H. Gassert, el cual se reproduce con el número 3.1. El lavado de placas es realizado para remover el fundente orgánico utilizado en la operación de soldadura, utilizando para estándares militares una mezcla de freón 22 + 1,1,1-tricloroetano + alcohol isopropílico, y agua purificada para estándares industriales y comerciales. Posteriormente, el producto pasa a control de calidad, consistente en la prueba de las operaciones que debe realizar el circuito. Por último, la placa se ensambla en el cuerpo que la contendrá. Este tipo de procesos de soldadura y lavado tienden a desaparecer del mercado por los problemas ambientales y de salud ocupacional que los materiales utilizados representan. El proceso de sustitución de tecnología empieza desde la fabricación de las placas de circuitos impresos, donde la tecnología de inserción es sustituida por el montado superficial y soldadura sin fundente, lo cual disminuirá las emisiones de clorofluorocarbonos a la atmósfera, considerados como la principal fuente de adelgazamiento de la capa de ozono a nivel global. Para 1994, los fundentes orgánicos que sean utilizados en los procesos de soldadura y requieran de solventes con clorofluorocarbonos en las operaciones de limpieza de las placas deberán ser reemplazados, de acuerdo con las políticas ambientales de la mayoría de las empresas fabricantes de soldadura y máquinas de soldar automáticas.¹⁰ Desafortunadamente, como vimos en el apartado anterior, las empresas no contemplan la sustitución de tecnologías en el corto plazo.

⁹ La soldadura utilizada generalmente es de plomo-estaño (60-40%) y el fundente es un compuesto orgánico para las operaciones manual y automática.

¹⁰ Irving N. Sax, *Industrial Pollution*, Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York, 1974 (Environmental Engineering Series). y Cheryl A. Lechok, "Development of No-Clean Wave Soldering" en *Circuits Assembly*, Miller Freeman Inc., San Francisco, abril de 1992, p. 42.

Diagrama 3.3. Flujo del proceso de manufactura de Placas de circuitos integrados.



Fuente: Visitas de inspección a las plantas de la muestra (elaborado por el autor). Existen muchos más puntos de riesgo dentro del diagrama, se han analizado solamente los más notables. Para un análisis más detallado véase Thomas H. Gassert y A. D. Pasquini, *op. cit.*

3.3. Sustancias detectadas

De acuerdo con los resultados de la presente investigación, en la industria electrónica que manufactura placas de circuitos impresos y circuitos integrados en Tijuana, se detectaron 33 sustancias que se clasifican, según el grupo químico al que pertenecen, en ácidos, álcalis, cianuros, metales, oxidantes, resinas y solventes (ver cuadro núm. 3.1); además de 9 sustancias que no pudieron clasificarse, ya sea porque durante las entrevistas no se nos proporcionó información sobre su composición química o porque no se encontraron en los manuales consultados (Ver anexos, la tabla número 1 muestra las sustancias y cantidades utilizadas en el proceso de manufactura de cada empresa visitada). En el primer caso, éstos son: un aceite, tres aceleradores, un separador de soldadura, un limpiador acondicionador, una sustancia no identificada, y, en el segundo, polisopreno y fluoruro de estaño. De las sustancias detectadas que son generalmente las tratadas o recicladas se pueden clasificar también solventes halogenados (1,1,1, tricloroetano, freón), solventes no halogenados (acetona, alcohol isopropílico), lodos y electrolitos (metales pesados, ácidos, sales, álcalis, oxidantes, etc.), resinas (vinil tolueno, cianuroclorinato, poliamidas, etc.), y aceites y lubricantes. Esta clasificación nos será útil en la descripción de los costos de su tratamiento y confinamiento final.

3.3.1. Los ácidos se detectaron en la planta 1, que manufactura circuitos integrados. Acido fluobórico, ácido nítrico y ácido sulfúrico se usan intensivamente como electrolitos para electrodepositar los metales que forman los conductores impresos en las placas utilizadas para montar diversos componentes electrónicos. Su principal riesgo para la salud es su alta corrosividad. Los ácidos pueden penetrar rápidamente la ropa de trabajo si ésta no es la adecuada, causando serias quemaduras y daño a los tejidos internos. Pueden provocar fuertes

irritaciones y quemaduras en ojos, nariz, garganta y piel; dermatitis; erosión nasal; úlceras en piel y nariz; reducción de la vista y ceguera; erosión y decoloración de la dentadura, así como tos, laringitis, bronquitis y edema pulmonar, por contacto, inhalación o ingestión. Estos pueden entrar en contacto con los trabajadores y la comunidad, mediante derrames, descargas o emisiones de vapores.

3.3.2. Los álcalis se detectaron en las seis plantas visitadas, principalmente en la planta 1. Anhídrido sulfato de sodio, hidróxido de aluminio, hidróxido de sodio, sal disodio, tiosulfato de sodio y sales para conductividad se usan en las tareas de limpieza y tratamientos para neutralizar los ácidos utilizados en las placas antes de la impresión de los circuitos. Al igual que los ácidos son sumamente peligrosos, especialmente en forma concentrada; la mayoría tienen una fuerte acción corrosiva o cáustica. Pueden provocar severas irritaciones, quemaduras, ulceración, marcas y edemas en la piel y en los ojos; opacidad de la córnea; neumonía, y pérdida temporal del cabello cuando se aplican externamente. Estos pueden entrar en contacto con los trabajadores mediante inhalación o contacto directo, cuando no se tiene extracción adecuada de vapores, cuando no son manejados apropiadamente o no se cuenta con una extracción adecuada; y con la comunidad cuando ocurren descargas de aguas residuales al sistema de drenaje o en derrames de los desechos almacenados en tanques durante mucho tiempo.

3.3.3. Los cianuros se detectaron en las plantas 1 y 3. Son venenos altamente irritantes y de acción rápida. El cianoclorinato y cianuro de sodio se utilizan para limpieza de placas sin recubrir; para su recubrimiento y electrodeposición de metales. El mayor riesgo es la exposición a los gases producidos cuando estos son calentados. Estos son almacenados en forma líquida o sólida generalmente. Son rápidamente absorbidos a través de la piel y los

pulmones evitando que los tejidos absorban el oxígeno causando una muerte inmediata por asfixia. La exposición repetitiva en bajas concentraciones pueden causar dermatitis severas, enfermedades tiroidales y dificultades en la coordinación muscular. En general, los cianuros pueden provocar fuerte irritación en los ojos, nariz, garganta y piel; quemaduras, erupciones e infección de la piel; pérdida de apetito, debilidad, dolores de cabeza y náuseas; problemas circulatorios y tiroidales; en caso de sobrevivir al envenenamiento conlleva daños para el sistema nervioso. Las rutas de contacto son inhalación, ingestión y contacto directo.

3.3.4. Los metales se detectaron en las seis plantas. Son utilizados como materias primas para formar, mediante electrodeposición, los conductores y contactos en la manufactura de circuitos impresos, y para soldar componentes en los circuitos integrados. En las plantas visitadas se encontraron los siguientes: plomo, cobre, níquel, estaño, oro y fueron encontrados, tanto en estado sólido, como en soluciones. Comúnmente, los metales no son considerados químicos; sin embargo, muchos de ellos pueden ser muy peligrosos en caso de ingestión o inhalación en cantidades imperceptibles día tras día. Los componentes de la soldadura son el estaño y el plomo que, entre los metales utilizados en la industria electrónica de Tijuana, se caracterizan por ser los más peligrosos para la salud, al ser calentados o descompuestos. El primero puede provocar irritación en ojos, nariz, garganta, pulmones y piel; fiebre; tos, dolor de garganta y neumonía, dolor abdominal; náuseas y vómitos. El segundo, dolores de cabeza, mareos, irritabilidad, insomnio, pérdida de la memoria, gota, convulsiones y coma; anemia, daño a los vasos sanguíneos y aumento en los riesgos de enfermedades del corazón; dolor abdominal, cólicos, diarrea, constipación intestinal, pérdida de peso y desnutrición; daños en los riñones y el intestino; aumento de la orina; pérdida de apetito sexual en los hombres, anomalías en los espermatozoides, anomalías en sistema reproductivo masculino, desórdenes

menstruales, abortos, nacimiento de niños muertos, defectos de nacimientos y desórdenes en el sistema neurológico de los niños, tales como problemas en la vista y de aprendizaje, efectos en el crecimiento de los niños y en el sistema nervioso central debido a la presencia de plomo en la leche materna, y parálisis. Asimismo, se encontró que el cobre es intensivamente utilizado en la planta 1; éste tiene los siguientes efectos: irritación en ojos, nariz, boca, garganta, y piel; conjuntivitis; decoloración y úlceras en la piel; perforación y úlcera nasal; fiebre, escalofríos, náuseas, vómitos, dolor muscular, diarrea; daños celulares, irritación pulmonar; anemia y daños en los glóbulos rojos; crecimiento del hígado, hicterisia, problemas en los riñones, páncreas y el sistema nervioso central.

La exposición a los metales en sus formas más peligrosas (gases, polvos y humos) ocurre más frecuentemente durante la soldadura, recubrimiento, estañado y electrodepositado. Entran en contacto con los trabajadores mediante la inhalación de los residuales generados en los procesos de soldadura automática o manual y en el electrodepositado, cuando no se cuenta con una extracción adecuada a nivel general en la planta y en particular para soldadores, máquinas de soldadura y tanques de electrodepositado.

3.3.5. Los oxidantes se detectaron en las seis plantas visitadas. Cloruro de potasio, diazo óxido, permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno, yoduro de potasio y flux orgánico son sustancias químicas altamente reactivas; las cinco primeras se utilizan en el tratamiento de las placas antes de hacer el electrodepositado, y la última, de manera intensiva en las seis plantas, como fundente.¹¹ Algunos oxidantes tienen potencial de fuerte acción corrosiva, debido a esto deben protegerse ojos, piel y pulmones a su exposición. Pueden provocar irritación en ojos, membrana mucosa, pulmones, garganta, piel; úlceras en córneas, conjuntivitis; debilidad,

¹¹ Existen dos tipos de flux utilizados en operaciones de soldadura: corrosivos y no corrosivos; los primeros son una mezcla de ácidos y álcalis, y los segundos de resinas y solventes. Véase Thomas H Gassert, *op. cit.*, p. 139.

anemia; dolor abdominal, diarrea, vómito y pérdida de peso. Pueden entrar en contacto con los trabajadores mediante ingestión, inhalación o contacto directo, si no se cuenta con extracción de vapores adecuada.

3.3.6. Las resinas se detectaron en las seis plantas visitadas. Poliamidas 113-F, cianoclorinato y vinil tolueno son usadas como fijadores, recubrimientos aislantes, contenedores y, aunque no fueron reportadas por la planta 1, las resinas son ampliamente utilizadas en la manufactura de las mallas de impresión en la etapa de fotolitografía. La mayoría contiene ingredientes venenosos, tales como solventes, colorantes, estabilizadores, rellenos, plastificadores, catalizadores y monómeros; algunos de ellos causan alergias, defectos de nacimiento y cáncer. Pueden penetrar la piel y los pulmones muy rápidamente, y causar severas irritaciones en los ojos, membrana mucosa, pulmones y piel; conjuntivitis; dermatitis severa; tos, espasmos bronquiales, asma, edema pulmonar; depresión y efectos narcóticos en el sistema nervioso central; náuseas y dolor abdominal. Producen una amplia variedad de gases y vapores altamente tóxicos cuando son calentados o quemados; contaminan el aire durante la soldadura debido al derretimiento del aislante plástico de los conductores. Los trabajadores entran en contacto con ellos mediante el calentamiento, moldeo o manipulación de algunos plásticos y resinas epóxicas.

3.3.7. Los solventes se detectaron en las seis plantas visitadas. Acetona, metiletiketona, freón, alcohol isopropílico, celesolve, acetato de celesolve, 1,1,1-tricloroetano y xileno son usados casi en todas las fases de la manufactura electrónica, principalmente, en limpieza y desengrasado, y para adelgazar plásticos, resinas, pegamentos, tintas, pinturas y ceras. Existe un amplio rango de solventes orgánicos algunos muy tóxicos y otros ligeramente tóxicos. Los halogenuros aromáticos e hidrocarburos clorinados son los más peligrosos, ya que producen

cáncer y otras enfermedades graves. Pueden ocasionar irritación en los ojos, nariz y garganta; dermatitis; dolores de cabeza, mareos, efectos narcóticos en el sistema nervioso central debido a fuertes exposiciones, mareos, depresión, pérdida de coordinación y de conciencia; irregularidades cardíacas; daño a hígado y riñones; abortos y descenso en los niveles de hemoglobina. Los trabajadores entran en contacto con ellos por inhalación, ingestión y contacto directo, cuando no se cuenta con equipo de protección individual y la extracción adecuada de los vapores producidos durante su uso.

3.4. Tecnologías de manejo, tratamiento y disposición final de residuales potencialmente peligrosos.

A excepción de los solventes orgánicos y electrolitos con metales que son aceptados o adquiridos por compañías recicladoras de desechos, existe muy poco tratamiento a residuales de lodos beneficiados, resinas, aceites y fluidos hidráulicos, que pudieran ser tóxicos, antes de su desecho. La concentración de electrolitos y lodos (mezcla de metales pesados y sales) es considerada como un tipo de tratamiento. Debido a su estado líquido, la mayoría de los desechos son depositados en tanques para almacenarlos, darlos a alguna compañía recicladora o enviarlos a algún sitio de disposición final.

Existen diferencias entre plantas en el manejo y disposición de desechos, relacionadas con las cantidades generadas, sus costos y su actitud respecto a los desechos. Con excepción de las descargas de aguas residuales, se esperan muy pocos cambios en las tecnologías de tratamiento y disposición de desechos en esta industria, ya que los cambios se están dando en

la sustitución de insumos que produzcan menos desechos.¹²

3.4.1. Descripción de las tecnologías actuales de tratamiento y manejo de desechos

Los solventes orgánicos, electrolitos y lodos son los desechos tóxicos más frecuentemente tratados, aunque no lo son en todas las plantas. Los fluidos lubricantes generados en el mantenimiento de la maquinaria, generalmente, no son tratados debido a las pequeñas cantidades generadas. Los solventes halogenados y no halogenados son caros, reciclables y muy tóxicos, por lo que son manejados con cuidado para evitar derrames que pudiesen resultar en daños a la salud y costos extras. Los solventes halogenados son casi el doble más caros que los no halogenados; éstos, generalmente, son comprados por recicladores privados. En las empresas visitadas, su venta es el tratamiento más utilizado. Las técnicas de reciclado varían desde el envasado sin tratamiento hasta la destilación y separación de solventes cuando se encuentran mezclados. Cuando los solventes están lo suficientemente limpios para ser reusados en otras industrias, lo cual ocurre en muchos casos, son simplemente envasados sin tratamiento previo. El uso de solventes reciclados es usualmente más económico. El reciclado de solventes orgánicos en cantidades menores a cuatro barriles de 200lts., cuesta de 25 a 40% menos que el solvente nuevo, cuando la eficiencia del reciclado varía del 90 al 20%. Para cantidades mayores a cuatro barriles, el costo del reciclado varía de 18 a 30% menos que el solvente nuevo, cuando la eficiencia del reciclado varía del 90 al 20%. A pesar de lo atractivo del reciclado de solventes, no todos los manufactureros de componentes electrónicos lo practican. Las empresas grandes reciclan solamente los solventes más caros, y la mayoría de las plantas

¹² Véase EPA-Hazardous Waste Management Div., *Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices. Electronic Components Manufacturing Industry*, Waspura Inc., Washington, 1987, p. 111.

pequeñas encuentran más económico desechar las pocas cantidades ya utilizadas. Dependiendo de la pureza que sus procesos requieran, las empresas utilizarán solventes reciclados. Los desechos de tintas, pinturas y resinas usualmente no son tratados antes de desecharlos.

3.4.2. Descripción de las tecnologías de tratamiento y confinamiento de desechos.

En general, las plantas más grandes utilizan procesos de desposición más sofisticados. Procesos que van desde el desecho en terrenos de la empresa hasta la incineración con disposición de cenizas en rellenos sanitarios. La mayoría de los desechos de solventes no reciclados son confinados a rellenos sanitarios, o incinerados; los volúmenes pequeños de lodos y solventes no reciclados son desechados o almacenados en los terrenos de las empresas. Las pequeñas cantidades de solventes vertidas en el agua de proceso no son reciclados o exportados, se desechan a través el drenaje, dado que, según opinión de gerentes e ingenieros de manufactura entrevistados, estas descargas son tan pequeñas que no afectan al medio ambiente,¹³ y a que están dentro de los estándares establecidos por la SEDESO,¹⁴ por lo cual no es necesario darles tratamiento antes de desecharlos.

En el tratamiento de lodos y electrolitos, usualmente, son mantenidos separadamente durante su almacenamiento y confinamiento final; de éstos, la planta número uno tiene actualmente almacenados más de 30 barriles de 200 lts, que, según el gerente de la planta, serán exportados para la recuperación de los metales contenidos en ellos tan pronto como obtenga los permisos de exportación y las guías ecológicas para su transporte hacia Estados Unidos.

¹³ En la entrevista con el gerente de la planta 3, éste señaló que su planta desecha el agua de proceso más pura de lo que la recibe, ya que el proceso de lavado de placas requiere de agua pura y desionizada.

¹⁴ De acuerdo con la entrevista con el gerente de la planta 2, el agua con la que se enjuagan las placas que han sido tratadas con los solventes utilizados en la máquina lavadora va a dar al drenaje, y los solventes se envían a reciclamiento.

3.4.3. Niveles de tratamiento y tecnologías de confinamiento final para residuos potencialmente peligrosos

Los niveles de tratamiento de los residuales están referidos a la curva de costos de abatimiento de la contaminación mencionados en el capítulo dos:

i] el tratamiento primario utiliza el nivel de tecnología I, el cual ha sido caracterizado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) como el método más utilizado actualmente por la mayoría de las compañías¹⁵; en el caso de esta industria, se refiere a la contratación de servicios de recolección de los desechos generados por la planta, para ser reciclados y confinados fuera de ella, en un basurero o relleno sanitario;

ii] el tratamiento secundario utiliza el nivel de tecnología II, caracterizado por la EPA como: "el mejor método utilizado en la actualidad", se espera que se difunda ampliamente. Para esta industria se refiere al igual que en nivel I, a la contratación de servicios externos de recolección y reciclado, con la diferencia de que los residuos de los reciclados son confinados a instalaciones o rellenos sanitarios asegurados, y iii] el tratamiento terciario utiliza el nivel de tecnología III, el óptimo desde la perspectiva ambiental y de salud pública. En este nivel se procede de la misma manera que en los niveles I y II, sólo que los residuos del reciclado son incinerados y las cenizas confinadas a instalaciones aseguradas.

Como se mencionó en la sección 3.3., existen cinco tipos de residuales en la industria manufacturera de componentes electrónicos que han sido señalados como potencialmente peligrosos. Las tecnologías de tratamiento y disposición en los niveles I, II y III para solventes, resinas y electrolitos y lodos se muestran en las tablas 3.4.1, 3.4.2., 3.4.3. y 3.4.4.

¹⁵ Véase EPA-Hazardous Waste Management Div., *op. cit.*, p.130.

3.5. Descripción de los costos de tratamiento y confinamiento

Los costos del tratamiento y confinamiento de los desechos con riesgo potencial para la salud y el medio ambiente son calculados, primero, para los desechos de solventes halogenados, no halogenados, resinas y electrolitos y lodos. Esto será seguido por una evaluación de los costos del tratamiento y disposición en cada nivel tecnológico.¹⁶ Como resumen, se muestran las tablas 11.1 al 11.6 (capítulo 4) con los costos de tratamiento y confinamiento. Se hace una evaluación de los costos para las plantas, tomando en consideración el nivel de producción y materias primas utilizadas. Estos costos están basados en el tratamiento y confinamiento fuera de la planta, ya que este tipo de manejo es el que predomina en la industria electrónica de Tijuana.¹⁷ Debido a la escasez de datos sobre los costos de tratamiento de las plantas visitadas, no fue posible evaluar los factores que afectan más fuertemente la variabilidad del tratamiento y confinación de desechos potencialmente peligrosos. Fue difícil obtener datos sobre costos durante las visitas realizadas debido a: i] la confiabilidad de los datos sobre costos de operación y tratamiento; ii] la nula información sobre la cantidad de desechos generados, y iii] la resistencia por parte de las empresas a dar información al respecto, ya fuera sobre costos o cantidades de desechos generados. Por estas razones, se utilizaron fuentes indirectas de: cuatro compañías dedicadas al reciclamiento y confinamiento de desechos MEXACO, Chemical Waste Management (CWM), Reciclados California y Recicladora Latinoamericana, y estudios realizados en California por la Agencia

¹⁶ Véase el reporte de la EPA sobre las prácticas de tratamiento y confinamiento de los desechos tóxicos en la industria electrónica. Véase: EPA, *op. cit.*, pp. 129-134.

¹⁷ De acuerdo con las entrevistas realizadas con el Ing. Sergio Berreyeza de MEXACO, la Q.I. Ana María Apolo de CWM y el Ing. Eduardo Vereo de Reciclados California, cuando las empresas tienen algún tratamiento de sus desechos, lo hacen con un contratista privado fuera de la planta.

de Protección Ambiental de Estados Unidos.¹⁸

Una característica de este análisis es que los costos dados para cada nivel de tecnología están basados en el tratamiento y confinamiento final fuera de la planta. Las razones para esto son:

i] las plantas 2, 3, 4, 5 y 6 tienen contrato con una compañía privada encargada de reciclar sus desechos fuera de sus instalaciones;

ii] las seis plantas están instaladas en áreas predominantemente urbanas, donde el espacio disponible para plantas de tratamiento es reducido y las instalaciones de confinamiento definitivo de desechos tóxicos representarían un grave problema de riesgos para la salud pública, y

iii] en las seis plantas, incluso en la más grande, según los gerentes e ingenieros entrevistados, la cantidad de desechos generados es tan pequeña, que la adquisición de equipo de reciclado de sus desechos no se encuentra justificada desde la perspectiva de rentabilidad de su operación.

3.5.1 Costos de tratamiento y confinamiento¹⁹

Curiosamente, de acuerdo con la investigación documental y en las entrevistas realizadas con los recicladores de la ciudad, se observó que, frecuentemente, en el contrato de manejo de los desechos generados, la compañía manufacturera recibe una prima por sus desechos; el

¹⁸ Véase EPA, *op. cit.*, pp. 129-141. Véase también Planning Research Corp., California Department of Hazardous Substances, Toxic Substances Control Program, *Waste Auditory Study: Printed Circuit Board Manufacturers*, San José, California, 1989, pp. 61-103. Los costos encontrados en estas fuentes fueron deflactados a 1992, tomando como año base 1992, con el índice de precios al consumidor en Estados Unidos. Fuente: FMI, *Anuario estadístico*, 1991.

¹⁹ Los precios utilizados en el cálculo de los costos del manejo y confinamiento en los diferentes niveles tecnológicos son los precios corrientes al mes de marzo de 1992, en la ciudad de Tijuana, B.C.

incentivo para que el reciclador pague por ellos es que los contratos incluyan, además de solventes, metales, resinas y lodos y electrolitos, todo tipo de desechos, entre los que se pueden encontrar papel, cartón, materiales de empaque, conductores de cobre, etc., que, en conjunto, resulta bastante redituable concentrarlos temporalmente hasta acumular cantidades considerables, que puedan ser colocadas en el mercado de reciclados de la región. Para los residuales de los que se cuantifica su costo de manejo y confinamiento, solamente por los halogenados se recibe una prima de 20 centavos de dólar por litro y 80 centavos por libra de escoria de soldadura plomo-estaño. En los cálculos de los costos en los niveles de tecnología II y III se consideró que el empresario recibe este bono por los solventes halogenados que exporta para reciclarlos y confinarlos. El costo del servicio prestado por las compañías recicladoras es por concepto de transportación de la planta hasta su confinamiento, los trámites necesarios para su exportación y la responsabilidad del manejo y confinamiento seguro del desecho, ya que una vez que este es recibido por la compañía recicladora, ésta se hace responsable de aquéllos. De acuerdo con la CWM, para las maquiladoras que operan en México, el costo del manejo, incineración y confinamiento de sus residuos en Estados Unidos es un 30% más caro de lo que cuesta si éste es generado en Estados Unidos. De lo contrario, si el manejo y confinamiento se realizara en México con las instalaciones adecuadas, su costo sería, por lo menos, 50% más barato que en Estados Unidos.²⁰ Los costos presentados a continuación para los diferentes niveles de tecnología se refieren al costo del servicio más completo y seguro del manejo de los residuos en su transporte hacia Estados Unidos, donde existen instalaciones adecuadas para su tratamiento y confinamiento, ya que en el estado, particularmente en Tijuana, no existen instalaciones de esta naturaleza.

²⁰ Entrevista con la coordinadora de servicios al cliente de CWM, la Q.I. Ana María Apolo D.

Para el nivel de tecnología I

Los costos de esta tecnología son proporcionados a manera de referencia, debido a que las compañías recicladoras visitadas no proporcionan este servicio, con excepción de MEXACO, porque para los desechos de nuestro caso de estudio (solventes, fundentes, lodos y electrolitos), las tecnologías que cumplen con los estandares ecológicos son las II y III, con excepción del confinamiento en relleno sanitario de sólidos, tales como resinas, natas de pintura, poliésteres, etc. Sin embargo, mencionaron los costos probables de recolectores que sacan todo tipo de residuales de la planta, sin tener reglas de operación bien establecidas, lo cual implica un mal manejo y confinamiento de los desechos, en algún lugar de la localidad o la región.

Para solventes halogenados y no halogenados, lodos y electrolitos y resinas, se cobra, en promedio, 100 dólares por cada barril de 200 litros o 395 kilogramos. Las compañías de la localidad en este nivel tecnológico, sólo brindan el servicio para el manejo y confinamiento de residuos no regulados y no peligrosos como las resinas, en rellenos sanitarios en Estados Unidos, lo cual implica trámites aduanales y de guías ecológicas, registros rigurosos con SEDESOL y la EPA, con un costo de 120 dólares por cada 395 kg.

El costo de una planta de tratamiento de lodos y electrolitos para la eliminación de gran parte de la porción de líquidos contenidos (agua, ácidos y bases neutralizados) y la concentración de lodos con metales pesados es de 26,125 dls con una capacidad de tratamiento de 15 gph.²¹

Para el nivel de tecnología II

Solventes halogenados. El costo es de 350 dólares por barril de 200 litros o 395 kg. de peso

²¹ Cfr. Planning Research Corp., *op. cit.*, tabla 7-2, sec. 7, p. 9

húmedo. Si las características del solvente a exportar permite su reciclamiento, con un porcentaje de recuperación no menor al 60%, el empresario recibe una bonificación de 20 centavos por litro de solvente procesado.

Solventes no halogenados. Las plantas no reciben bono por estos solventes ya que son considerablemente más baratos que los anteriores, además, los niveles de impurezas que tienen después de ser utilizados son también considerablemente más elevados. El costo es 85 dólares por barril.

Lodos y electrolitos. El costo es de 250 dólares por 395 kg. de peso húmedo.

Resinas. El costo es de 850 dólares por 395 kg.

Para el nivel de tecnología III

Solventes halogenados. La tecnología y los costos son los mismos que en el nivel II.

Solventes no halogenados. El costo es de 165 dólares por barril.

Lodos y electrolitos. El costo es de 850 dólares por barril y el costo de la planta de tratamiento del agua residual y la concentración de lodos es el mismo al mencionado en el nivel I.

Resinas. El costo de su separación de la basura de la planta, incineración y entierro en instalaciones aseguradas es de 850 dólares por 395 kg.

Como se mencionó en el apartado 3.2.2., en el proceso de manufactura de circuitos integrados es necesario eliminar los residuos de fundente de las placas; debido a que éstos resultan corrosivos, en este lavado se utiliza cierta cantidad de agua que se recicla dentro de la lavadora hasta que está muy contaminada. En la encuesta realizada se preguntó la cantidad promedio de agua utilizada en este proceso. Ya que esta agua es considerada como no

(ver tabla 6 en los anexos). Un dato adicional, particularmente interesante, obtenido en las entrevistas con los recicladores de la localidad, es que las plantas japonesas y coreanas son las que menos interés ponen al reciclamiento de sus desechos, ya que prefieren almacenar en sus patios aquellos desechos que pueden ser almacenados en barriles.

contaminante por los gerentes e ingenieros de manufactura, se pregunto a los recicladores sobre esta agua. El servicio de su tratamiento es de 350 dólares, lo cual incrementa considerablemente los costos de tratamiento de los desechos totales generados por planta, como se puede apreciar en las tablas 11.1 a la 11.6.

3.6. Generación de desechos en los procesos de manufactura de placas de circuitos integrados e impresos

Como mencionamos anteriormente, los residuales más comunes en las plantas maquiladoras de componentes electrónicos son solventes, resinas, electrolitos y lodos, y aceites y lubricantes. En las entrevistas con los ingenieros de manufactura se preguntó cuál es el porcentaje de merma en los solventes utilizados en las operaciones de limpieza, es decir, del solvente total adquirido, qué porcentaje se pierde en las operaciones de manufactura tales como dilución de resinas, limpieza de placas y tareas de limpieza general de componentes.

Planta	% Merma
1	6%
2	7%
3	10%
4	4%
5	10%
6	6%

La tabla 3.6.1 muestra los porcentajes de merma reportados por planta. Esta porción reportada es la que se evapora al desechar toallas o algodón utilizados o se disuelve en agua durante el proceso de limpieza de placas, ya sea manual o automáticamente. Con estos porcentajes podremos calcular la cantidad de solventes vertida por planta al medio ambiente

Cuadro 3.1. Riesgos comunes para la salud en la industria electrónica

AGENTE DE RIESGO	PROCESO/TAREA	EFFECTO INMEDIATO	EFFECTO CRONICO
ACIDOS	electrodepositado electroestampado, pulido cristales	quemadura de piel, irritación de ojos	daño pulmonar, daño a huesos, erosión de dentadura
METALES	electrodepositado electroestampado, soldar, selliado, estañado	problemas respiratorios, irritación de piel, dolores de cabeza, insomnio, dolor de estómago, aborto	cáncer, daño al hígado, esterilización, dermatitis
GASES	doping, formación de cristales, pruebas de encapsulado	náuseas, vómitos, diarrea, vertigo, coma y muerte	anemia, daño al hígado, ictericia
RESINAS plásticos resinas pegamentos fundentes	corta, lijado, encapsulado, laminado, empaquetado	problemas respiratorios, irritación de la piel	cáncer, daño al hígado, alergias, asma
SOLVENTES	éstos son utilizados casi en toda tarea como; limpiador, desengrasador y adelgazador	irritación de la piel, tos, problemas respiratorios, vertigos, dolor de cabeza, náuseas	daños al hígado, al riñón y al corazón, parálisis, cáncer, alergias, desórdenes menstruales
RADIACION ionizante	equipo de rayos X, equipo con ac de electrones, fuentes de alto voltaje	enrojecimiento de la piel	cáncer, esterilidad
RADIACION no-ionizante	generadores de radiofrecuencia, microondas, láseres, tubos de rayos catódicos	enrojecimiento de la piel, calentamiento, quemaduras, quemaduras	esterilidad, cataratas
MICROSCOPIOS Y MONITORES DE TV	ensamble de microprocesadores orugas	problemas en ojos dolores de cabeza y de espalda	daño en ojos, tenosinovitis
CONDICIONES DE TRABAJO ESTRESANTES	altas cuotas de trabajo, rotación de tareas y turnos, muchos otros	debilidad, propensión a accidentes y enfermedades	desórdenes menstruales, problemas de fertilidad, tensión, recurrencia de enfermedades, mala salud en general

tomado de: Thomas H. Bassett, *op. cit.*, p. 27 (la traducción es mía).

4. ECONOMIAS EXTERNAS GENERADAS POR LA INDUSTRIA ELECTRONICA EN TIJUANA, B.C.

4.1. Riesgos generados para la salud y el medio ambiente

En el presente apartado, se aborda el análisis de los riesgos de acuerdo con los índices de riesgo de daño probable generado por las sustancias detectadas; las condiciones de uso de dichas sustancias; la cantidad de materiales a reciclar mensualmente, y las condiciones de operación de las plantas.

4.1.1 Riesgos por índices de daño probable

Como podemos observar en la tabla número 4, en donde se muestra un índice compuesto por la sumatoria de los riesgos de toxicidad, cáncer, maternidad, explosión, fuego, bioacumulación, daño a recursos vivos y reducción de espacios recreacionales, con rangos del 1 al 3, la mayoría de las sustancias representan altos riesgos en sí mismas. De éstos destaca el de toxicidad que, en promedio, muestra un índice de 2.3, lo que significa que es necesaria una dosis menor a cien partes por millón para sufrir un daño. A éste le sigue el índice de daños a recursos vivos, con un valor promedio de 1.73, lo que significa que, para que aparezcan síntomas de daños, es necesario estar en contacto entre cien y mil partes por millón. El índice de riesgo de explosión es de 1.35. Los índices de riesgos restantes, aparentemente, no representan un riesgo, debido a que su valor promedio es menor a uno.

4.1.2. Riesgos por condiciones de uso de las sustancias detectadas

Si hacemos una lectura horizontal de la tablas, veremos que la intensidad del uso de las sustancias en los procesos de manufactura, combinado con las condiciones de trabajo, nos lleva

a una valoración más alta de los índices anteriores.

El plomo-estaño, que es intensivamente utilizado en los procesos de soldadura manual y automático, manifiesta altos índices en todos los riesgos, lo cual se agrava con las grandes cantidades que se utilizan en las plantas visitadas, que varían desde 35 kg/mes hasta 21,580 kg/mes (ver tabla 2). De esto, cabe destacar que si no se tiene extracción de humos de escoria suspendidos, producto de su fundición, el contacto e inhalación son directos, ya que los índices de extracción de (VAP-HUM-POL) en maquinaria y equipo y por operador de las plantas visitadas, con excepción de la planta 4, resultaron ser deficientes o nula (con un índice menor a 2, ver tablas 2 y 7). Del plomo-estaño se generan desechos de escoria en cantidades que van desde 1.1 kg hasta 431 kg/mes, lo que muestra la cantidad de humos generados en el proceso de manufactura y sus posibles efectos en la salud de los trabajadores.

Los solventes, que son utilizados como limpiadores y desengrasantes en los procesos de limpieza manuales y automáticos de las placas, manifiestan altos índices en la mayoría de los riesgos (tabla 4), lo cual se agrava por las mermas que manifiestan en sus volúmenes totales por evaporación, desechos de toallas y algodones de limpieza y disolución en el agua de proceso utilizada en el lavado. Las cantidades emitidas al medio ambiente (aguas residuales y aire) varían desde 20 l/mes hasta 172.8 l/mes en el caso del 1,1,1-tricloroetano. El resumen de las cantidades emitidas de los solventes restantes (acetona, alcohol isopropílico, celesolve, celesolve-acetato, freón, xilene y metiletilcetona) puede verse en la tabla 6. Como ya vimos en el caso del plomo-estaño, las condiciones de operación en lo referente a extracción en las plantas visitadas es deficiente, con excepción de la planta 4, y el contacto e inhalación de los humos y vapores producidos por los solventes son directos.

El fundente o flux orgánico, que al igual que el plomo-estaño, es intensivamente utilizado

en los procesos de soldadura manual y automático, si bien no manifiesta directamente altos índices en todos los riesgos, la forma en que se le utiliza genera una gran cantidad de vapores y humos al quemarse en las máquinas automáticas de soldadura por ola. Esta sustancia, que generalmente se compone de resinas, aceites y solventes, tiene una merma del 30%, aproximadamente, por lo que genera una cantidad de vapores y humos muy alta. Las cantidades disipadas en el medio ambiente (aguas residuales y aire) varían desde 30 l/mes hasta 1,125 l/mes (ver la tabla 6). Al igual que con las sustancias anteriores, el contacto e inhalación son directos, debido a las deficientes o nulas condiciones de extracción que presentaron las plantas visitadas (con excepción de la planta 4).

4.1.3. Riesgos por las cantidades de materiales por reciclar o desechar mensualmente

De acuerdo con la tabla 9, podemos observar que existen grandes cantidades de desechos generados por la operación de las plantas, que deberían ser confinados o reciclados (64,529 litros de desechos, entre solventes y flux orgánico). Si tomamos en cuenta que 5 de las 6 plantas visitadas manifestaron tener contrato de recolección y confinamiento con MEXACO, recientemente clausurada por confinar inadecuadamente sus desechos, el riesgo de daño ambiental es muy elevado, debido a que no se puede asegurar que su confinamiento haya sido y sea en la actualidad el adecuado, debido a que a partir de su clausura, las plantas han seguido operando.

La planta 1 genera, mensualmente, 645 litros de lodos y electrolitos que son mezclas de sales de metales pesados, ácidos y bases, así como 145 de fundente orgánico, dando un total de 790 litros de desechos.

La planta 2 genera, mensualmente, 186 litros de acetona; 186 de alcohol isopropílico; 448

de fundente orgánico; 596 de freón; 186 de metiletilcetona; 496 de 1,1,1-tricloroetano, además de 2000 litros de aguas residuales con solventes que no recibe tratamiento alguno, y 61 kg de escoria de soldadura, dando como totales 4,198 litros 61 kg de desechos.

La planta 3 genera, mensualmente, 180 litros de alcohol isopropílico; 171 de fundente orgánico; 67.5 de freón; 31.5 de metiletilcetona; 180 de 1,1,1-tricloroetano, además de 15,140 litros de aguas residuales con solventes sin tratamiento alguno; 5 kg de resinas y 1 de escoria de soldadura, dando como totales 15,775 litros y 6 kg de desechos.

La planta 4 genera, mensualmente, 384 litros de alcohol isopropílico; 2,625 de fundente orgánico; 720 de freón; 288 de metiletilcetona; 4147 de 1,1,1-tricloroetano, además de 30,000 de aguas residuales con solventes sin tratamiento alguno; 431 kg de escoria de soldadura, dando como totales 38,166 litros y 431 kg de desechos.

La planta 5 genera, mensualmente, 565 litros de alcohol isopropílico; 70 de flux orgánico; 90 de 1,1,1-tricloroetano, además de 1,500 de aguas residuales con solventes sin tratamiento alguno, dando un total de 2,225 litros de desechos.

La planta 6 genera, mensualmente, 140 litros de flux orgánico; 230 de 1,1,1-tricloroetano, y 3000 de aguas residuales con solventes sin tratamiento alguno, y 24.5 kg de escoria, dando como totales 3,375 litros y 24.5 kg de desechos.

4.1.4. Riesgos por condiciones de operación de las plantas

Los riesgos para la salud y el medio ambiente por las condiciones de operación de las 6 plantas visitadas son altos por diferentes razones, y no pueden medirse bajo los mismos criterios, ya que los factores que determinan sus emisiones, si bien son los mismos, tienen una ponderación diferente para cada planta.

Como ya vimos en el apartado 3.1.1, la planta 1, por ejemplo, fue la que presentó condiciones de operación más precarias, ya que sus trabajadores en el área de impresión electroquímica operan bajo una atmósfera corrosiva, producto de la evaporación de los electrolitos contenidos en los tanques de electrodepositado (ver diagrama 3.2) y de la ausencia de campanas de extracción. Si consideramos que esta planta tiene 14 años operando, 12 de los cuales operó sin planta de tratamiento de aguas residuales; que maneja 33 sustancias (ver tabla 2), y genera, actualmente, 72 empleos, de los cuales, aproximadamente, 50 son operadores que se encuentran en contacto directo con los vapores generados, los riesgos para la salud y el medio ambiente son de consideración.

Por su parte, la planta 2 fue la que presentó condiciones de operación en las que las cantidades emitidas en relación con su producto son las más altas, ya que su porcentaje de merma en solventes es del 7%, y la extracción de vapores producidos por soldadura manual es nula, aunque cuenta con una buena extracción en maquinaria y equipo. Si consideramos que esta planta tiene 7 años operando; que maneja 7 sustancias, 3 de las cuales son de las más riesgosas para la salud, y genera 246 empleos, de los cuales, aproximadamente, 70 están en contacto directo con solventes y operaciones de soldadura manual, y vierte al medio ambiente un total de 278 l/mes de sustancias entre solventes y fundentes, podemos decir, al igual que con la planta 1, que los riesgos para la salud de los trabajadores y el medio ambiente son considerables.

Asimismo, a pesar de que la planta 4 presentó las mejores condiciones de operación y es la que tiene menos tiempo operando, las cantidades de sustancias manejadas la hacen potencialmente riesgosa, ya que, por ejemplo, emite 1,125 l/mes de residuales de fundentes al medio ambiente vía aguas residuales y vapores, así como 172.8 l/mes de 1,1,1-tricloroetano

por las mismas vías, además de 431 kg/mes de escoria de soldadura de plomo-estaño (ver tabla 6).

4.2. Ponderación de las variables asociadas con los riesgos.

4.2.1 Planteamiento del modelo.

La ponderación de las variables que determinan el riesgo para el medio ambiente se realiza mediante el análisis factorial en su versión análisis de componentes principales. La característica principal de este análisis es su capacidad de reducción de datos. Dado un arreglo de coeficientes para un conjunto de variables, ésta técnica nos permite ver algunas de los patrones que subyacen en las interrelaciones de las que existen en los datos, que serán rearrreglados y reducidos a un conjunto de *factores o componentes* más pequeño, que puede ser tomado como *nuevas variables* que tomarán en cuenta las interrelaciones observadas en los datos.

Para ver estas interrelaciones, no es necesario hacer supuestos sobre la estructura ordinal del peso de cada variable, debido a que el método se encarga de hacer e indicar la correlaciones de las variables analizadas. Uno solamente se pregunta cuál es la mejor combinación lineal de variables que tomarán en cuenta la mayor cantidad de la varianza contenida en los datos, tomados como un todo. La primera componente principal deberá ser interpretada como la mejor síntesis de las interrelaciones lineales que los datos exhiben. La segunda componente es definida como la segunda mejor combinación lineal de variables, bajo la condición de que la segunda componente es ortogonal a la primera, esto significa independencia lineal. Lo cual, tiene como resultado que la segunda componente tomará en cuenta la mayor parte de la varianza que no fue considerada por la primera componente una

vez que el efecto de ésta es removido de los datos. Las componentes subsecuentes, también serán ortogonales y tomarán en consideración los residuales de la varianza no tomada en consideración por las componentes anteriores. Este modelo puede ser expresado matemáticamente de la siguiente forma:

$$R = Y_{j1}F_1 + Y_{j2}F_2 + \dots + Y_{jn}F_n$$

donde cada una de las n variables es descrita linealmente en términos de n nuevos componentes no correlacionados, F1, F2,..., Fn, cada una de las cuales es definida a su vez como una combinación lineal de las variables originales.

El riesgo generado por las condiciones de operación de las plantas visitadas se divide en riesgos para la salud de los trabajadores y riesgos para el medio ambiente, es decir, riesgos hacia el interior y exterior de la planta. El riesgo en el interior de la planta se asoció con las siguientes variables:

Y1 = sumatoria del producto de la sustancia (i) por su índice de riesgo asociado (tabla 5);

Y2 = gasto en seguridad industrial;

Y3 = calidad de la extracción de (HUM-VAP-POLV) en maquinaria y equipo;

Y4 = calidad de la protección individual (equipo de seguridad);

Y5 = si tiene comisión de seguridad e higiene;

Y6 = calidad de la extracción de (HUM-VAP-POLV) por operador;

Y7 = calidad de la extracción general (HUM-VAP-POLV), y

Y8 = número de empleados.

Para el riesgo del medio ambiente se asoció con las siguientes variables:

Y1 = sumatoria del producto de la sustancia (i) por su índice de riesgo asociado (tabla 5);

Y2 = promedio de merma en solventes;

Y3 = gasto en control ambiental;

Y4 = si tiene o no contrato de manejo de residuos con alguna compañía de reciclado y confinamiento;

Y5 = si cuenta o no con planta de tratamiento de aguas residuales;

Y6 = si cuenta con asesores técnicos ambientales, y

Y7 = si cuenta con licencia de operación de SEDESOL (tablas 7 y 8).

4.2.2. Resultados de las ponderaciones.

Con las variables asociadas al riesgo descritas anteriormente, se forman combinaciones lineales similares a la ecuación general del análisis factorial descrita en el marco teórico. Del análisis de las matrices de componentes principales para los riesgos de la salud de los trabajadores, el riesgo resulta asociado a tres nuevas variables o componentes (F1, F2, y F3), F1 explica el 55.1% del riesgo generado, F2 el 22.5% y F3 el 13.6%, que en conjunto explican el 91.3% del riesgo total.¹ Como se mencionó líneas atrás, estos componentes son combinaciones lineales que ponderan el peso de cada una de las variables originales, en función de su correlación con la componente analizada (Fn). En la componente F1, las variables más significativas, de acuerdo con su correlación, son de manera ordinal² Y1, Y5, y Y8; en la componente F2 las variables más significativas son Y3 y Y4=Y6 y, por último,

¹ Ver los resultados del análisis factorial de los componentes del riesgo en el interior de la planta en la tabla "initial statistics", al final del capítulo.

² Véase la tabla "factor matrix" en resultados del análisis factorial para los riesgos generados al interior de la planta

en F3 son Y7 y Y2.

En el análisis de los componentes principales para el riesgo del medio ambiente, éste se asocia a dos nuevas variables (F1 y F2) que explican el 87% del riesgo total, donde F1 explica el 52.5% y F2 el 37.4%. Las variables más significativas de manera ordinal en la primera componente son Y2, Y1, Y7, Y4 y Y3; en la segunda componente son Y6, Y4, Y5 y Y3.

Del análisis anterior es fácil apreciar que se pueden desprender criterios en el desarrollo de políticas ambientales para dar prioridad a la vigilancia de las variables que expliquen un mayor porcentaje del riesgo presente en la operación de éstas y otras plantas. Si bien los datos aparecen sesgados respecto a lo que el sentido común dictaría sobre la ponderación de las variables, esto se debe a que la cantidad de casos utilizados en las estadísticas no sólo son pocos sino, también, menores al número de variables. Sin embargo, el método resultará de gran utilidad cuando sea necesario realizar un estudio similar para una muestra más amplia en uno o varios sectores industriales, caso en que la apreciación de los datos en su conjunto es sumamente impráctica y difícil de realizar.

4.3. Costos y economías externas.

4.3.1. Fórmulas y definición de la nomenclatura.

El cálculo de los costos de tratamiento y confinamiento de los desechos generados anualmente por cada planta en los tres niveles tecnológicos se calcula de la siguiente forma:

$$BSH = 0.2C_{SH};$$

donde 0.2 es la bonificación en dólares recibida por cada litro reciclado, cuando

el porcentaje de recuperación es no menor al 60% del volumen procesado.

$CTRA/A = [(RA/A)/200]U$; donde 200 es un barril de 200 litros.

$SH = (C_{SH}/200)U$

$SNH = (C_{SNH}/200)U$

$F = (C_F/200)U$

$LE = (C_{LE}/200)U$

$R = (C_R/395)U$

$ST = SH + SNH + F + LE + R - BSH$

$CT = ST + CTRA/A$

Definición de la nomenclatura

C_x = Cantidad de "x" (C_{SH} , C_{SNH} , C_F , C_{LE} y C_R) sustancia generada anualmente, calculada a partir de la tabla 9.

U = Costo unitario en dólares por unidad de volumen o peso:

Por unidad de volumen: \$/200 lts. (un barril)

Por unidad de peso: \$/395 kg.

Véase el valor de U para cada desecho en la tabla 10.

BSH = Bonificación por el solvente halogenado reciclable, si el proceso de reciclado tiene una recuperación no menor al 60% del volumen procesado.

RA/A = Cantidad de residuos acuosos generados anualmente (litros).

$CTRA/A$ = Costo del tratamiento de los residuos acuosos generados anualmente.

CT = Costo total del tratamiento y confinamiento de los desechos considerados en la investigación por planta.

- CSH = Costo del tratamiento y confinamiento de desechos de solventes halogenados.
- CSNH = Costo del tratamiento y confinamiento de desechos de solventes no halogenados.
- ST = Costo del tratamiento y confinamiento de los desechos en los tres niveles de tecnología, por planta sin considerar el costo del tratamiento RA/A.
- CF = Costo del tratamiento y confinamiento de los desechos de fundentes.
- CLE = Costo del tratamiento y confinamiento de lodos y electrolitos.
- R = Costo del tratamiento y confinamiento de resinas sólidas.

Las bonificaciones y los costos del control y confinamiento se calculan solamente para los niveles de tecnología II y III, ya que el nivel I se considera como el menos apropiado para el control de los desechos. Las consideraciones que subyacen a esto fueron expuestas en la sección 3.5.1., y en la tablas 3.4.1. a la 3.4.4.

4.3.2. Análisis de costos de tratamiento y confinamiento por residuos potencialmente peligrosos por planta, anualmente.

De acuerdo con las tablas 11.1 a la 11.6, podemos observar los costos de tratamiento y confinamiento para los tres niveles tecnológicos de las plantas visitadas, según lo proporcionado por el apartado 3.5.1, resumido en la tabla 10.

Si la planta 1 genera 36 litros de solventes halogenados; 7,740 de lodos y electrolitos; 1,747.2 de fundentes, y 12 kg de resinas, el costo de tratamiento y confinamiento para el nivel de tecnología I es 3,033 dls; para el nivel II, 8,200 dls, y para el III, 9499 dls.

Si la planta 2 genera 7,592 litros de solventes halogenados; 6,696 de solventes no halogenados; 5,376 de fundentes, el costo para el nivel I es de 9,832 dls; para el II, 16,898 dls., y para el III, 21,727 dls.

Si la planta 3 genera 2,970 litros de solvente halogenados; 2,532 de solventes no halogenados; 2,058 de fundentes, y 60 kg de resinas, el costo para el nivel I es de 3,930 dls.; para el II, 7,404, y para el III, 9240 dls.

Si la planta 4 genera 58,406 litros de solventes halogenados; 8640 de solventes no halogenados, y 31,500 de fundentes, el costo para el nivel I es de 49,273 dls.; para el nivel II, 107,589 dls, y para el nivel III, 123,644 dls.

Si la planta 5 genera 1,080 litros de solventes halogenados; 6,780 de alcohol isopropílico, y 840 de fundentes, el costo para el nivel I es de 4,350 dls; para el II, 4,912 dls, y para el III, de 7,960 dls.

Si la planta 6 genera 2,760 litros de solventes halogenados; 1,680 de fundentes, y 60 kg de resinas, el costo para el nivel I es de 2,320 dls; para el II, 5,392 dls., y para el III, 6,514 dls.

Por otra parte, si las aguas residuales del proceso de lavado de placas fueran objeto de tratamiento, los costos por planta, se incrementarían de la siguiente forma:

Para la planta 2, en el nivel de tecnología II a 58,898 dls, y en el III, a 63,727 dls. Para la planta 3, en el nivel II, a 325,344 dls, y para el III, a 327,180 dls. Para la planta 4, en el nivel II, a 737,589 dls., y en el III, a 753,644 dls. Para la 5, en el nivel II, a 36,412 dls., y en el III, a 39,460 dls. Para la 6, en el nivel II, a 11,692 dls, y para el III, a 12,814 dls.

4.3.3. Resultados.

A pesar de que los empresarios afirman que dan muy poca importancia a la existencia y aplicación de regulaciones ambientales estrictas, para decidir la localización de sus plantas en la región (igual o menor al 10% del total de los factores de localización), en general, considerando sólo su confinamiento, el cálculo de los costos del manejo apropiado de sus residuales nos proporciona datos que contradicen tal afirmación, ya que las economías externas generadas por la mala disposición de los residuales son importantes, como lo muestran las tablas 11.1 al 11.6. El supuesto hecho en el método sobre la falta de adecuación del confinamiento se ve confirmado por la clausura de la compañía MEXACO y la consignación de sus propietarios en fecha reciente,³ ya que todas las plantas visitadas, con excepción de la planta 1, manifestaron tener contrato firmado de manejo externo de sus desechos con esta compañía.

Las economías externas anuales para cada planta, sin considerar el gasto en seguridad industrial interna que abatiría los riesgos de la salud de los trabajadores, son para la planta 1 de 9,500 dólares, bajo el supuesto de que su planta de tratamiento de aguas residuales opera con un 100% de eficiencia; para la 2 de 63,727 dólares; para la 3 de 327,180 dólares; para la 4 de 753,644 dólares; para la 5 de 39,460, y para la 6 de 12,840 dólares; lo que es muestra clara de que, si bien no son del todo determinantes de la rentabilidad de la operación de estas plantas en la región, el ahorro obtenido es bastante considerable. Si tomamos en consideración el empleo promedio anual generado (1236) por las seis empresas, podría decirse que la generación de cada empleo representa una deseconomía de 976 dólares anuales para la región por concepto de economías externas anuales (1'206,326.22 dólares).

Aquí es importante mencionar, que las plantas 1, 2, 3, 4 y 5 no tienen proyectado sustituir

³ *El Sol de Tijuana*, 30 de julio de 1992, primera plana. La nota menciona el almacenamiento de más de 6,000 barriles de desechos tóxicos en el área cercana a Cerro Prieto en Mexicali B.C.

en el corto plazo las tecnologías y sustancias utilizadas en sus procesos de soldadura y de limpieza de placas. Esto es una prueba de que su operación con economías externas es resultado del estado actual de las regulaciones ambientales y su aplicación en México, ya que estas regulaciones aún no fuerzan a las compañías a aplicar y desarrollar nuevas tecnologías menos contaminantes, en comparación de lo que ocurre con el mismo tipo de empresas en Estados Unidos (ver apartado 3.2.2., p. 48.), donde las regulaciones ambientales son aplicadas de manera más eficiente, y como se observa en el análisis de los costos para el tratamiento y confinamiento, la rentabilidad de la operación sí se ve afectada cuando la empresa absorbe el control de los residuales.

4.4. El daño ambiental y su medición económica

El desarrollo y la puesta en práctica de políticas ambientales que regulen actividades económicas posteriormente a que estas han iniciado, hace necesaria una evaluación de los beneficios y los costos que dichas actividades económicas generan. Los beneficios, en general, son fácilmente cuantificables ya que se ponderan en función de la cantidad de producto generado, el cual tiene un valor asignado en el mercado. Sin embargo los costos totales, como ya se mencionó en la sección 2.1, generalmente no reflejan el costo real del producto en presencia de economías externas generadas por el deterioro ambiental y la salud de los trabajadores. Para llegar a obtener el costo real es necesario definir primero, cuales son los daños materiales causados por estas actividades en el medio ambiente y la salud de los trabajadores, para posteriormente determinar una función de daño monetario. La cuantificación de los daños materiales tiene como prerequisite el conocimiento de los efectos del uso y confinamiento de desechos y sustancias peligrosas, desafortunadamente, de acuerdo con

Gordon,⁴ la naturaleza de las interacciones ambientales involucradas en este proceso, tales como la concentración de los contaminantes en el tiempo y espacio; sus patrones de migración; sus efectos en la salud; el aislamiento entre sí de los efectos individuales; el tiempo y la intensidad de exposición de los individuos que entran en contacto con ellos, etc., hacen cualquier cuantificación muy difícil, en términos de recursos y tiempo (ver diagrama 4.2). Debido a lo anterior, llegar a una función directa de daño monetario, sin tener una función de daño material, es irreal; sin embargo, es posible llegar a una función parcial, mediante un método indirecto, tomando como base las economías externas con que operan las plantas.

La justificación de este análisis se basa en la siguiente lógica. Ya que las economías externas tienen un efecto degradativo de la calidad del medio ambiente, asociado con un daño material, que, a su vez, se halla asociado con un daño monetario, se puede apreciar una relación directa entre éste y las economías externas (ver diagrama 4.1). Basados en este razonamiento, es posible cuantificar el daño monetario al menos de manera parcial, asociándolo con los costos del abatimiento de los riesgos para el medio ambiente y la salud de los trabajadores, costos que representan a las economías externas.

Tomando como base las economías externas obtenidas anualmente por la empresa, calculadas en el apartado anterior y haciéndolas retroactivas a la fecha de inicio de la operación de la empresa en Tijuana, se puede obtener una aproximación al daño monetario causado. Para realizar el cálculo de los retroactivos se debe utilizar el índice de precios al productor en Estados Unidos ya que los precios de los servicios de tratamiento y confinamiento de sustancias y residuos peligrosos fue proporcionado por la fuente, en dólares.

⁴ Steven I. Gordon, *Computer Models in Environmental Planning*, Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York, 1985. pp.153-157.

La posible sobreestimación del cálculo estará más que compensada, ya que los costos del abatimiento de los riesgos para la salud en el interior de la planta no son considerados en el análisis.

Diagrama 4.1. Relación entre economías externas y daño monetario

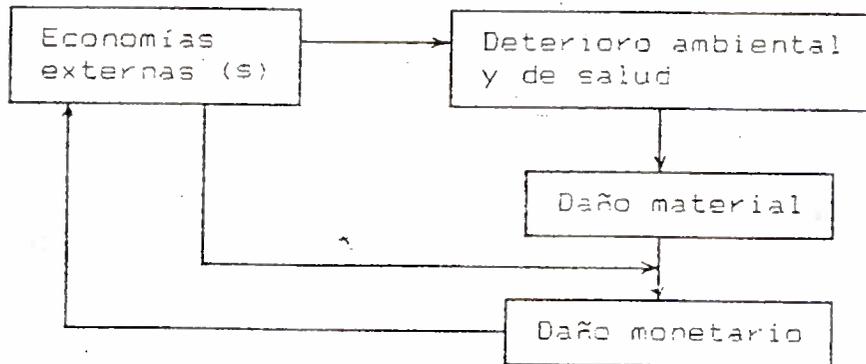


Diagrama 4.2. Complejidad de la simulación de desechos peligrosos

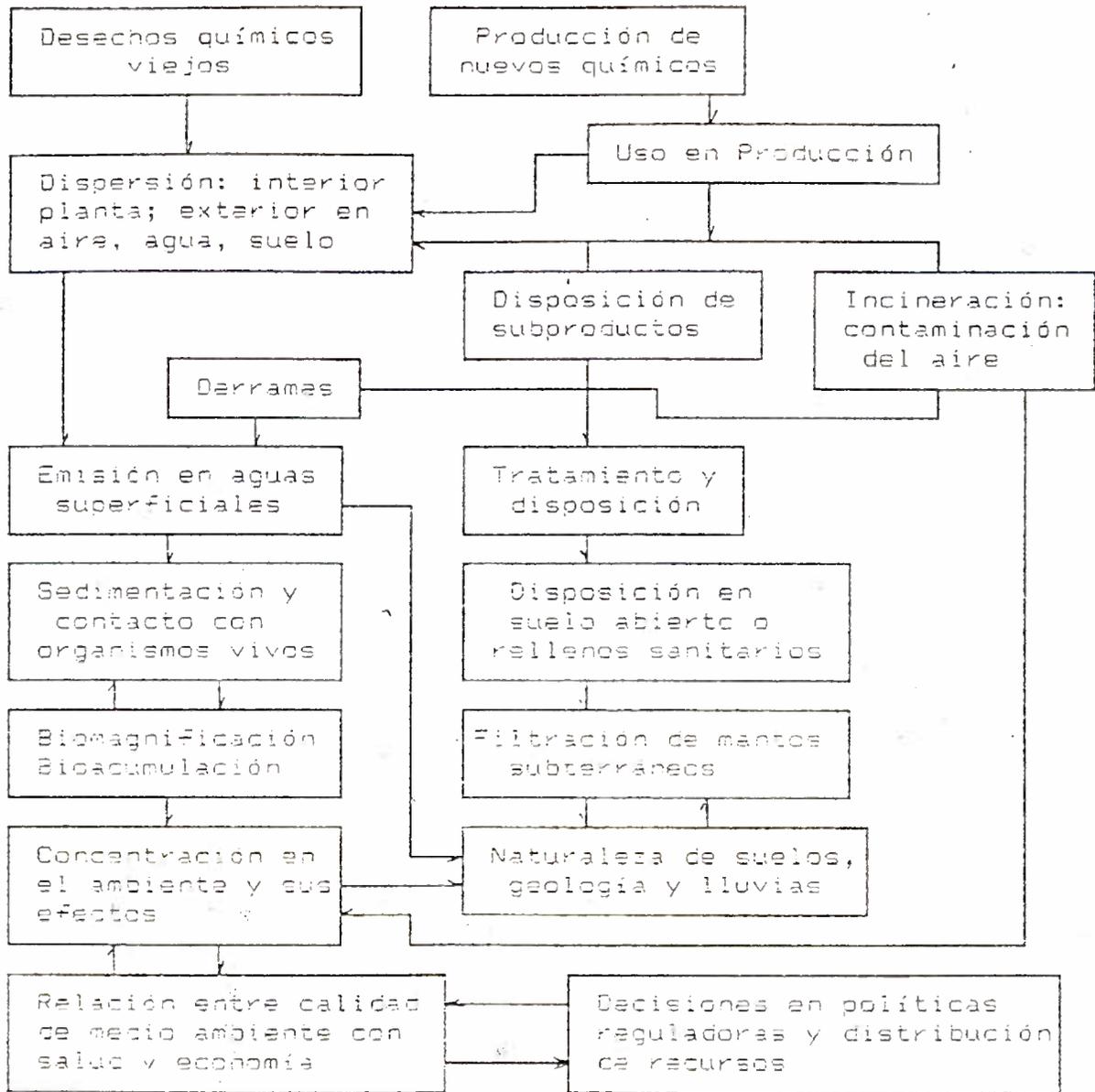


Diagrama modificado. Fuente: Gordon, S.I., "Figure 6-1. Complexities of a hazardous waste modeling" en *Computer Models in Environmental Planning*, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, 1985, p. 154. (la traducción es mía).

CONCLUSIONES

A partir de lo desarrollado en el presente trabajo, sobre la industria electrónica en Tijuana, B. C., que produce placas de circuitos impresos o placas de circuitos integrados, como parte total o parcial de su proceso productivo, podemos concluir lo siguiente:

1. Que opera con economías externas, lo cual genera deseconomías que disminuyen la cantidad de la derrama del valor agregado producido por su operación. En el caso específico de las seis plantas tomadas como caso de estudio, sus economías externas alcanzan un monto anual de 1'206,326.22 dólares, lo que representa 976 dls por empleo generado.

2. De la descripción de las características generales de las plantas, de sus procesos de manufactura y las características de las sustancias utilizadas y las cantidades emitidas al medio ambiente, se infiere que, tanto los trabajadores, como el medio ambiente, están sufriendo daños, aunque no exista evidencia directa de los efectos del contacto. Como se mencionó en la sección 3.3., el contacto directo o indirecto de manera constante con estas sustancias en muy pequeñas cantidades da como resultado enfermedades bien definidas.

3. Las cantidades de solventes descargados directamente en el sistema de drenaje de la ciudad parecen ser muy pequeñas si se les ve desde la perspectiva de la cantidad generada por una sola planta (ver tabla 6), ya que el agua es utilizada solamente para la última etapa de enjuague en la mayoría de las máquinas automáticas de lavado de placas; por lo tanto, podría considerarse que solamente el solvente que impregna las placas en el instante del enjuague es la que se desecha sin tratamiento alguno. Esto, visto desde la perspectiva del total de plantas que operan bajo las mismas condiciones, nos hace ver el problema de manera diferente, ya que la suma de las pequeñas cantidades individuales sí representa un riesgo de contaminación

para la población. En general, cuando los volúmenes de desechos son pequeños, el incentivo económico para darles un manejo especial es bajo. Por otra parte, existe una correlación alta entre la cantidad de desechos generados y la opinión de los gerentes de las plantas, acerca de la naturaleza de los riesgos. En parte, esto se halla en función de la cantidad de atención que la empresa dedica a este renglón, tanto en personal, como en presupuesto. Como resultado, sólo aquellos desechos que representan un peligro inminente dentro de las instalaciones, tales como los solventes orgánicos, son considerados como riesgosos. Los desechos de resinas y aceites no son considerados como tales. Las medidas de seguridad para manejar, almacenar o tratar desechos son nulas cuando los volúmenes son bajos y cuando no representan un riesgo inmediato para la seguridad del personal o la calidad del producto.

4. Es importante remarcar la poca importancia que le dieron en la ponderación de los factores de localización mencionados en el apartado 3.1.1, a las regulaciones de su interacción con el medio ambiente y la salud. Como se ha demostrado, las economías externas que estas empresas generan por la falta de aplicación oportuna de las regulaciones ya existentes.

5. Dado los altos costos de confinamiento de los desechos, de aumentar las regulaciones en México y de aplicarse con la misma rigurosidad con que se aplican en Estados Unidos, las plantas se verán forzadas a buscar nuevos lugares para operar con regulaciones más laxas, o el mercado de servicios de reciclado aumentará en la región, mediante la creación de incineradores e instalaciones de confinamiento apropiadas para que la industria maquiladora de la región fronteriza pueda seguir operando, ya que, según la opinión de los recicladores entrevistados, la operación de estas instalaciones resulta 50% más barata que en Estados Unidos.

6. La competencia por diferenciación de productos, tiene como consecuencia la rápida

innovación de las tecnologías química y de productos, que no tardan en hacerse obsoletas tan pronto como alcanzan el mercado y su comercialización. Esta rápida obsolescencia y el desarrollo de nuevos productos dan como resultado la entrada en el comercio inter e intra-industrial de muchos nuevos componentes y sustancias, de los cuales es necesario que las agencias encargadas de la seguridad en el trabajo y la protección al medio ambiente, constantemente investiguen los estándares de seguridad adecuados. Esto da como consecuencia que, mientras las regulaciones sobre dichas sustancias son puestas en práctica, la población y los trabajadores estarán sujetos a los riesgos que el manejo de estas nuevas sustancias generen.

7. Para aquellas empresas que se benefician de las economías externas y se encuentran en condiciones financieras marginales, con capacidad de producción ociosa y una diferenciación de productos muy pequeña, cuando la combinación de estos factores ocurra, el efecto financiero de las regulaciones será muy severo. Bajo estas circunstancias, es muy probable que la empresa salga del mercado. Esta es una de las formas en que las industrias se ven afectadas por las regulaciones ambientales; otra es la disminución de la producción de empresas individuales. De cualquier forma, no podríamos decir que, cuando las empresas pierden, la sociedad gana; en todo caso, la sociedad en su conjunto siempre paga. Lo importante es definir cómo se distribuyen los costos de los efectos de las economías externas y las regulaciones en los estratos sociales. Lo que no se paga en aumento de precios, se paga en desempleo o en la disminución de la calidad de la vida o la salud. Lo anteriormente dicho se aplica a productos en los cuales la función de utilidad del consumidor respecto al producto no cambia, si éste es o no fabricado mediante procesos de manufactura que son contaminantes. Las empresas podrán resistir las tendencias del mercado y la regulaciones en el grado en que puedan mantener sus costos bajos. Dado que el abatimiento de la contaminación en los

procesos de manufactura ha proveído y provee, aparentemente, muy poco beneficio directo a los consumidores, y dado que las empresas buscan evitar todos los costos que no produzcan utilidades, los costos del control de los residuales serán evitados tanto como sea posible.

8. Otro punto relacionado con lo anterior es que las industrias que actualmente ya tienen algún tiempo operando tienden a adaptarse continuamente a las nuevas reglas del mercado y las normas mediante las cuales el Estado regula su operación. La mayoría de las regulaciones surgen debido a que existen procesos manufactureros que ya se encuentran operando con economías externas, por lo que las empresas, generalmente, deberán invertir para eliminarlos bajo condiciones adversas, ya que sus productos e instalaciones, generalmente, están diseñados de tal forma que cualquier tratamiento factible será añadido como algo extra a la línea de producción, contrario a un diseño de productos y procesos que, en sí mismos, prevengan la generación de contaminantes vectores en agua o aire. Los procesos de tratamiento de residuales al final del proceso son considerablemente más costosos, ya que todo el flujo de cuerpos de agua o aire debe ser tratado para remover solamente una pequeña cantidad de contaminantes, respecto al flujo total, que incluye materiales, tanto contaminantes, como no contaminantes.

9. El análisis de componentes principales puede ser utilizado como una herramienta para el diseño de políticas ambientales, cuando se desee conocer con mayor certeza, en una muestra grande de empresas, qué factores determinan en mayor medida el deterioro ambiental generado en una rama de la industria. La cantidad de datos y variables que requiere este método para realizar las ponderaciones podría parecer una desventaja; pero cualquier política ambiental que pretenda dar cuenta de los efectos que implican los procesos de transformación y manufactura de la industria, en el medio ambiente, deberá tomar en consideración la mayor cantidad de datos y variables posibles.

10. Las estimaciones de daño monetario son una herramienta muy útil en el desarrollo de políticas ambientales. Si bien éstas no pueden tomarse como la única herramienta o como la herramienta perfecta, en su ausencia, éstas son muy útiles para resumir y organizar información de forma tal que puedan facilitar la toma de decisiones más racionales, incluso, aunque sus estimaciones no sean del todo precisas, su uso en el estudio de los problemas ambientales se hace necesario pues existe una gran necesidad de desarrollar un mayor conocimiento cuantitativo de los efectos de los cambios en la calidad del medio ambiente, ya que las políticas ambientales actuales se basan, frecuentemente, en efectos conocidos solamente de manera cualitativa o con un alto grado de incertidumbre; prueba de ello son los objetivos planteados por el Plan Integral Ambiental Fronterizo, mencionados en la sección 2.3. Un conocimiento cuantitativo más amplio de los cambios en la calidad del medio ambiente y de la conducta de las empresas respecto al abatimiento de la contaminación nos conduciría a poner en práctica políticas ambientales más efectivas, ya que sería más fácil desarrollar funciones de daño material y, con base en éstas, funciones de daño monetario. Con base en estas herramientas, en el caso de empresas de las que se conoce con certidumbre su conducta respecto al medio ambiente, se les podría requerir de una compensación monetaria, que si bien no reflejaría todo el daño ambiental y de salud causado, sería suficiente para valorar la dimensión de un problema ambiental y, a la vez, propiciar una conducta en la que parte de la rentabilidad de su operación futura no se base en economías externas.

11. Es importante generar una alternativa ambiental de industrialización que incorpore las limitaciones provenientes de las condiciones naturales, culturales, tecnológicas, económicas y políticas de la población, lo que requiere de un proceso de planificación interdisciplinaria que implique la producción de alternativas conceptuales, metódicas y de organización científica que, hasta la fecha, no han sido utilizadas a nivel nacional.

BIBLIOGRAFIA

- ACKROFF, Rossell, *Rediseñando el futuro*, LIMUSA, México, 1978.
- ALVAREZ, Juan y Víctor M. CASTILLO (coords.), *Ecología y frontera. Ecology and the Borderlands*, Escuela de Economía-UABC, México, 1986.
- AMSTEAD, B.H., Phillip F. OSTWALD y Myron L. BEGEMAN, *Procesos de manufactura versión SI*, CECSA, México, 1981.
- BAKER, George, "Costos sociales e ingresos de la industria maquiladora", *Comercio Exterior* (México), vol. 39, núm. 10, octubre de 1989, pp. 893-906.
- , "Mi comida con Andrés: Non Traditional Approach to Fisical Equity and Academic Collaboration in Northern Mexico" en *Subcontratación y empresas trasnacionales. Apertura y reestructuración en la maquiladora*, comp. de Bernardo GONZALEZ-ARECHIGA y Juan Carlos RAMIREZ, El Colef-Fundación Friedrich Ebert, México, 1990, pp. 489-554.
- BAUMOL, William J., "On Taxation and the Control of Externalities", *American Economics Review*, junio de 1972.
- y W. OATES, *The Theory of Environmental Policy*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1975.
- BOYD R. y N.D. URI, "The Cost of Improving the Quality of the Environment", *Environment and Planning A* (Gran Bretaña), vol. 23, 1991, pp. 1163-1182.
- CANAVOS, George C., *Probabilidad y estadística: aplicaciones y métodos*, McGraw Hill, México, 1990.
- CARRILLO, Jorge (comp.), *Reestructuración industrial: maquiladoras en la frontera de México-Estados Unidos*, El Colef-Conaculta, México, 1986.
- CASSON, Mark, *Multinationals Corporations*, Harvard Press, 1990 (Elgar Reference Collection).
- COLINVAUX, Paul, *Introducción a la ecología*, Limusa, México, 1980.
- DASGUPTA, Partha y David W. PEARCE, *Cost-Benefit Analisis: Theory and Practice*, MacMillan, Londres, 1972.
- DASGUPTA, Partha y A. SEN, *Guidelines for Project Evaluation*, ONU, Nueva York, 1972.
- DOSI, Giovanni, "Technological Paradigms and Technological Trajectories", *Research Policy* (North Holland Publishing Co.), Tomo II, 1982, pp. 147-162.

EDEL, Matthew, *Economics and the Environment*, Prentice-Hall, Nueva Jersey, 1973 (Foundation of Economic Series).

FAIRES, Virgil M., *Thermodynamics*, The MacMillan Company, Nueva York, 1962.

FRANCO BARRENO, René, *Disposición de residuos industriales en la frontera: posibles impactos del Tratado de Libre Comercio*, trabajo presentado para el Plan Integral Ambiental Fronterizo México-Estados Unidos, Cd. Juárez, 19 de septiembre de 1991.

FREDERICK, Stephenie J., Jane L.C. MORRISON y Kenneth A. SMALL, "Converting Transit to Methanol: Costs and Benefits for California's South Coast Air Basin", *Transportation Research Record*, núm. 1155, pp. 12-17.

FREEMAN III, A. Myrick, *Air and Water Pollution Control: A Benefit-Cost Assessment*, Wiley & Sons, Nueva York, 1982.

-----, *The benefits of Air and Water Pollution Control: A Review and Sintesis of Recent Estimates, Report for the Council on Environmental Policy*, Washington, D.C., 1982.

GALLOPIN, Gilberto, "Ecología y ambiente" en *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina*, sel. de Osvaldo SUNKEL y Nicolo GLIGO, F.C.E., México, 198?, pp. 126-171.

GASSERT, Thomas H., *Health Hazards in Electronics: a Handbook*, Asia Monitor Resource Center, Hong Kong, 1985.

GEREFFI, Gary, "Paths of Industrialization: An Overview" en *Manufacturing Miracles. Paths of Industrialization in Latin America and East Asia*, editado por Gary GEREFFI y Donald I. WYMAN, Princeton University Press, Princeton.

GONZALEZ-ARECHIGA, Bernardo, Rocío BARAJAS ESCAMILLA, Noé Arón FUENTES FLORES y José Carlos RAMIREZ, *La industria maquiladora mexicana en los sectores electrónico y de autopartes*, Fundación Friedrich Ebert, México, 1989 (Documentos de Trabajo).

--- y Rocío BARAJAS ESCAMILLA, *Las maquiladoras: ajuste estructural y desarrollo regional*, Fundación Friedrich Ebert, México, 1988 (Documentos de Trabajo).

GUTMAN, Pablo, "Ambiente y planificación del desarrollo" y "Economía y ambiente" en *Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina*, sel. de Osvaldo SUNKEL y Nicolo GLIGO, FCE, México, (Lecturas de El Trimestre Económico, núm. 36), pp. 394-428, y pp. 173-202, respectivamente.

HAFKAMP, Wilhelmus A., *Economic-Environmental Modeling in a National-Regional System*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1984.

HEER, John E. y Joseph D. HAGERTY, *Environmental Assessments and Statements*, Van

Nostrand Reinhold Co., Nueva York, (Environmental Engineering Series).

HENDERSON, James M. y Richard E. QUANT, *Microeconomic Theory; a Mathematical Approach*, McGraw Hill, Nueva York, 1971.

HYMER, Stephen, *Empresas multinacionales*, Ed. Periferia, Bs. As., 1972.

IMCO, "1973 IMCO Conference on Marine Pollution from Ships" en *Hearing before the Committee on Commerce United States Senate, Ninety-Third Congress, First Session*, U.S. Government Printing Office, Washington, 14 de noviembre de 1973, (Serie núm. 93-52), pp. 78-101.

INEGI, *Avance de información económica. Industria maquiladora de exportación*, Aguascalientes, diciembre de 1991 (Colección Avances).

JAIN, R.K., L.V. URBAN y G.S. STACEY *Environmental Impact Analysis*, Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York (Environmental Engineering Series).

KAHN, S., "Economics Estimates of the Value of Life", *IEEE Technology and Society Magazine*, Vol. 5, junio de 1986, pp. 24-31.

KAZANAS, H.C., Glen E. BAKER y Thomas G. GREGOR, *Procesos básicos de manufactura*, trad. de Francisco G. NORIEGA, rev. técnica de Andrés RUIZ MIJARES, McGraw Hill, México, 1983.

KING, Leslie J., *Central Place Theory*, Sage Publications, 1988.

KLEIN, Alfred W. y GRABINSKY, *El análisis factorial; guía para estudios de economía industrial*, Banco de México, México, 1982.

KREBS, Charles J., *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*, Harla, México, 1985.

LAVE, L.B. y E.P. SESKIN, *Air Pollution and Human Health*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1977.

LECHOK, Cheryl A., "Development of No-Clean Wave Soldering" en *Circuits Assembly*, Miller Freeman Inc., San Francisco, abril de 1992.

LEFF, Enrique, *Ecología y capital*, UNAM, México, 1986.

Ley general de equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente, 2a. ed., Ed. Porrúa, México, 1989.

MÄLER, Karl Göran y Ronald E. WYZDA, *Economic Measurement of Environmental Damage. A Technical Handbook*, OECD, París, 1976.

MARTINEZ DEL CAMPO, Manuel, *Industrialización en México; hacia un análisis crítico*, El Colegio de México, México, 1985.

MELNICK, Sergio R., "7. Principales escuelas, tendencias y corrientes de pensamiento" en *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina, Tomo I*, selec. de Osvaldo SÚNKEL y Nicolo GLIGO, F.C.E., México, 1980 (Lecturas de El Trimestre Económico, núm. 36), pp. 236-287.

MONTES, José María y Enrique LEFF, "Perspectiva ambiental del desarrollo del conocimiento" en *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina, op. cit.*, pp. 22-44.

NAFINSA, *Reglamento de operaciones*, México.

OECD, *Environmental and Economics. Issue Papers, Environmental Directorate*, OECD, París, 1984.

OPSCHOOR, J.B. y Hans B. VOS, *Economics Instruments for Environmental Protection*, OECD, París, 1991.

ORTOLANO, Leonardo, *Environmental Planning and Decision Making*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1984.

OSHIMA , Keichi, *Technological Innovation and Industrial Research in Japan*, Elsevier Science Publishers B.V., Holanda, 1984.

PASQUINI, D. y L. LAIRD, *Hazard Assessment of the Electronic Component Manufacturing Industry. Final Report*, Environmental Chemistry Department-System and Measurements Division-Research Triangle Institute, Research Triangle Park, agosto de 1982.

PEARCE, David W., *Economía ambiental*, FCE, México, 1985.

----- y R. Kerry TURNER, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Nueva York, 1991.

PERRY, Diane, Roberto SANCHEZ, William H. GLAZE y Marisa MAZARI, "Binational Management of Hazardous Waste: The Maquiladora Industry at the US-Mexico Border", *Environmental Management* (Nueva York), vol 14, núm. 4, pp. 441-450.

PETERS, Gerald O., James LEVIN y Peter THOMAS, *Assessment of Industrial Hazardous Waste Practices-Electronic Components Manufacturing Industry*, EPA-Hazardous Waste Management Division, Washington, 1977.

PURDUM, P. Walton y Stanley H. ANDERSON, *Environmental Science: Managing the Environment*, Bell & Howell Co., Columbus, Ohio, 1980.

RASINKOV, O. (trad. de la comp.), *La sociedad, y el medio ambiente; concepción de los científicos soviéticos*, Moscú, 1981.

SACHS, Ignacy, *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*, El Colegio de México, México,

1982.

SANCHEZ R., Roberto, *El medio ambiente como fuente de conflicto en la relación binacional México-EUA*, El Colef, Tijuana, 1990.

-----, "El Tratado de Libre Comercio en América del norte y el medio ambiente de la frontera norte", *Frontera Norte* (El Colef, Tijuana), vol. 3, núm. 6, julio-diciembre de 1991, pp. 5-28.

-----, "Otra manera de ver la maquiladora: riesgos en el medio ambiente y la salud" en *Subcontratación y empresas transnacionales. Apertura y restructuración en la maquiladora*, comp. de Bernardo GONZALEZ-ARECHIGA y Juan Carlos RAMIREZ, El Colef-Fundación Friedrich Ebert, México, 1990, pp. 553-570.

SAX, N. Irving, *Industrial Pollution*, Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York, 1974 (Environmental Engineering Series).

-----, *Dangerous Properties of Industrial Materials*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1977.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, "Programa nacional de modernización industrial y del comercio exterior, 1990-1994", *Comercio Exterior*, febrero de 1990, pp. 164-177.

SECOFI, "Plan nacional de modernización industrial y del comercio exterior", *Comercio Exterior*, febrero de 1990.

SEDUE, *Aspects of the Environmental Situation in Mexico and Related Policies*, México, abril de 1991.

SEDUE-EPA, *Integrated Environmental Plan for the Mexican-US Border Area, First Stage (1992-1994)*, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología-Environmental Protection Agency, 1992.

SCHOEMBERGER, Erika, "From Fordism to Flexible Accumulation: Technology, Competitive Strategies, and International Location" en *Environmental and Planning D: Science and Space*, Editorial Guest, Gran Bretaña, vol. 6, pp. 245-262.

STELLMAN, Jeanne M. y Susan M. DAUM, *El trabajo es peligroso para la salud. Manual de riesgos en el lugar de trabajo y qué hacer al respecto*, Siglo XXI, México, 1986.

SUÁREZ VILLA, Luis, "El ciclo del proceso de manufactura y la industrialización de las zonas fronterizas de México y Estados Unidos", *Comercio Exterior* (México), vol. 33, núm. 10, octubre de 1983, pp. 950-960.

SUNKEL, Osvaldo, "Introducción. La interacción entre los estilos de desarrollo y el medio ambiente en la América Latina" en *Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, Tomo I*, selección de Osvaldo SUNKEL Y Nicolo GLIGO, F.C.E., México, 1980 (Lecturas de

El Trimestre Económico, núm. 36), pp. 9-64.

TALLARIDA, Ronald J. y Leonard S. JACOB, *The Dose-Response Relation in Pharmacology*, Springer-Verlag, Nueva York, 1979.

VARIAN, Hal R., *Microeconomic Analysis*, W.W. Norton & Company, Inc., Nueva York, 1978.

VERSHUEREN, Karen, *Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals*, Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York (Environmental Engineering Series).

VILLARREAL, René, *México 2010*, Ed. Diana, México, 1988.

VISCUSI, W.K., *Employment Hazards: An Investigation of Market Performance*, Harvard University Press, Cambridge, 1979.

-----, *Risk by Choice*, Harvard University Press, Cambridge, 1983.

ANEXOS

CUESTIONARIO UNO

Nombre de la empresa visitada: _____

Nombre de la persona entrevistada: _____

Cargo que desempeña: _____

Dirección de la planta: _____

Teléfono: _____

¿Es esta planta casa matriz? _____ ¿Filial? _____

En caso de ser filial, indique nombre y dirección de la matriz:

Nombre: _____

Dirección: _____

Tipo: Maquiladora _____ Transformación _____

Giro o Sector _____

Su producción se orienta principalmente al mercado:

Local _____ Estatal _____ Nacional _____ Extranjero _____

Menciona los principales productos que elabora

Número de empleados directos. _____

Número de empleados en:

Preformado. _____

Inserción; Manual _____

Automática _____

Inspección _____

Soldadura; Manual _____

Automática _____

Inspección _____

Lavado _____

Cantidad de placas producidas en promedio por día o la capacidad de producción mínima y máxima. Mínima _____ Máxima _____

Cantidad de componentes de una placa o cantidad de componentes insertados y soldados promedio por día o por placa.

Por día _____ Por placa _____

Cantidad de soldadura empleada en promedio diario en las placas (para obtener la cantidad de soldadura/placa o soldadura/componente). _____

¿Utilizan algún fijador de componentes antes de la soldadura?

Sí _____ Qué tipo _____

Cantidad promedio de flux utilizado en el proceso de soldadura

Tipo de flux _____ Cantidad _____

¿Se hace soldadura manualmente? _____ Con máquina de ola _____

¿Tiene campana de extracción la soldadura de ola? _____

¿Tienen extracción individual por operadora? _____

Gasto de agua necesario en el proceso de lavado de las placas

(lts./min). _____

Solvente utilizado en el proceso de lavado. _____

Cantidad promedio de solvente utilizado en el proceso de lavado. _____

Otros solventes utilizados en el proceso: Sí _____ No _____

Cuáles son: 1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

Cantidades utilizadas en promedio. 1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

¿Utilizan algún tratamiento del agua residual? Sí _____ No _____

Cuál?: _____

¿Es adecuado el tratamiento que se tiene? Sí _____ No _____

¿Cómo podría mejorarse este tratamiento? _____

CUESTIONARIO DOS

Número de la empresa visitada: _____

Nombre de la persona entrevistada: _____

Cargo que desempeña: _____

Dirección de la planta: _____

Teléfono: _____

¿Es esta planta la casa matriz? _____ ¿Filial? _____

En caso de ser filial indique nombre y dirección de la matriz:

Nombre: _____

Dirección: _____

Tipo: Maquiladora _____ Transformación _____

Giro o Sector _____

¿Su producción se orienta principalmente hacia el mercado?

Local _____ Estatal _____ Nacional _____ Extranjero _____

Mencione los principales productos que elabora

Número de empleados directos. _____

Número de empleados en:

Doblado de tubos _____

Formado de las parrillas _____

Línea de pintura o recubrimiento de parrillas y lavado _____

Cantidad de condensadores producidos en promedio por día o la capacidad de producción mínima y máxima.

Mínima _____ Máxima _____

Cantidad de pintura de PVC empleada en promedio diariamente (semanal o mensual) en el recubrimiento de los condensadores _____

Cantidad promedio de desengrasador utilizado en el proceso de limpieza de los condensadores antes de pintarlos _____

¿Podría mencionar usted qué tipo de solvente utiliza como desengrasador? _____

¿En qué proporción se mezcla con el agua? _____

¿Tienen extracción de vapores en la línea de pintura y secado?

Sí _____ No _____ ¿De qué tipo? _____

¿Cuentan en esta extracción con algún tipo de lavado de aire?

Sí _____ No _____ ¿De qué tipo? _____

¿Cuál es el costo aproximado de este equipo? _____

Gasto de agua necesario en el proceso de lavado de los condensadores (lts./min y horas de operación a la semana)

En el proceso de lavado de los condensadores, ¿se tiene un proceso cerrado del agua utilizada?, es decir, ¿cuentan con reciclaje del agua o ésta es desechada al drenaje?

Reciclada _____ Desechada _____

¿Qué gasto es el que se desecha (Lts./min)? _____

¿Con qué frecuencia (días o semanas)? _____

Otros solventes utilizados en el proceso: Sí _____ No _____

Cuáles son: 1 _____
2 _____
3 _____
4 _____

Cantidades utilizadas en promedio por producto por semana/mes

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____

¿Existe algún costo extra en el producto debido a consideraciones ambientales?

Sí _____ No _____

¿Podría mencionar el porcentaje de este costo respecto al costo total de manufactura? _____

¿De qué aspecto se deriva este costo adicional? _____

¿Podría usted citar el porcentaje de aumento en los costos de producción debido a este costo adicional? _____

¿Ha habido cambios en el proceso productivo en los últimos 5 años?

Sí _____ No _____

¿Podría usted comentar de manera general a qué se debieron?

¿Tienen algún costo por consideraciones de seguridad industrial y salud a los trabajadores?

Costo por unidad de producto 1 _____

2 _____
3 _____
4 _____

De este costo, ¿cuál es la distribución del mismo a los diferentes departamentos?

Administración _____

Producción _____

Mantenimiento _____

Indirectos _____

GUIA PARA ENTREVISTAS

1] GENERALES

*Nombre de la empresa

*¿Es ésta la planta matriz? De no ser así, preguntar sobre el origen del capital. Nombre y localización de la planta matriz.

*Nombre de la persona entrevistada

*Cargo desempeñado

*Productos maquilados

1 Circuitos Impresos

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Producto No. | No. Empleados | Prod. Pm.a/m | Mercado

1 | | | |

2 | | | |

3 | | | |

4 | | | |

5 | | | |

*¿Existe alguna otra planta, dentro de la corporación, que elabore los mismos productos?
Sí _____ No _____

*En caso afirmativo. ¿En qué otro lugar son manufacturados, y cuáles son las diferencias en los costos respecto a México (%).

¿Cuáles son los principales factores que causan las diferencias?

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

2] FACTORES DE LOCALIZACION

*Costo de infraestructura (naves industriales, caminos, energía, educación, seguro social, uso de redes de agua y drenaje), etc. [C INFR]

*Costo de mano de obra (ingenieros, administrativos, empleados directos). [C TRAB]

*Restricciones ambientales. [R AMB]

*Proximidad a los Estados Unidos (respecto al mercado y el control del proceso productivo). [P USA]

*¿Existe algún otro factor de localización que no haya considerado? [OTROS]

*Según su opinión, ¿cuál sería el rango de prioridad de los factores antes mencionados? [R PRIOR]

*¿Cuál sería el peso porcentual de cada uno de los factores, considerando al 100% la suma de todos ellos? PESO %

FACTOR	R PRIOR	PESO %
C INFR		
C TRAB		
R AMB		
P USA		
OTRO		

3] FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN A LA PRODUCCION

*¿Existen obstáculos legales, administrativos (permisos en las diferentes secretarías), sociales, ambientales, que dificulten la operación de la planta? En caso de haberlos, ¿podría describirlos?

*¿Tiene algún tipo de conflicto en sus trámites ante SEDUE?

*¿Cuenta con algún contrato con alguna compañía externa en el manejo de sus residuos?

*¿Cuenta con algún asesor técnico ambiental? ¿Por qué?

*¿Cuenta con algún asesor legal ambiental? ¿Por qué?

*¿Tiene algún tipo de obstáculo con la STPS o IMSS debido a la seguridad de la salud de los trabajadores?

*¿La relación con los trabajadores se realiza mediante sindicatos? ¿cuál?

*¿Qué tanto afecta la puntualidad de los proveedores de insumos en la eficiencia de operación de la planta?

*¿En qué medida estos obstáculos (los que ocurran) reducen la eficiencia productiva de la planta?

*¿Existen otros factores que reduzcan la eficiencia productiva de la planta?

*¿Podría mencionar los factores más importantes de manera ordinal?

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____

¿Cómo son incorporados los gastos ocasionados por estos factores en los costos totales de producción?

INFORMACION SOBRE EL PROCESO DE MANUFACTURA

Cantidad de placas producidas en promedio por día o la capacidad de producción mínima y máxima. Mínima _____ Máxima _____

¿Realiza algún tipo de lavado de la placa ya terminada? SI NO

Gasto de agua necesario en el proceso de lavado de las placas (lts./min). _____

Solvente utilizado en el proceso de lavado ¿Fórmula? _____

Cantidad promedio de solvente utilizado en el proceso de lavado. Por mes o día _____

Otros solventes utilizados en el proceso: Sí _____ No _____

¿Cuáles son? 1 _____
2 _____
3 _____
4 _____

Cantidades utilizadas en promedio por unidad de producto o por semana/mes
1 _____
2 _____
3 _____
4 _____

¿Existe algún costo extra en el producto debido a consideraciones ambientales? Sí ___ No ___
¿De qué aspecto se deriva este costo adicional? _____

¿Podría usted citar el % de aumento en los costos de producción debido a este costo adicional?

¿Ha habido cambios en el proceso productivo en los últimos 5 años? Sí _____
No _____

¿Podría usted comentar de manera general a qué se debieron?

¿Tienen algún costo por consideraciones de seguridad industrial y salud a los trabajadores? _____

Costo por unidad de producto 1 _____
2 _____
3 _____
4 _____

De este costo, ¿cuál es la distribución del mismo a los diferentes departamentos?

Administración _____
Producción _____
Mantenimiento _____
Indirectos _____

CLAVE DE LECTURA DE LAS TABLAS

ORIGEN CAPITAL	MEX.=0 USA=1 JAPON=2
MATRIZ O FILIAL	MATRIZ=0 FILIAL=1
MERCADO	MEX.=0 USA=1 JAPON=2
OTRA PLANTA MISMO	SI=1 NO=0
PRODUCTO	PCIM=0 PCINT=1
INVERSION TOTAL	VALOR DE LA INVERS.
PROD. PROMEDIO	PCIM=PIES CUADRADOS PCIN= NUM. DE COMP.
NUM. EMPLEADOS	TOTAL PROM. ANUAL
REST. AMBIENTALES %	PORCENTAJE FACTORES DE LOCALIZACION
COSTO TRABAJO %	PORCENTAJE FACTORES DE LOCALIZACION
C. INFRAESTRUCTURA %	PORCENTAJE FACTORES DE LOCALIZACION
PROX. A EE.UU. %	PORCENTAJE FACTORES DE LOCALIZACION
ADMON. %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
PRODUCCION %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
MANTENIMIENTO %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
INDIRECTOS %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
TRABAJO DIRECTO %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
SEGURIDAD INDUSTRIAL %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
CONTROL AMBIENTAL %	PORCENTAJE COSTOS DE OPERACION
TRAT AGUA RESIDUAL	SI=1 NO=0
TRAT. EMISIONES AIRE	SI=1 NO=0
MANEJO RES. EXTERNO	SI=1 NO=0
ASESORIA TEC. AMB.	SI=1 NO=0
ASESORIA LEG. AMB.	SI=1 NO=0
OBSTACULOS LEG.	SI=1 NO=0
CONFLICT. SEDESO	SI=1 NO=0
LICENCIA OPER. DE SEDESO	SI=1 NO=0
PROBLEMAS IMSS	SI=1 NO=0
PROBLEMAS STPS	SI=1 NO=0
SINDICATO	SI=1 NO=0
EXTRACC. INDV. (VAP-HUM-POL)	OPTIMA=0 BUENA=1 DEFICIENTE=2 PRECARIA=3 NULA=4
EXTRACC. GRAL. (VAP-HUM-POLV)	OPTIMA=0 BUENA=1 DEFICIENTE=2 PRECARIA=3 NULA=4
EXTRACC. MAQ. (VAP-HUM-POV)	OPTIMA=0 BUENA=1 DEFICIENTE=2 PRECARIA=3 NULA=4
COMISION SEG. E HIGIENE	SI=0 NO=1
EQUIP. PROTEC. INDIV.	OPTIMA=0 BUENA=1 DEFICIENTE=2 PRECARIA=3 NULA=4
SUST. TECNOLOGIAS	SI=1 NO=0

LAS CANTIDADES DE LAS SUSTANCIAS DETECTADAS ESTAN DADAS EN LTR KG

LOS NIVELES DE RIESGO ESTAN FIJADOS ORDINALMENTE DE ACUERO A SU PELIGROSIDAD. A UN NUMERO MAYOR SE LE ADJUDICA MAYOR DANO, DE ACUERO CON LA IMCO, CONFERENCE ON MARINE POLLUTION FROM SHIPS VER TABLA NUMERO 3

TABLA NUM. 2

RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA						
DATOS	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PLANTA 5	PLANTA 6
ORIGEN CAPITAL	0	1	1	2	1	1
MATRIZ O FILIAL	0	1	1	1	1	1
MERCADO	1	1	1	1	1	1
OTRA PLANTA MISMO	0	1	0	0	1	0
PRODUCTO	0	1	1	1	1	1
INVERSION TOTAL	2300000	45000000	0	0	0	0
PROD. PROMEDIO	800	2640000	506000	35840000	150000	300000
NUM. EMPLEADOS	72	246	95	528	120	175
REST. AMBIENTALES %	0	10	10	5	0	4
COSTO TRABAJO %	20	60	20	50	30	60
C. INFRAESTRUCTURA %	0	5	30	5	5	6
PRGX. A EE.UU. %	80	25	40	40	12	30
ADMON. %	8	0.02	7.6	0	12	10
PRODUCCION %	50	55	25	49	25	20
MANTENIMIENTO %	30	0.04	45	0	6	7
INDIRECTOS %	2	15	10	20	10	10
TRABAJO DIRECTO %	24	23	4.4	30	47	60.5
SEGURIDAD INDUSTRIAL %	0.2	0	8	1	1	2.5
CONTROL AMBIENTAL %	0.5	0	3	0	0	0
TRAT. AGUA RESIDUAL	1	0	2	0	0	0
TRAT. EMISIONES AIRE	0	0	0	0	0	0
MANEJO RES. EXTERNO	0	1	0	1	1	1
ABSORCION TEC. AMB.	1	1	1	1	0	0
ABSORCION LEG. AMB.	0	0	1	0	0	1
OBSTACULOS LEG.	0	0	0	0	0	0
CONFLICT. SEDESO	0	1	0	0	0	0
LICENCIA OPER. DE SEDESO	0	0	0	1	0	0
PROBLEMAS IMBB	0	0	0	0	0	0
PROBLEMAS STPS	0	1	0	0	0	0
SINDICATO	0	0	0	0	0	0
COMISION SEG. E HIGIENE	1	1	1	0	1	1
EGUIP. PROTEC. INDIV.	2	4	4	2	4	4
EXTRACC. BRAL. (VAP-HUM-POLV)	3	4	4	2	2	1
EXTRACC. MAG. (VAP-HUM-POLV)	4	1	2	0	2	2
EXTRACC. INDIV. (VAP-HUM-POLV)	4	4	4	0	4	4
SUST. TECNOLOGIAS	0	0	0	0	0	1
GASTO AGUA M3	1550	2	15.14	20	1.5	3
MERMA PROM. EN SOLVENTES %	8	7	10	4	10	8
ACETONA Lts.	0	200	0	0	10	0
ACIDO FLUOBORICO 100% Lts.	540	0	0	0	0	0
ACIDO NITRICO Lts.	205	0	0	0	0	0
ACIDO SULFURICO Lts.	203	0	0	0	0	0
ALCOHOL ISOPROPILICO Lts.	0	200	200	400	25	0
ANHIDRIDO SULFATO DE SODIO	0.434	0	0	0	0	0
DELESOLVE	1	0	0	0	0	0

CELLESOLVE ACETETE	1	0	0	0	0	0
CIANOCORINATO Lts.	0	0	50	0	0	0
CIANURO DE SODIO AL 10% Kg.	0.454	0	0	0	0	0
CLORURO DE POTASIO Kg.	0.454	0	0	0	0	0
COBRE	1	0	0	0	0	0
DIAZO-OXIDES	1	0	0	0	0	0
DISODIUM SALT Kg.	0.454	0	0	0	0	0
STANNOUS TIN FLUOSORATE 50%	114	0	0	0	0	0
FLUX ORGANICO Lts.	208	640	245	3750	100	200
FREON 408 Lts.	0	640	75	750	0	0
HIDROXIDO DE ALUMINIO Kg.	0.5	0	0	0	0	0
HIDROXIDO DE SODIO Kg.	400.5	0	0	0	0	0
METILESTILKETONA Lts.	0	200	35	300	0	0
NIQUEL	1	0	0	0	0	0
PLOMO LIQUIDO	1	0	0	0	0	0
POLIAMIDAS CF-113 Lts.	0	0	50	0	0	0
POLISOPRENO Lts.	1	0	0	0	0	0
PERMANGANATO DE POTASIO Kg.	0.554	0	0	0	0	0
PEROXIDO DE HIDROGENO 35% Lt	170	0	0	0	0	0
SOLDADURA Pb-Sn(60-40) Kg.	55	3080	55	21380	35	1221
SULFATO DE Cu LIQ. Lts.	208	0	0	0	0	0
TIOSULFATO DE SODIO Lts.	3.755	0	0	0	0	0
TRICLOROETANO 1,1,1, Lts.	0	640	200	4320	100	250
VINYIL TOLUENE Lts.	0	0	0	0	0	160
XILENE	1	0	0	0	0	0
YODURO DE POTASIO Kg.	0.454	0	0	0	0	0
YODURO DE POTASIO Lts.	3.755	0	0	0	0	0
ACEITE LONCO 40 Lts.	0	0	75	0	0	0
ACELERADOR ELECTROLITICO Lts.	114	0	0	0	0	0
ACELERADOR ELECTROL. 24A	170	0	0	0	0	0
ACELERADOR ELECTROL. 24B Lts	170	0	0	0	0	0
LIMPIADOR ACONDICIONADOR Lt	416	0	0	0	0	0
SALES P/CONDUCTIVIDAD Kg.	25	0	0	0	0	0
SEPARADOR SOLDADURA Lts.	416	0	0	0	0	0
REFLANISHER Lts.	170	0	0	0	0	0

=====

TABLA NUMERO 3

CLAVE DE LA GRADACION LOS PERFILES DE RIESGO PARA LAS SUSTANCIAS DETECTADAS

COLUMNA: BIOACUMULACION

Rangos

- 1 Bioacumulable y capaz de ser peligroso una vez acumulado.
- 0 No se sabe si es significativamente bioacumulable.
- Z Es retenido por una o dos semanas.
- T Capaz de producir infecciones.

COLUMNA: DAÑO EN LOS RECURSOS VIVOS

Rangos

- | | Tlm(ppm) |
|----------------------------|----------|
| 4 Altamente tóxico. | <1 |
| 3 Moderadamente tóxico. | 1-10 |
| 2 Ligeramente tóxico. | 10-100 |
| 1 Prácticamente no tóxico. | 100-1000 |
| 0 No peligroso. | >1000 |

BOD Problemas causados por su alta demanda de oxígeno.

COLUMNA: PELIGRO PARA LA VIDA HUMANA (DOSIS ORAL)

Rangos

- | | LD ₅₀ mg/kg |
|-------------------------------|------------------------|
| 4 Altamente peligroso. | <5 |
| 3 Moderadamente peligroso. | 5-50 |
| 2 Ligeramente peligroso. | 50-500 |
| 1 Prácticamente no peligroso. | 500-5000 |
| 0 No peligroso | >5000 |

COLUMNA: PELIGRO PARA LA SALUD HUMANA (INHALACION Y CONTACTO EN PIEL)

Rangos

- II Peligroso.
- I Ligeramente peligroso.
- 0 No peligroso.

COLUMNA: REDUCCION DE AMENIDADES

Rangos

- | | |
|---|--|
| 3 Altamente objetable debido a sus características de irritaciones; lagos, presa y playas con probabilidad de daño temporal de uso de los lugares arriba mencionados. | persistencia, olor, toxicidad, productor de alergias e cerrarse. |
| 2 Moderadamente objetable debido a las características arriba mencionadas. | mencionadas, pero sus efectos de corto plazo llevan al |
| 1 Ligeramente objetable, casi sin efectos. | |
| 0 No objetable. | |

Basada en: IMCO, "1973 IMCO Conference on Marine Pollution from Ships" en *Hearing Before the Committee on Commerce United States Senate Ninety-Third Congress*, U.S. Government Printing Office, Washington, 14 noviembre de 1973, (Serie núm. 93-52) p. 98.

TABLA NUMERO 4

RIESGOS PARA LA SALUD LABORAL, SALUD PUBLICA Y EL MEDIO AMBIENTE

SUSTANCIAS	TOXICIDAD	CANCER	REPRODUCCION	EXPLOSION	FUEGO	BIOACUMULACION		TOTAL
						VIVOS	RECURRENCIAS AMENIDADES	
ACETONA Lts.	2	0	3	3	3	0	1	10
ACIDO FLUOBORICO 100% Lts.	3	0	0	0	0	0	3	6
ACIDO NITRICO Lts.	3	0	3	2	2	0	2	7
ACIDO SULFURICO Lts.	2	0	0	3	3	0	2	10
ALCOHOL ISOPROPILICO Lts.	1.5	1	0	2	3	0	1	8.5
ANHIDRIDO SULFATO DE SODIO	3	0	0	0	0	0	2	5
CELLESOLVE	2	1	1	2	1	0	1	8
CELLESOLVE ACETETE	2	1	1	2	1	0	1	9
CIANOCLORIDATO Lts.	3	0	0	0	0	2	4	11
CIANURO DE SODIO AL 10% Kg.	3	0	0	0	0	0	4	7
CLORURO DE POTASIO Kg.	2.5	0	0	0	0	0	1	2.5
COBRE	3	0	0	2	0	2	2	9
DIAZO-OXIDOS	3	0	0	0	0	0	1	4
DISODIUM SALT Kg.	3	0	0	0	0	0	1	4
FLUORURO DE ESTANO 50%	2	0	3	0	0	1	2	5
FLUX ORGANICO Lts.	2	2	2	0	1	0	1	6
FREON 409 Lts.	2	0	2	0	2	0	1	5
HIDROXIDO DE ALUMINIO Kg.	3	0	0	0	0	0	3	6
HIDROXIDO DE SODIO Kg.	3	0	0	0	0	0	2	5
METILETILKETONA Lts.	1.5	0	3	2	3	0	0	9.5
NIQUEL	0	3	2	0	0	0	0	5
PLOMO LIQUIDO	3	2	3	1	1	3	3	16
POLIAMIDAS OF-113 Lts.	2	1	0	0	0	2	4	11
POLISOPRENE Lts.	2	1	0	0	1	0	1	5
PERMANGANATO DE POTASIO Kg.	2	2	0	1	0	0	3	10
PEROXIDO DE HIDROGENO 35% Lt	3	3	0	3	2	0	2	18
THIOSULFATO DE SODIO	2	3	3	0	3	0	1	8
SOLDADURA Pb-Sn(60-40) Kg.	3	2	3	1	1	3	3	17
SULFATO DE CA LIQ. Lts.	3	3	2	2	0	1	2	10
TRICLOROETANO 1,1,1, Lts.	2	1	1	0	0	0	2	7
VINYL TOLUENE Lts.	3	3	3	3	3	1	1	18
XILENE	2	0	3	2	3	2	1	14
YODURO DE POTASIO Kg.	2.5	3	0	0	0	0	2	4.5
YODURO DE POTASIO Lts.	2.5	3	0	0	0	0	2	4.5
ACEITE LONCO 40 Lts.	1	1	0	0	1	X	X	3
ACELERADOR ELECTROLISIS Lts.	1	0	0	0	0	X	X	1
ACELERADOR ELECTROL. 24A	1	0	0	0	0	X	X	1
ACELERADOR ELECTRL. 24B Lts.	1	0	0	0	0	X	X	1
LIMPIADOR ACONDICIONADOR Lt	1	0	0	0	0	X	X	1
SALES P/CONDUCTIVIDAD Kg.	3	3	0	0	0	X	X	3
SEPARADOR SOLDADURA Lts.	2	1	0	0	0	X	X	3
REPLANISHER Lts.	2	0	3	0	0	X	X	2

Fuentes:

IMCO, Conferencia on Marine Pollution From Ships, 1973, pp.31-99., Sax, N. I., Dangerous Properties of Industrial Materials, op. cit., Gassert, Thomas, op. cit. pp. 284-353. Encuesta

LAS SUSTANCIAS PRESENTADAS EN LA PARTE INFERIOR DE LA TABLA
NO PUDIERON SER CLASIFICADAS EN NINGUN GRUPO QUIMICO.

X = DATO NO DISPONIBLE

TABLA NUMERO 5

(F1) INDICE COMPUESTO (Nivel de riesgo X cantidad sustancia)

SUSTANCIA	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PLANTA 5	PLANTA 6
ACETONA Lts.	0	2600	0	0	100	0
ACIDO FLUORICO 100% Lts.	2040	0	0	0	0	0
ACIDO NITRICO Lts.	1456	0	0	0	0	0
ACIDO SULFURICO Lts.	3333	0	0	0	0	0
ALCOHOL ISOPROPILICO Lts.	0	1700	1700	3400	297.5	0
ANHIDRIDO SULFATO DE SODIO	2.27	0	0	0	0	0
CELLESOLVE	0	0	0	0	0	0
CELLESOLVE ACETETE	0	0	0	0	0	0
CIANOCLOMINATO Lts.	0	0	550	0	0	0
CIANURO DE SODIO AL 10% Kg.	3.178	0	0	0	0	0
CLORURO DE POTASIO Kg.	1.589	0	0	0	0	0
COBRE	9	0	0	0	0	0
DIAZO-OXIDES	4	0	0	0	0	0
BISODIUM SALT Kg.	1.816	0	0	0	0	0
STANNOUS TIN FLUORATE 50%	570	0	0	0	0	0
FLUX ORGANICO Lts.	1654	5120	1960	30000	800	1600
FREON 400 Lts.	0	3200	375	3750	0	0
HIDROXIDO DE ALUMINIO Kg.	3	0	0	0	0	0
HIDROXIDO DE SODIO Kg.	2002.5	0	0	0	0	0
METILETILKETONA Lts.	0	1900	302.5	2050	0	0
NIQUEL	5	0	0	0	0	0
PLOMO LIQUIDO	16	0	0	0	0	0
POLIAMIDAS CF-113 Lts.	0	0	550	0	0	0
POLISOPRENO Lts.	5	0	0	0	0	0
PERMANANATO DE POTASIO Kg.	5.54	0	0	0	0	0
PEROXIDO DE HIDROGENO 35% Lt	1700	0	0	0	0	0
SOLDADURA Pb-Sn(60-40) Kg.	165	9240	177	64740	105	3660
SULFATO DE Cu LIQ. Lts.	3506	0	0	0	0	0
TIOSULFATO DE SODIO Lts.	37.85	0	0	0	0	0
TRICLOROETANO 1,1,1, Lts.	0	4400	1400	33240	700	1750
VINYIL TOLUENE Lts.	0	0	0	0	0	1000
XILENE	14	0	0	0	0	0
YODURO DE POTASIO Kg.	2.043	0	0	0	0	0
YODURO DE POTASIO Lts.	17.0325	0	0	0	0	0
ACEITE LONGO 40 Lts.	0	0	220	0	0	0
ACELERADOR ELECTROLISIS Lts.	114	0	0	0	0	0
ACELERADOR ELECTROL. 24A	170	0	0	0	0	0
ACELERADOR ELECTRL. 24B Lts	170	0	0	0	0	0
LIMPIADOR ACONDICIONADOR Lt	416	0	0	0	0	0
SALES P/CONDUCTIVIDAD Kg.	69	0	0	0	0	0
SEPARADOR SOLDADURA Lts.	1248	0	0	0	0	0
REPLANISHER Lts.	340	0	0	0	0	0

F1-SUMATORIA DEL PRODUCTO
DEL NIVEL DE RIESGO DE LA
SUSTANCIA (i) POR LA

CANTIDAD (j), POR PLANTA 18833.81 28240 7272.5 104980 2032.5 6810

TABLA NUMERO 6

CANTIDAD DE SOLVENTES EMITIDOS AL MEDIO AMBIENT MENSUALMENTE

SUSTANCIAS	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PLANTA 5	PLANTA 6
ACETONA Lts.	0	14	0	0	10	0
ALCOHOL ISOPROPILICO Lts.	0	14	20	16	35	0
CELLESOLVE	1	0	0	0	0	0
CELLESOLVE ACETETE	1	0	0	0	0	0
FREON 400 Lts.	0	44	7.5	30	0	0
METILETILKETONA Lts.	0	14	3.5	12	0	0
TRICLOROETANO 1,1,1, Lts.	0	44	20	172.0	100	20
XILENE	1	0	0	0	0	0
FLUX ORGANICO Lts.						
LA MERMA EN EL FLUX ES DEL TREINTA %, YA QUE ESTE ES QUEMADO.	52.4	192	73.5	1125	30	50
LA CANTIDAD DE ESCORIA DE SOLDADURA Pb-Sn ES EL 2% DE LA CANTIDAD UTILIZADA EN EL PROCESO (KILOGRAMOS)	1.1	51.5	1.10	431.5	0.07	24.5

Fuente: Encuesta

TABLA NUMERO 7

=====

MATRIZ DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL RIESGO PARA LOS
TRABAJADORES GENERADOS POR LA OPERACION DE LA PLANTA

=====

PLANTA	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
I1	18833.81	0.2	4	2	1	0	3	72
I2	28240	0	1	4	1	4	4	245
I3	7272.5	8	2	4	1	4	4	95
I4	134960	1	0	2	0	0	2	528
I5	2032.5	1	2	4	1	4	2	120
I6	8813	2.5	2	4	1	4	1	175

- Y1 ES LA SUMATORIA DEL PRODUCTO DE LA CANTIDAD DE SUSTANCIA (i)
POR SU INDICE DE RIESGO ASOCIADO
- Y2 ES EL GASTO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL
- Y3 ES LA CALIDAD DE LA EXTRACCION DE (HUM-VAP-POLV) EN
MAGUINARIA Y EQUIPO
- Y4 ES LA CALIDAD DE LA PROTECCION INDIVIDUAL (EQUIPO SEG.)
- Y5 REPRESENTA SI TIENE COMISION DE SEGURIDAD E HIGIENE IND.
- Y6 REPRESENTA LA CALIDAD DE LA EXTRACCION DE (HUM-VAP-POLV) POR
OPERADOR
- Y7 REPRESENTA LA CALIDAD DE LA EXTRACCION GENERAL (VAP-HUM-POLV)
- Y8 ES EL NUMERO DE EMPLEADOS

=====

Fuente directa.

TABLA NUMERO 8

=====

MATRIZ DE COMPONENTES PRINCIPALES DEL RIESGO
 PARA EL MEDIO AMBIENTE GENERADO POR LAS PLANTAS

=====

PLANTA	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
I1	18833.81	8	0.3	1	1	0	1
I2	28240	7	0	0	4	0	1
I3	7272.5	10	3	1	2	0	1
I4	134980	1	0	0	4	0	0
I5	2032.5	10	0	0	4	1	1
I6	8813	8	0	0	4	1	1

- Y1 ES LA SUMATORIA DEL PRODUCTO DE LA CANTIDAD DE SUSTANCIA (i)
 DETECTADA POR SU INDICE DE RIESGO ASOCIADO
- Y2 PROMEDIO DE MERMA EN SOLVENTES
- Y3 GASTO EN CONTROL AMBIENTAL
- Y4 REPRESENTA SI TIENE O NO CONTRATO DE RECICLADO Y CONFINAMIENTO
 DE SUS RESIDUALES
- Y5 REPRESENTA SI CUENTA O NO CON TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- Y6 REPRESENTA SI CUENTA CON ASESORES TECNICOS AMBIENTALES
- Y7 REPRESENTA SI TIENE LICENCIA DE OPERACION DE SEDESO

=====

Fuente directa

TABLA NUMERO 9

CANTIDAD DE MATERIALES A REICLAR O DESECHAR MENSUALMENTE POR PLANTA

SUSTANCIAS	PLANTA 1	PLANTA 2	PLANTA 3	PLANTA 4	PLANTA 5	PLANTA 6
ACETONA Lts.	0	186	0	0	0	0
AGUA CON SOLVENTES Lts.	0	2000	15140	30000	1500	2000
ALCOHOL ISOPROPILICO Lts.	0	186	100	304	565	0
CELLESOLVE	1	0	0	0	0	0
CELLESOLVE ACETETE	1	0	0	0	0	0
CIANOCORINATO Lts.	0	0	2.5	0	0	0
FLUX ORGANICO Lts.	145.6	448	171.5	2625	70	140
FREON 400 Lts.	0	596	67.5	720	0	0
METILETILKETONA Lts.	0	186	31.5	200	0	0
POLIAMIDAS CF-113	0	0	2.5	0	0	0
POLIGOPRENO Lts.	1	0	0	0	0	0
TRICLOROETANO 1,1,1, Lts.	0	596	100	4147.2	90	200
VINIL TOLUENO Lts.	0	0	0	2	0	5
XILENE	1	0	0	0	0	0
LODOS Y ELECTROLITOS Lts.	645	0	0	0	0	0
LA CANTIDAD DE ESCORIA DE SOLDADURA Pb-Sn ES EL 2% DE LA CANTIDAD UTILIZADA EN EL PROCESO (KILOGRAMOS)	1.1	51.6	1.10	431.6	0.07	24.5

Fuente: Encuesta

TABLA NUMERO 10

COSTO DE TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUALES GENERADOS (dls/barril)			
DESECHOS DEL PROCESO	COSTOS EN EL NIVEL DE TECNOLOGIA I	COSTOS EN EL NIVEL DE TECNOLOGIA I	COSTOS EN EL NIVEL DE TECNOLOGIA III
SOLVENTES HALOGENADOS Reciclable (60%) Crédito (20 ctvs./lt.) No reciclable (40%)	100	350	350
SOLVENTES NO HALOGENADOS No reciclable	100	85	165
LODOS Y ELECTROLITOS	100	250	850
RESINAS	120	850	850
FUNDENTES	100	85	165
RESIDUOS ACUOSOS CON SOLVENTES HALOGENADOS		350	350
LIGUIDOS INORGANICOS; INCINERACION, PREVIA ESTABILIZACION DE MEZCLAS DE METALES PESADOS CON ACIDOS, BASES Y SALES		450	450

op. cit., pp. 129-141., Entrevistas con cuatro recicladores de la localidad. (Reciclados California, Quimical Waste Management, Mexico y recicladora Latinoamericana).

TABLA NUMERO 11.1

COSTOS DE TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS POR PLANTA ANUALMENTE (PLANTA 1)			
DESECHO PELIGROSO POTENCIALMENTE	COMPOSICION	FORMA FISICA Y CONFINARR POR AÑO	CANTIDAD A TRATAR
			Lts. o Kg.
Solventes no halogenados	Celesolve Celesolve acetato Xileno	Liquido	36
Lodos y Electrolitos	Particulas de metales pesados y óxidos, aniones y cationes precipitados, sales, solventesácidos, bases, etc.	Liquido	7743
Resinas	Polisopreno	Liquido	12
Fundentes		Liquido tendiendo a coloide	1747.2
TRATAMIENTO/CONFINAMIENTO			
COSTO/NIVEL TECNOLOGIA			
	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
	3033.89	8200.76	9499.66

Fuente: Tablas 9 y 18. En anexos.

TABLA NUMERO 11.2

=====

COSTOS DE TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS
 POR PLANTA ANUALMENTE (PLANTA 2)

=====

DESECHO PELIGROSO POTENCIALMETE	COMPOSICION	FORMA FISICA Y CONFINARR POR AÑO	CANTIDAD A TRATAR
			Kg. o Lts.
Solventes halogenados	Freon Tricloroetano 1,1,1-	Líquido	7592
Solventes no halogenados	Acetona Alcohol isopropilico Metiletilketona	Líquido	6696
Fundentes		Líquido Pendiendo a coloide	5376

TRATAMIENTO/CONFINAMIENTO
 COSTO/NIVEL TECNOLOGIA

	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
	9832	16399.2	21727
Considerando el tratamiento de residuos acuosos generados en el lavado de placas		58698.2	63727

=====

Fuente: Tablas 9 y 10. En anexos.

TABLA NUMERO 11.3

=====

COSTOS DE TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS
 POR PLANTA ANUALMENTE (PLANTA 3)

=====

DESECHO PELIGROSO POTENCIALMENTE	COMPOSICION	FORMA FISICA Y CONFINAM R POR AGO	CANTIDAD A TRATAR
			Kg. o Lts.
Solventes halogenados	Freon Tricloroetano 1,1,1-	Liquido	2970
Solventes no halogenados	Alcohol isopropilico Metiletilcetona	Liquido	2532
Fundentes		Liquido tendiendo a coloide	2853
Resinas	Cianoclorinato Poliamidas	Solido	60

TRATAMIENTO/CONFINAMIENTO
 COSTO/NIVEL TECNOLOGIA

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
3938	7404.25	9242.25

Considerando el tratamiento
 de residuos acuosos generados
 en el lavado de placas

325044.25	327190.25
-----------	-----------

=====

Fuente: Tablas 9 y 10. En anexos.

TABLA NUMERO 11.4

=====

COSTOS DE TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS
 POR PLANTA ANUALMENTE (PLANTA 4)

=====

DESECHO PELIGROSO POTENCIALMENTE	COMPOSICION	FORMA FISICA	CANTIDAD A TRATAR Y CONFINAR POR AÑO	
			Kg.	o Lts.
Solventes halogenados	Freon Tricloroetano 1,1,1-	Líquido	58486.4	
Solventes no halogenados	Alcohol isopropilico Metiletiketona	Líquido	9640	
Fundentes		Líquido tendiendo a coloidal	31500	

TRATAMIENTO/CONFINAMIENTO
 COSTO/NIVEL TECNOLOGIA

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
49273.2	107589.42	123644.72

Considerando el tratamiento
 de residuos acuosos generados
 en el lavado de placas

737589.42	753644.72
-----------	-----------

=====

Fuente: Tablas 9 y 13. En anexos.

TABLA NUMERO 11.5

=====

COSTOS DE TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS
 POR PLANTA ANUALMENTE (PLANTA 5)

=====

DESECHO PELIGROSO POTENCIALMENTE	COMPOSICION	FORMA FISICA	CANTIDAD A TRATAR Y CONFINAR POR AÑO	
			KG.	o Lts.
Solventes halogenados	Tricloroetano 1,1,1-	Líquido	1000	
Solventes no halogenados	Alcohol isopropílico	Líquido	6700	
Fundentes		Líquido tendiendo a coloide	840	

TRATAMIENTO/CONFINAMIENTO
 COSTO/NIVEL TECNOLOGIA

	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
	4350	4912.5	7960.5
Considerando el tratamiento de residuos acuosos generados en el lavado de placas		35412.5	32460.5

=====

Fuente: Tablas 9 y 10. En anexos.

----- FACTOR ANALYSIS -----

Factor Matrix:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
Y1	-.97963	.14948	.11637
Y2	.39326	.39387	.55383
Y3	.53269	-.79499	.00992
Y4	.73597	.64387	-.19610
Y5	.96942	-.16796	-.09515
Y6	.73597	.64387	-.19610
Y7	.29791	.02306	.82539
Y8	-.91958	.36648	-.02765

----- FACTOR ANALYSIS -----

Final Statistics:

Variable	Communality	* Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
Y1	.99556	* 1	4.41131	55.1	55.1
Y2	.61651	* 2	1.80166	22.5	77.7
Y3	.97164	* 3	1.88836	13.6	91.3
Y4	.99467	*			
Y5	.97704	*			
Y6	.99467	*			
Y7	.77055	*			
Y8	.98069	*			

----- FACTOR ANALYSIS -----

Varimax Rotation 1, Extraction 1, Analysis 1 - Kaiser Normalization.

Varimax converged in 5 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
Y1	-.85796	-.49867	-.10387
Y2	.01415	.35586	.70017
Y3	.95175	-.25654	-.00122
Y4	.17354	.97441	.12282
Y5	.86028	.47230	.11785
Y6	.17354	.97441	.12282
Y7	.15605	-.06225	.86158
Y8	-.93879	-.25655	-.18314

E.

Page 2 SPSS/PC+ 8/7/92his procedure was completed at 11:26:21

Page 3 SPSS/PC+ 8/7/92

GET /FILE 'FACTOR2.SYS'.

The SPSS/PC+ system file is read from
file FACTOR2.SYSThe file was created on 8/07/92 at 11:25:57
and is titled SPSS/PC+ System File Written by Data Entry II
The SPSS/PC+ system file contains6 cases, each consisting of
10 variables (including system variables).
10 variables will be used in this session.

Page 4 SPSS/PC+ 8/7/92

This procedure was completed at 11:26:36

Page 5 SPSS/PC+ 8/7/92

FACTOR /VARIABLES ALL.

This FACTOR analysis requires 7176 (7.0K) BYTES of memory.

Page 6 SPSS/PC+ 8/7/92

----- FACTOR ANALYSIS -----

Analysis Number 1 Listwise deletion of cases with missing values

Extraction 1 for Analysis 1, Principal-Components Analysis (PC)

Initial Statistics:

Variable	Communality	* Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
Y1	1.00000	* 1	3.67493	52.5	52.5
Y2	1.00000	* 2	2.43043	34.7	87.2
Y3	1.00000	* 3	.54894	7.8	95.1
Y4	1.00000	* 4	.32249	4.6	99.7
Y5	1.00000	* 5	.02321	.3	100.0
Y6	1.00000	* 6	.00000	.0	100.0
Y7	1.00000	* 7	.00000	.0	100.0

PC Extracted 2 factors.

Page 7 SPSS/PC+ 8/7/92

----- FACTOR ANALYSIS -----

Factor Matrix:

	FACTOR 1	FACTOR 2
(1)	-.85844	-.48788
(2)	.89266	.42881
(3)	.61754	-.47778
(4)	.74542	-.63684
(5)	-.69343	.68917
(6)	.88278	.89138
(7)	.85848	.46482

Page 8 SPSS/PC+ 8/7/92

----- FACTOR ANALYSIS -----

Final Statistics:

Variable	Communality	* Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
Y1	.97487	* 1	3.67493	52.5	52.5
Y2	.97392	* 2	2.43843	34.7	87.2
Y3	.60963	*			
Y4	.36122	*			
Y5	.85194	*			
Y6	.79442	*			
Y7	.93937	*			

Page 9 SPSS/PC+ 8/7/92

----- FACTOR ANALYSIS -----

Varimax Rotation 1, Extraction 1, Analysis 1 - Kaiser Normalization.

Varimax converged in 3 iterations.

Rotated Factor Matrix:

	FACTOR 1	FACTOR 2
Y1	-.97885	-.12938
Y2	.96569	.28337
Y3	.28392	-.75369
Y4	.28985	.95778
Y5	-.18511	-.98425
Y6	.54825	-.78898
Y7	.95863	.14282

Page 10 SPSS/PC+ 8/7/92

----- FACTOR ANALYSIS -----