

INFORMES

TÉCNICOS

Minimización
de la
peligrosidad
en plantas
y talleres
de cromado

Ramón Maubert Franco
Georgina Fernández Villagómez

COORDINACIÓN
DE
INVESTIGACIÓN

Área de Riesgos Químicos



SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Lic. Santiago Creel Miranda
Secretario de Gobernación

Lic. María del Carmen Segura Rangel
Coordinadora General de Protección Civil

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

M. en I. Roberto Quaas Weppen
Director General

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Coordinador de Investigación

M. en I. Enrique Guevara Ortiz
Coordinador de Instrumentación

M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez
Coordinador de Difusión

Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel
Coordinadora de Capacitación

Profra. Carmen Pimentel Amador
Secretaria Técnica

1ª edición, diciembre 2001
CI/RQ-10122001

©SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Abraham González Núm. 48,
Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc,
C.P. 06699, México, D.F.

©CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal Núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Deleg. Coyoacán, C.P.04360, México, D. F.
Teléfonos:
(55) 54 24 61 00
(55) 56 06 98 37
Fax: (55) 56 06 16 08
e-mail: editor@cenapred.unam.mx
www.cenapred.unam.mx

© Autores: Ramón Maubert Franco y Georgina Fernández Villagómez

Edición: Martha Alcántara
Portada: D.G. Demetrio Vázquez y Susana González
Responsable de la Publicación: M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez

ISBN: 970-628-602-0

Derechos reservados conforme a la ley
IMPRESO EN MÉXICO. *PRINTED IN MEXICO*

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

MINIMIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD EN PLANTAS
Y TALLERES DE CROMADO

Ramón Maubert Franco
Georgina Fernández Villagómez

Coordinación de Investigación
Área de Riesgos Químicos

Diciembre, 2001

MINIMIZACIÓN DE LA PELIGROSIDAD EN PLANTAS Y TALLERES DE CROMADO

RESUMEN

El objetivo principal de ésta investigación es el de contribuir a la disminución de la peligrosidad, en una parte de la industria de la Galvanoplastia, ya que en este giro industrial, están involucradas sustancias químicas que afectan a la salud de los seres humanos directamente, ocasionando enfermedades como dermatitis, corrosión del tabique nasal, asma, daño renal y cáncer del pulmón entre otros.

Con el fin de disminuir esta peligrosidad, se propone incrementar el nivel de seguridad de un proceso, empezando por realizar un diagnóstico de la situación inicial del mismo, en las áreas más importantes.

Asimismo, para realizar un estudio sistemático de identificación de los principales problemas sobre seguridad, dentro y fuera de la planta, se buscó una técnica de análisis de riesgos, seleccionándose como la más idónea, la "Lista de Verificación". Ésta técnica permitió detectar los peligros involucrados en este proceso específico.

Surgieron una serie de alternativas de solución, sin olvidar que toda actividad en este tipo de instalaciones lleva implícito un peligro que no se puede eliminar por completo, sólo se minimiza.

ABSTRACT

The main objective of this research is to contribute to diminish the hazard in one part of the electroplating industry, because in this industrial field, chemicals involved directly produce health effects on human beings, generating diseases like dermatitis (dry skin), nose damages, asthmas, kidney illness, lung cancer among others. In order to make a systematic study to identify the main problems related to the security inside and outside of the facility, the "Check-List" was chosen to provide the best risk analysis technique.

This technique allowed us to detect the hazards involved in the process, as a result of this, many possible solutions were obtained for this risks, but is necessary don't forget that in all kind of activities into this type of facilities, it is impossible to eliminate completely the hazard, it can be minimized only.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iii
CONTENIDO.....	v
LISTA DE TABLAS.....	viii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	2
1.2.1 Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO 2 EL PROCESO DE CROMADO.....	3
2.1 GENERALIDADES SOBRE EL CROMO.....	3
2.1.1 Historia.....	3
2.1.2 Propiedades químicas del cromo.....	3
2.1.3 Propiedades físicas del cromo.....	4
2.1.4 Producción y reservas de minerales del cromo.....	4
2.1.5 Usos y aplicaciones.....	5
2.2 PREPARACIÓN DEL MATERIAL QUE RECIBIRÁ RECUBRIMIENTO.....	5
2.2.1 Limpieza por solventes.....	6
2.2.2 Limpieza electrolítica.....	7
2.2.3 Limpieza ultrasónica.....	8
2.2.4 Limpieza mecánica.....	9
2.3 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO DEL ELECTRODEPOSITADO.....	10
2.3.1 Proceso de electrodepositado (Fundamentos de la electrodeposición).....	11
2.3.2 Cobrizado.....	11
2.3.2.1 Cobrizado a base de sulfato.....	11
2.3.2.2 Cobrizado a base de cianuro.....	12
2.3.2.3 Baños de cianuro adicionados de sal de Rochelle.....	13
2.3.3 Niquelado.....	14
2.3.3.1 Propiedades del níquel.....	14
2.3.3.2 Procesos de niquelado.....	14
2.3.3.3 Estimación del espesor de níquel.....	15
2.3.3.4 Soluciones de níquel brillante.....	16
2.3.4 Cromado.....	16
2.3.4.1 Depósito de cromo.....	16
2.3.4.2 Ánodo.....	18
2.3.4.3 Poder de penetración.....	18
2.3.4.4 Velocidad o tasa de cromado.....	18
2.3.4.5 Potencial de electrodo.....	19
2.3.4.6 Química del cromo VI.....	20
2.3.4.7 Química del cromo III.....	21
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE RIESGOS.....	23
3.1 INTRODUCCIÓN.....	23
3.2 LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD.....	24
3.2.1 Legislación en la Comunidad Económica Europea.....	24
3.2.2 Legislación en los Estados Unidos de Norteamérica.....	24
3.2.3 Marco jurídico y normatividad vigente en México.....	25
3.3 PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS QUE INTERVIENEN EN LA GALVANOPLASTIA.....	30
3.4 GENERALIDADES RELACIONADAS CON ANÁLISIS DE RIESGOS.....	31
3.5 TECNOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS.....	34
3.5.1 Investigación de accidentes.....	35

3.5.2	Listas de comprobación o verificación (Safety Checklists).....	35
3.5.3	Revisión de seguridad o auditorías de seguridad.....	37
3.5.4	Análisis ¿Qué pasa sí? (¿What-if?).....	38
3.5.5	Análisis de la forma de fallar y sus efectos (FMEA).....	39
3.5.6	Análisis de árbol de fallas (FTA).....	41
3.5.7	Análisis de árbol de sucesos o de consecuencias (Event tree Analysis = ETA).....	42
3.5.8	Índices de DOW / MOND.....	43
3.5.9	Análisis de riesgo preliminar (PHA).....	44
3.5.10	Análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP).....	44
3.5.11	Análisis del error humano.....	46
CAPÍTULO 4	APLICACIÓN DE UNA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGOS A PLANTAS Y TALLERES DE CROMADO (CASO DE ESTUDIO).....	47
4.1	INTRODUCCIÓN.....	47
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	48
4.2.1	Resumen sobre aquellas preguntas en las que se pide una explicación.....	49
4.2.2	Resumen de las preguntas sobre minimización de residuos en donde se piden respuestas comentadas.....	52
4.2.3	Observaciones extraídas de las empresas visitadas en relación a preguntas del bloque II “Minimización de residuos”.....	53
4.2.4	Selección de preguntas por temas similares sobre el bloque I.....	53
4.2.5	Selección de preguntas por temas similares sobre el bloque II “Minimización de residuos”.....	55
CAPÍTULO 5	CONCLUSIONES.....	59
CAPÍTULO 6	RECOMENDACIONES.....	63
ANEXO 1	APLICACIÓN DE UNA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGOS. BLOQUE “I” (LISTA DE VERIFICACIÓN) EN PROCESOS DE CROMADO.....	65
ANEXO 2	FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA.....	71
1	Ácido clorhídrico (HCl).....	72
2	Ácido nítrico (HNO ₃).....	73
3	Ácido sulfámico (NH ₂ SO ₃ H).....	74
4	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄).....	75
5	Cloro (Cl ₂).....	76
6	Cobre (Cu).....	77
7	Cromato de plomo V (PbCrO ₄).....	78
8	Cromo (Cromo).....	79
9	Formaldehído (HCHO).....	80
10	Hidrógeno (H ₂).....	81
11	Hidróxido de amonio (NaOH).....	82
12	Hidróxido de potasio (KOH).....	83
13	Níquel (Ni).....	84
14	Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂).....	85
15	Plomo (Pb).....	86
16	Sulfato de níquel (NiSO ₄).....	87
17	1,1,2,2-Tetracloroetano (CHCl ₂ CHCl ₂).....	88
18	Tetracloroetileno.....	89
19	Tricloroetileno (ClCH=CCl ₂).....	90
ANEXO 3	LÍMITES PARA CONCENTRACIONES DE CROMO EN EL AMBIENTE NATURAL, AMBIENTE OCUPACIONAL Y EN EL ORGANISMO.....	97

ANEXO 4 SUSTITUCIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.....	99
A4.1 TLV (Valor Umbral Límite).....	99
A4.2 VHR (relación de peligro por emanación de vapores).....	100
A4.3 Clasificación y Etiquetado.....	101
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

LISTA DE TABLAS

2.1	Clasificación de minerales de cromita.....	3
2.2	Propiedades físicas del cromo.....	4
2.3	Reservas estimadas de minerales de cromo.....	5
2.4	Usos de los compuestos de cromo.....	5
2.5	Propiedades físicas.....	6
2.6	Datos sobre depósito de níquel (basado sobre una eficiencia de cátodo del 96.5%).....	15
2.7	Soluciones de níquel electrodepositado y Propiedades típicas de los depósitos (comp. del electrolito en g/l).....	16
2.8	Potenciales de los electrodos estándar a 25° C.....	19
2.9	Comparación entre el cromo III y el cromo VI.....	21
3.1	Accidentes industriales notables ocurridos a partir de 1974.....	23
3.2	Incompatibilidad de sustancias comunes en el ramo de la galvanoplastia.....	27
3.3	Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.....	28
3.4	Límites que establece el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 a las descargas a sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.....	30
3.5	Sustancias químicas peligrosas utilizadas en la galvanoplastia.....	30
3.5	(Continuación) Sustancias químicas peligrosas utilizadas en la galvanoplastia.....	31
3.6	La operacionalización del concepto: Desviación y factor determinante.....	33
3.7	Aplicación de las palabras – guía idóneas a diversos parámetros en relación a líneas de tuberías, recipientes y tanques.....	46
4.1	Resultados porcentuales de preguntas (bloque 1) con 2 opciones de respuesta.....	49
4.2	Porcentaje de resultados de las preguntas sobre minimización de residuos (con más de 2 incisos de respuesta).....	51
4.3	TEMA I. Empresas que cuentan con documentación escrita.....	53
4.4	TEMA II Residuos en general.....	53
4.5	TEMA III Capacitación de personal.....	54
4.6	TEMA IV Riesgos.....	54
4.7	TEMA V Residuos tóxicos.....	54
4.8	TEMA VI Respuesta a emergencias.....	55
4.9	TEMA VII Tratamiento de efluentes.....	55
4.10	TEMA VIII Limpieza de materiales antes del recubrimiento.....	55
4.11	TEMA IX Disminución de la contaminación por minimización de residuos.....	56
4.12	TEMA X Tipo y número de enjuagues.....	56
4.13	TEMA XI Mantenimiento de los baños de proceso.....	57
A-3	Criterios de calidad de agua en relación al cromo.....	98
A-4	Presión de vapor, Valor Umbral Límite y Tasa de peligro por vapor de sustancias seleccionadas.....	100
A-4.4	Intervalos de LD ₅₀ para diferentes clases de peligro.....	101

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Existen giros industriales contaminantes a la salud y al ambiente como son: el de fundición, galvanoplastía y el textil entre otros.

El giro de la galvanoplastía es considerado dentro de los más contaminantes, después del giro de la fundición por manejar sustancias peligrosas como: el cromo, níquel, cianuros, ácidos fuertes, bases fuertes que ocasionan daño al hombre.

La principal fuente de peligro y foco de contaminación está en el ambiente ocupacional, razón por la que se han determinado límites máximos permisibles de concentración de estas sustancias en los centros de trabajo.

En México, este giro industrial presenta la característica de ser en su gran mayoría maquilador, además de tener la necesidad de importar algunos de sus insumos, por lo que esta sujeto a un estrecho margen de ganancias y a una cercana vigilancia por parte de las autoridades, lo que impide a muchos empresarios realizar inversiones para modernizar su planta y disminuir la peligrosidad de la misma.

Para desarrollar este trabajo se acudió, a las cámaras de industriales, estableciendo contacto con los empresarios, y conociendo físicamente sus instalaciones.

Posteriormente se aplicó la técnica de Análisis de Riesgos seleccionada, a un porcentaje significativo de este sector.

También se desarrolló una revisión sobre la legislación y normatividad vigentes tanto en Europa como en Estados Unidos de Norteamérica, así como en México relacionadas con:

Riesgos de accidentes en actividades industriales, límites máximos permisibles establecidos para desechos en el ramo de la galvanoplastía, listado de sustancias tóxicas, incompatibilidad de sustancias comunes a este giro de electrodeposición (en el anexo No 4 se presentan una serie de opciones técnicas para implementar una sustitución de sustancias perjudiciales al hombre y al medio por medio de sus datos relacionados con los límites máximos permisibles de dichas sustancias dañinas), equipos de seguridad y protección de los trabajadores contra los riesgos por exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.

Después de realizar este conjunto de actividades y de haber hecho una evaluación de la situación actual que priva en las empresas mexicanas de este giro, se hicieron una serie de sugerencias, con la mejor intención de que en verdad sirvan para disminuir la peligrosidad de una parte pequeña pero importante de la industria de la galvanoplastía.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

I.- Realizar una investigación bibliográfica, referente a la industria de galvanoplastía, desde sus inicios.

II.- Identificar los principales riesgos involucrados en los procesos de cobrizado, niquelado y cromado, mediante visitas a las instalaciones de talleres y plantas en el D.F. y zona conurbada.

III.- Aplicar la técnica de Análisis de Riesgos seleccionada a una muestra poblacional, de las industrias relacionadas con el cromado.

IV.- Proponer alternativas para minimizar de la peligrosidad en plantas y talleres de cromado, considerando el análisis de riesgo efectuado.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Investigar "El estado del arte" sobre el cromo, el níquel, el cobre y la electrodeposición.
- Investigar ventajas y desventajas entre los procesos de cromado a base de cromo III y cromo VI.
- Investigar la legislación y normatividad tanto en México como a nivel internacional, relacionada con la galvanoplastía.
- Investigar las Fichas Internacionales de Seguridad de las sustancias químicas involucradas en el giro de los recubrimientos electrolíticos.
- Identificar los problemas básicos, a los que se enfrenta la industria de la galvanoplastía en México.
- Establecer una serie de sugerencias que permitan a las empresas integrantes del ramo de la galvanoplastía, la reducción de su problemática, de su peligrosidad, así como el mejoramiento de su rendimiento.
- Seleccionar la técnica de análisis de riesgos más adecuada al giro industrial, considerando sus ventajas y limitaciones.
- Elaborar una "Lista de Chequeo o Verificación" para aplicarla a las industrias seleccionadas.

CAPÍTULO 2

EL PROCESO DE CROMADO

2.1 GENERALIDADES SOBRE EL CROMO

2.1.1 Historia

El cromo fue por primera vez identificado y aislado como un elemento metálico en 1789 por Vauquelin al trabajar con el mineral llamado crocoita (PbCrO_4), también conocido como plomo rojo siberiano (Kirk-Othmer, 1994). Poco después se desarrolló el proceso para manufacturar cromatos por calcinación de cromita ($\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$) con sosa cáustica y cal. El cromo fue electrolizado de una solución de cloruro de cromo por Bunsen en 1854. En 1893 Moissan produjo ferrocromo en un horno eléctrico al reaccionar el óxido de cromo (Cr_2O_3) con carbón. En 1898 Goldschmidt produjo cromo por reducción aluminotérmica de Cr_2O_3 .

El nombre de cromo proviene de la raíz griega CHROMA que significa color, y es debido a la amplia variedad de brillantes colores mostrados por los compuestos de este metal.

Solo existe un mineral comercial del cromo, llamado cromita, de composición ideal $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$, pero como la relación de cromo (Cr) a hierro (Fe) varía considerablemente, este mineral se representa como: $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O}\cdot(\text{Cr}, \text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$. La cromita contiene 68% de óxido crómico (Cr_2O_3) y 32% en peso de óxido ferroso (FeO).

Existen 3 tipos principales de cromita clasificados según la composición en peso de cromita y su uso principal como se observa en la tabla No. 2.1.

Tabla 2.1 Clasificación de minerales de cromita

CLASE	COMP. DE ÓXIDO DE CROMO (% PESO)	RELACION Cr : Fe	USO PRINCIPAL
Alta concentración de Cr	46 - 55	> 2:1	Metalúrgico
Alta concentración de Fe	40 - 46	1.5 - 2:1	Químico, Metalúrgico
Alta concentración de Al	33 - 38	2-2.5:1	Refractario

Fuente.- Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 6; 4a edición; Ed. John Wiley and Sons; pág. 229, 1994.

2.1.2 Propiedades químicas del cromo

El elemento no es afectado por el aire, el agua u otro tipo de agentes corrosivos ordinarios a temperatura ambiente, lo que explica el porqué de su uso como agente protector externo de diversos metales menos nobles.

Cuando se calienta por encima de los 200°C se forma el óxido crómico (Cr_2O_3). Se disuelve en ciertos ácidos minerales diluidos como el ácido clorhídrico (HCl) y el sulfúrico (H_2SO_4), pero no en ácido nítrico (HNO_3) ni concentrado, ni diluido, tampoco con H_2SO_4 concentrado porque provoca pasivación en el metal (Kirk-Othmer, 1994). De acuerdo con su configuración electrónica $3d^5 4s^1$, el cromo forma compuestos que se encuentran en un estado estable de $6+$.

Los compuestos de número de oxidación 2+ y 3+ son numerosos, los de 4+ y 5+ son inestables.

El Cr^{2+} en solución acuosa es un agente reductor extremadamente fuerte que fácilmente reacciona con el oxígeno atmosférico.

Los 3 óxidos del cromo: CrO , Cr_2O_3 , CrO_3 , son de interés al exhibir la transición en propiedades básicas a propiedades ácidas y de electrovalente a covalente, de tal manera que el óxido intermedio es, anfiprótico, disolviéndose tanto en un álcali fuerte como en un ácido.

El cromo a elevadas temperaturas reacciona con los halógenos, silicio (Si), boro (B), nitrógeno (N), oxígeno (O) y carbono (C). Como ácido crómico (H_2CrO_4) se desconoce su existencia en estado libre.

De acuerdo con Considine (1989), existen 4 isótopos estables ^{50}Cr , ^{52}Cr , ^{53}Cr y ^{54}Cr , además se conocen 4 isótopos radiactivos ^{48}Cr , ^{49}Cr , ^{51}Cr y ^{52}Cr con tiempos de vida media comparativamente cortos.

2.1.3 Propiedades físicas del cromo

Para realizar mediciones de durabilidad es necesario que las impurezas no rebasen los siguientes valores: oxígeno - 2000 ppm; nitrógeno - 100 ppm; carbono - 100 ppm; hidrógeno - 20 ppm; silicio - 1500 ppm y azufre - 150 ppm.

En la tabla 2.2 se dan algunas propiedades físicas seleccionadas para el cromo.

Tabla 2.2 Propiedades físicas del cromo

PROPIEDAD	VALOR			
Número atómico	24			
Número de masa	51.996			
Isótopos estables				
Masa	50	52	53	54
1% de Abundancia relativa	4.31	83.76	9.55	2.38
Estructura cristalina	cúbica centrada en el cuerpo (bcc)			
Densidad a 20°C (g/mL)	7.19			
Punto de Fusión (°C)	1875			
Punto de ebullición (°C)	2680			
Resistividad eléctrica a 20°C (micro-ohms-m)	0.129			
Potencial de Ionización (Volts)				
$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	-0.74			
$\text{Cr}^{4+} \rightarrow \text{Cr}^{6+} + 2\text{e}^-$	+0.95			
Tiempo de vida media del isótopo ^{51}Cr (días)	27.8			
Gramos depositados por Ampere por hora	0.323			

Fuente.- McAdams John P. et al.; Tables and Data Sheets, Special Metal Finishing Guidebook; pág. 791; 1994.

2.1.4 Producción y reservas de minerales de cromo

La cromita es el mineral más importante para la extracción del cromo ($\text{Cr}_2\text{O}_3 < 50\%$) En la tabla 2.3 se muestran las reservas estimadas de minerales de cromo para el año 1983.

**Tabla 2.3 Reservas estimadas de minerales de cromo
Reservas, 10⁶ Ton.**

PAÍS O REGIÓN	TOTAL	METALÚRGICO >45% ÓXIDO CRÓMICO	QUÍMICO >40% ÓXIDO CRÓMICO	REFRACTARIO >20% ÓXIDO DE ALUMINIO
Rep. de Sudáfrica	2000	100(5%)	1900 (95%)	-----
Zimbabwe	600	300(50%)	300(50%)	-----
Turquía	10	9(90%)	1(10%)	
Filipinas	7.5	1.5	(20%)	6(80%)
Estados Unidos	8	0.4(5%)	7.4(92.5%)	0.2(2.50)
Canadá	5	-----	5(100%)	-----
Finlandia	7.5	-----	7.5(100%)	-----
Otros	11.35	8.175(72%)	0.2(2%)	2.975(26%)
Ex URSS más exbloque socialista	51.5	26.5 (51%)	15 (29%)	10(20%)
Total Mundial	2701	-446(16%)	2235(133%)	20(1%)

Fuente.- Ullmans; Encyclopedia of Industrial Chemistry; Vol. A-7; pág. 65; Rep. Fed. Alem.; 1986.

2.1.5 Usos y aplicaciones

De acuerdo a su abundancia relativa en la corteza terrestre ocupa el lugar número 21 entre todos los elementos, aunque en términos de recubrimientos protectores especiales el cromo ocupa el cuarto lugar, solamente detrás del cobre, plomo y zinc en consumo.

Las propiedades más benéficas del cromo como metal de recubrimiento son: Protección inherente y características decorativas, su reflectividad se mantiene aún en servicio continuo porque es excelente su resistencia al deslustre, corrosión, desgaste y rayado.

El porcentaje de distribución de usos para compuestos con el cromo es el siguiente (Kirk-Othmer, 1994):

Tabla 2.4 Usos de los compuestos del cromo

ACABADO METÁLICO Y CONTROL DE CORROSIÓN	37%
Pigmentos y productos afines	26%
Curtido de pieles y textiles	20%
Preservación de la madera	5%
Otros usos	12%

Fuente.- Kirk-Othmer; Encyclopedia of Chemical Technology; 4ta. edición; Ed. John Wiley and Sons; Vol. 6; pag. 229; 1994.

2.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL QUE RECIBIRÁ RECUBRIMIENTO

Proceso de limpieza

Preparación del sustrato para el posterior electrodepositado.

De acuerdo con Mertens (1989), el ciclo de preparación de un sustrato, en nuestro caso de tipo metálico, tiene como objetivo el desarrollo de una superficie con un aceptable nivel de limpieza y activación. La limpieza de los metales o desengrase es una parte esencial de los procesos modernos de producción.

Según Bastenier y coautores (1973), el tipo de contaminantes o de suciedad a eliminar de la superficie metálica se divide en 2 categorías (Bastenier).

Suciedad orgánica

- Saponificable.- Como son los aceites vegetales y animales.
- Insaponificables.- Tales como los aceites y grasas minerales.
- Diversa o variada.- Los que se forman in situ, como por ejemplo: jabones metálicos, decapantes ácidos, etc.

Suciedad inorgánica

- La cascarilla y hollín.- Como el óxido y los residuos metálicos.
- Productos para el pulido o residuos abrasivos del lijado.
- Diversa.- como el polvo atmosférico.

Existen varios tipos de limpieza de acuerdo al proceso que se utilice, dentro de las que más se usan están:

2.2.1 Limpieza por solventes

Para promover la limpieza y desengrase son utilizados solventes orgánicos donde sobresalen por su uso más extendido y sus propiedades físicas los siguientes:

Tabla 2.5 Propiedades físicas

	CLORO METILENO	TRICLORO ETANO	TRICLORO ETILENO	PERCLORO ETILENO
Estructura atómica	CH ₂ Cl ₂	CH ₃ CCl ₃	CH ₃ ClCCl ₂	C ₂ Cl ₄
Peso molecular	84.94	133.42	131.4	165.85
Punto de ebullición (°C)	39.8	74.1	86.9	121
Gravedad específica (25 °C)	1.316	1.322	1.456	1.613
Máx. contenido de H ₂ O (ppm)	100	100	63	75

Fuente.- Johnson J.C.; Chemical Surface Preparation. Special Metal Finishing Guidebook; pág. 112; 1995.

De acuerdo a sus propiedades, Mertens (1989); las principales aplicaciones en donde se utilizan más estos solventes clorados son:

- Cloruro de metileno.- Tiene el mayor poder de disolución de todos los compuestos clorados y por tener el menor punto de ebullición solo se utiliza a temperatura ambiente para partes muy sensitivas.
- Tricloroetileno.- Era el solvente de limpieza de metales preferido hasta hace poco, debido a que la legislación ambiental lo consideró como contaminante ambiental, lo que ocasionó que muchos usuarios lo reemplazaran de acuerdo a las regulaciones, aunque todavía es ampliamente utilizado en aplicaciones especiales.
- Percloroetileno.- Tiene el mayor punto de ebullición de los solventes clorados, por lo que se recomienda para disolver contaminantes, también de alto punto de ebullición como las ceras, además por su menor grado de disolución en agua es utilizado también para limpiar partes húmedas.

- d) 1, 1, 1 Tricloroetano.- Tiene una acción limpiadora ligeramente menor que el tricloroetileno, por su menor punto de ebullición que el percloroetileno y el tricloroetileno, lo hace útil y apropiado para limpiar componentes que podrían ser dañados a altas temperaturas, además de que es un solvente que puede ser utilizado conforme a las regulaciones ambientales.

Las desventajas del 1,1,1 tricloroetano son en primer lugar que no se puede utilizar si existe un exceso de agua contaminada, y en segunda, los vapores no pueden ser recuperados por adsorción en carbón activado, ya que este proceso disminuye la estabilidad por debajo de niveles aceptables, pero en cambio, como ya se mencionó, por tener baja tasa de reactividad, se considera su impacto ambiental despreciable en la formación de ozono.

Como menciona Bird (1995), una alternativa para substituir a los solventes orgánicos es la de los agentes limpiadores alcalinos en solución acuosa ya que tienen como principales propiedades las siguientes:

- a) No tóxicos
- b) No volátiles
- c) No combustibles
- d) Biodegradables

Por lo general los limpiadores alcalinos están formados por una base (hidróxido de sodio o potasio) y agentes surfactantes que proporcionan propiedades humectantes y emulsificantes que bajan la tensión superficial y previenen la redeposición de la suciedad.

En ocasiones para no atacar a metales como el aluminio, cobre y latón, se utilizan soluciones alcalinas diluidas, en donde los silicatos son materia prima que al hidrolizarse forma ácido silícico (H_2SiO_4), el cual en estado coloidal dispersa excelentemente los sólidos, además quedan álcalis libres que forman una reserva alcalina, y esta actúa como un búffer para la solución.

2.2.2 Limpieza electrolítica

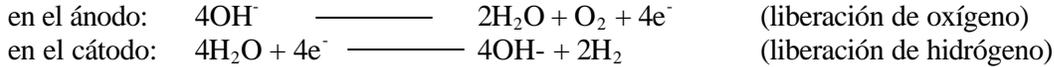
La limpieza utilizando la corriente eléctrica se caracteriza esencialmente por el uso de corriente directa y un electrólito formulado especialmente.

Un ciclo de limpieza para preparar piezas antes de recubrirlas electrolíticamente sería:

- a) Remojo en H_2SO_4 concentrado y agua (si la materia prima contiene herrumbre, está oxidada o con cascarilla de soldadura).
- b) Enjuague
- c) Limpieza por solventes.- Los artículos reciben un desengrase de vapor en el cual un solvente se lleva hasta su punto de ebullición en un sistema cerrado y sus vapores se condensan sobre la superficie metálica.
- d) Limpieza en emulsión.- Las partes metálicas son sumergidas en una mezcla caliente de keroseno, un agente humectante y una solución alcalina.
- e) Enjuague en agua a temperatura ambiente.
- f) Limpieza electrolítica.- Los artículos son sumergidos y conectados al ánodo con 6 volts y de 10 - 15 A/dm² de 1 a 3 minutos en un desengrase alcalino que puede contener: Hidróxido de sodio, carbonato, fosfato, metasilicato más agentes humectantes y quelantes.
- g) Enjuague en agua templada (30 - 45°C)
- h) Inmersión de activado (con ácido sulfúrico diluido)
- i) Enjuague en agua a temperatura ambiente.

- j) Repetir opcionalmente del paso f) al i)
- k) Recubrir electrolíticamente

Reacciones en la limpieza electrolítica.- Cuando se aplica la corriente, el agua sufre una electrólisis en donde los álcalis sirven como medio conductor sucediendo:



Tipos de limpieza electrolítica.- Conforme a lo escrito por Izaki (1995), existen 3 tipos, los que se definen en su utilización de acuerdo a la polaridad del trabajo en proceso y la aplicabilidad de cada uno en el sustrato dado:

- a) Limpieza anódica.- La pieza se conecta al ánodo y se carga positivamente. También se le conoce como limpieza electrolítica inversa por tener polaridad opuesta a la del recubrimiento. El oxígeno producido provoca el descapelamiento de los desechos, como efectos químicos colaterales esta el de oxidación y ligera caída en el valor del pH en la superficie del ánodo
- b) Limpieza catódica.- Las piezas se conectan al cátodo, cargándose negativamente, por lo que también se le llama limpieza directa. En este caso el hidrógeno se libera en el cátodo y es del doble del volumen que el oxígeno, por lo que existe mayor acción de restregado o golpeteo, aunque también existe el riesgo de que el material se fragilice por adsorción del hidrógeno en su estructura interna.
- c) Limpieza electrolítica periódicamente reversible.- Se instala una unidad que modifique la polaridad del rectificador controlada a intervalos de tiempo de 10 seg. normalmente, siendo muy eficiente en descamado y eliminación de herrumbre muy unida a la pieza de trabajo sin el uso de ácidos en el ciclo.

2.2.3 Limpieza ultrasónica

Este proceso de limpieza es benéfico porque además de ahorrar tiempo y dinero, también incrementa la limpieza a un nivel que no puede ser alcanzado por otros medios. La energía ultrasónica consiste en vibraciones de ondas de sonido con frecuencia de 18,000 a 24,000 Hz. Un generador ultrasónico produce corriente eléctrica alterna y un transductor, transforma la corriente de alta frecuencia en vibraciones mecánicas.

Cuando las ondas ultrasónicas de suficiente amplitud son introducidas dentro de un líquido, este cavita produciendo burbujas microscópicas por millones, logrando limpiar por completo las superficies más difíciles en una fracción de tiempo del que necesitan otros procesos.

Maximización del proceso de limpieza ultrasónica

Según lo establecen Fuchs (1984) y Kirk-Othmer (1994), la intensidad de la cavitación depende de diversas propiedades, como son:

1. Temperatura.- A mayor temperatura resulta mayor cavitación y mejor limpieza mientras no se acerque demasiado al punto de ebullición del líquido eliminando el efecto de cavitación. Por ejemplo, para el agua su cavitación más efectiva se presenta alrededor de los 70 °C. Una solución de agua con una base, limpia más efectivamente cerca de los 80 °C. En el caso de los solventes orgánicos deben ser utilizados en el proceso de limpieza ultrasónica por lo menos 10 °C por debajo de su punto de ebullición

2. Gases disueltos en el líquido.- Los líquidos que contienen gases disueltos producen menor cavitación, porque la difusión del gas presente en burbujas actúa como un amortiguador, no existiendo la violenta implosión que normalmente elimina impurezas. Para evitar lo anterior se agregan agentes humectantes que reducen la tensión superficial y remueven a los gases atrapados.
3. Tensión superficial.- A mayor tensión superficial del líquido, mejor cavilación y por lo tanto, se realiza una mejor limpieza.
4. Viscosidad.- Líquidos más viscosos requieren mayor energía para cavitación.
5. Frecuencia del ultrasonido.- Si se incrementa la frecuencia ultrasónica, mayor energía debe ser aplicada para mantener la misma intensidad de cavitación, siendo el promedio más común de frecuencia el de 21 KHz, pero se llega a trabajar hasta 45 KHz.

2.2.4 Limpieza mecánica

Como lo mencionan Bastenier (1973) y Kirk-Othmer (1994), las partes a trabajar deben pasar por un limpiador alcalino para remover desechos orgánicos antes de la limpieza mecánica que emplea algunas formas de abrasión. Entre las ventajas que presenta este método de limpieza están:

- a) La rapidez,
- b) Que se hace a profundidad y
- c) No es selectiva, por lo tanto se puede aplicar a cualquier tipo de metal o aleación.

Las desventajas que presenta son:

- a) El equipo y la mano de obra resultan caros,
- b) Se daña la superficie de los metales,
- c) Existe toxicidad hacia el personal por el chorreado con arena y
- d) Los elevados gastos de mantenimiento del equipo o de la instalación.

Los tipos más comunes de limpieza mecánica son los siguientes:

- a) Cepillamiento o restregamiento,
- b) el lijado o maquinado,
- c) el chorreado con arena o con abrasivos,
- d) el chorreado con granalla de acero,
- e) el chorreado líquido (chorreado con agua a presión conteniendo abrasivos en suspensión),
- f) el chorreado con materiales más blandos como cortezas y cáscaras molidas, etc. y
- g) el volteado en masa.

Evaluación del grado de limpieza obtenida:

Existen varias pruebas, siendo la más utilizada la de rompimiento de la capa de agua, que es la más ampliamente utilizada y que se explica a continuación.

Se desengrasa la pieza, se enjuaga con agua fría. Una película de agua exenta de rotura sobre la superficie de la pieza que persiste después de un periodo de derrame de 30 segundos es señal de

una superficie limpia. Cualquier rompimiento de la capa de agua sobre la superficie indica un área que es hidrofóbica y que por lo tanto está impropriadamente preparada. (Bastener, 1973, Ullmans, 1986).

2.3 DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO DEL ELECTRODEPOSITADO

El proceso del cromado es una derivación de la galvanostegia, la cual significa generalmente cubrir electrolíticamente un objeto metálico con una capa delgada de otro metal del mismo o de una aleación, a diferencia de la galvanoplastia que significa recubrir electrolíticamente una superficie no metálica con una capa metálica.

El metal se deposita con fines decorativos, o para proteger el metal recubierto de la corrosión o de la acción de los agentes atmosféricos, químicos, etc.

Otros propósitos serían los de impartir propiedades eléctricas o magnéticas deseables o especiales.

El campo de la galvanostegia abarca también a la reparación de piezas gastadas de máquinas, incrementando las dimensiones de dichas piezas, en el caso del cromo se le conoce como "cromo duro", o "cromo funcional" cuando se aplica a ésta última función.

Conforme a Castellán (1987), hay ciertas evidencias de que ya por el año 2500 a.C. los egipcios conocían la forma de recubrir objetos. Excavaciones arqueológicas recientes en el cercano Oriente han descubierto lo que parece ser una celda electroquímica basada en electrodos de hierro y cobre, el dispositivo data entre 300 a.C. y 300 d.C., por lo anterior es interesante resaltar que la invención de la celda electroquímica por Alessandro Volta en el año 1800 es en sí una reinventión.

El primero que hizo un depósito galvánico en tiempos modernos fue Brugnatelli, alumno y colaborador de Volta en el año 1801.

De acuerdo con Vallejo (1954), Jacobi, físico ruso, en 1837 descubrió incidentalmente que láminas de cobre de una pila Daniell se encontraban recubiertas de un depósito rugoso que tomaba todas las imperfecciones del metal base, al descamarse se encontraba el cobre en perfecto estado.

De la Rive, profesor de Física de la Universidad de Génova, trató de depositar el oro del cloruro aurico en 1840, y aunque no llegó a resultados satisfactorios, su trabajo sirvió de base para que posteriormente Ruolz en Francia y Wright en Gran Bretaña encontraran electrolitos adecuados y obtuvieran un buen plateado y dorado.

El proceso de niquelado que se usa en la actualidad, es una variante del propuesto por Becquerel en 1860 ante la academia de Ciencias de Francia, en el cual se empleaba sulfato doble de níquel y amonio. El mismo baño fue patentado por Adams en Estados Unidos en el año 1869.

Por los años 1920 a 1930 los industriales del ramo dependían de secretos no publicados, las fórmulas de algunas soluciones fueron envidiosamente guardadas, los depósitos de este periodo eran opacos, rugosos y picados que necesitaban mucho trabajo de pulido y abrillantado posterior. Lo anterior dio origen a la formación de la American Electroplaters Society, que posteriormente se denominó American Electroplaters and Surface Society, nombre con el que se conoce hasta nuestros días. Los primeros libros básicos sobre los principios de la galvanoplastia y galvanostegia

aparecieron publicados en los Estados Unidos de Norteamérica en el año de 1924, y no es sino hasta el año de 1954 en que tiene su mayor auge la industria de la galvanostegia; (Kirk-Othmer, 1994).

2.3.1 Proceso de electrodepositado (Fundamentos de la electrodeposición)

La electrodeposición es el proceso de aplicación de una capa metálica adherente sobre un electrodo negativo (cátodo) con el propósito de asegurar una superficie con propiedades o dimensiones diferentes de las del metal base.

Según Mcketta (1983), un electrodo es un conductor a través del cual la corriente entra o abandona una celda electrolítica; en la cual hay un cambio de conducción por electrones, a una conducción por partículas cargadas de materia o viceversa, y un electrolito es un medio conductor en el cual el flujo de corriente es acompañado por el movimiento de materia.

Cuando 2 electrodos se insertan dentro de un electrolito y se aplica un potencial eléctrico, los cationes migran hacia el cátodo y los aniones hacia el ánodo. El metal depositado está contenido en cada tipo de ión; los cationes simples contienen al metal, generalmente asociado con moléculas del solvente que casi siempre es agua.

Estas soluciones son llamadas baños por las industriales del ramo.

La cantidad de metal depositado, que es el espesor, depende de la densidad de corriente (A/m^2), el tiempo de recubrimiento o de electrodeposición y la eficiencia del cátodo.

La intensidad de corriente está determinada por el voltaje aplicado, la conductividad eléctrica de la solución de electrodeposición, la distancia entre ánodo y cátodo y la polarización; (McGraw-Hill, 1992).

2.3.2 Cobrizado

Los electrodepósitos de este elemento frecuentemente se usan como primera capa o capa interna para recubrimiento decorativo de níquel - cromo.

Se emplean 2 tipos diferentes de soluciones para la electrodeposición del cobre: las ácidas, a base de sulfato de cobre, y las alcalinas a base de cianuros. Para obtener un buen recubrimiento se puede trabajar con ambas en el cobre, pero algunos metales como el hierro, el zinc, etc., no se recubren bien con este baño, por lo que en estos casos habrá que darles un depósito preliminar en baño de cianuro, este último depósito se utiliza cuando sobre la capa de cobre se va a aplicar otro metal, pudiéndose aplicar con todos los metales excepto el aluminio.

2.3.2.1 Cobrizado a base de sulfato

En general están constituidos por una solución de sulfato de cobre y ácido sulfúrico en la siguiente proporción:

Sulfato de cobre cristalizado	150 g
Ácido sulfúrico concentrado	50 g
Agua	1 L

Los ánodos son de cobre rojo, electrolítico, utilizando una densidad de corriente de 1 Amperio, el cual con agitación se puede aumentar, pero un exceso de corriente produciría un depósito de coloración oscura y de textura rugosa.

Las piezas cuando se retiran del baño deberán ser lavadas y secadas rápidamente para evitar que tomen una coloración ocre. El color natural de un depósito de cobre es el salmón.

El plomo y sus aleaciones se recubren bien por este método, pero no sucede lo mismo con otros metales como el hierro, el zinc, el níquel, cobalto, metales preciosos, etc., que deberán ser recubiertos previamente en un baño de cianuro o de carácter básico, (McGraw-Hill, 1992).

2.3.2.2.- Cobrizado a base de cianuro

Canning (1978), nos menciona los baños de cobrizado a base de cianuro, se pueden preparar con cianuro de potasio y una sal cúprica, añadiendo también sulfito de sodio para asegurar la reducción del cobre a ión cuproso. También se agrega normalmente carbonato de sodio para disminuir la concentración de iones hidrógeno. Otro tipo de baño alcalino se prepara con cianuro alcalino y de cobre. A continuación se presenta un ejemplo de formulación para cada tipo de solución:

Solución de cobrizado a base de carbonato de cobre:

Carbonato de cobre	----	40 g
Cianuro de sodio	----	80 g
Hiposulfito de sodio	----	250 g
Agua	----	1 L

Solución de cobrizado a base de cianuro de cobre:

Cianuro de cobre	----	25 g
Cianuro de sodio	----	30 g
Carbonato de sodio	----	15 g
Hiposulfito de sodio	----	250 mg
Agua	----	1 L

Con cualquiera de las 2 soluciones se trabaja a una temperatura entre los 36 y los 44°C. La densidad de corriente del cátodo va de 0.4 a 0.6 Amp/dm² y la tensión de 1.5 a 2 volts.

En los ánodos de cobre rojo electrolítico debe haber una revisión periódica; pues si aumenta la concentración de cianuro libre, puede haber una descamación.

Si los depósitos de cobre presentan agujeros, se tendrá que eliminar algo del carbonato que se encuentra en exceso. Para lograr esto se precipita con ayuda de una solución de cloruro de bario. El carbonato de bario que precipita, va al fondo de la tina, la solución clara se succiona y se pasa a otra tina donde después de corregirla quedará lista para volver a ser utilizada.

Se debe tener cuidado de no eliminar por completo el carbonato de la solución porque se obtendrían depósitos duros.

En los baños alcalinos a base de cianuro en una operación normal, los ánodos presentan una coloración rosada con manchas blanquecinas debido a la acumulación del cianuro cuproso que es blanco.

Un exceso de cianuro alcalino haría desaparecer rápidamente tales depósitos; obteniéndose una deposición irregular del cobre; por el contrario, si al baño le faltan cianuros, los ánodos se tornarían de una coloración verdosa y el electrolito tomaría un color azul.

El depósito de cobre que se produce sobre el cátodo presenta un color rosado brillante al principio, que se vuelve opaco conforme su espesor aumenta.

Generalmente el contenido de cobre del baño varía entre 6 y 30 g/L con densidades de corriente baja entre 0.3 a 0.8 Amp.

2.3.2.3 Baños de cianuro adicionados de sal de Rochelle

La sal de Rochelle que es un tartrato doble de sodio y de potasio $\{(CHOH)_2 COOK.COONa. 4H_2O\}$, sustancia cristalina de color blanco que da un resultado satisfactorio (actualmente el industrial la utiliza poco debido a su alto costo con respecto al aumento en la calidad del acabado).

Los baños utilizados contendrán de 30 a 60g por litro de tartrato doble de sodio y potasio y de 15 a 30 g/L de cobre metálico.

Un ejemplo de preparación de este tipo de baño sería:

Cianuro cuproso	---	de 19 a 45 g/L
Cianuro de sodio	---	de 26 a 53 g/L
Carbonato de sodio	---	de 15 a 60 g/L
Sal de Rochelle	---	de 30 a 60 g/L
Cobre	---	de 15 a 30 g/L
Cianuro de sodio libre	---	de 3.8 a 7.5 g/L
Hidróxido de sodio para mantener un pH		de 12.2 a 12.8

El baño anterior posee la ventaja sobre los baños comunes a base de cianuro de producir depósitos mas pesados y satisfactorios a mayores densidades de corriente.

Se trabaja a una densidad de corriente en el cátodo de 7.5 Amp/dm^2 como máximo.

Es conveniente tener un área de ánodo equivalente por lo menos a 2 veces el área del cátodo y colocar ánodos de hierro que equivalen a un 25% del área total.

Se aconseja trabajar a temperaturas entre 55 y 70°C manteniendo el baño en agitación, porque al agitar da una eficiencia mayor, una uniformidad en la composición del baño y un desgaste parejo del ánodo, aumentando la brillantez del depósito.

Para purificar este baño contaminado por sustancias orgánicas, se emplea carbón activado; (Barauskas, 1995).

2.3.3 Niquelado

2.3.3.1 Propiedades del níquel

El níquel es un metal lustroso que tiene una alta resistencia mecánica, es bastante duro y a temperaturas ordinarias es paramagnético. Se oxida con dificultad solamente calentando en presencia de aire, si la superficie del metal está pulida, gradualmente se corroe al exponerse al medio ambiente.

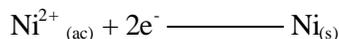
El níquel es ligeramente soluble en HCl y también en H₂SO₄ diluido. El HNO₃ diluido ataca rápidamente al níquel, pero al sumergir el níquel en H₂SO₄ concentrado le proporciona un estado de pasivación en el cual difícilmente es atacado (Canning, 1978).

2.3.3.2 Proceso de niquelado

El niquelado produce depósitos duros y poco fáciles de pulir. Para que sea durable es necesario depositar una capa de metal relativamente gruesa, aunque a mayor grosor, mayor tendencia al descascaramiento y más irregular su superficie.

El niquelado se puede aplicar a metales más baratos para mejorar su aspecto, pero existe la necesidad de recubrir previamente el metal a tratar con una capa de cobre para el caso del hierro y el acero, el níquel se puede aplicar directamente si la superficie del metal está perfectamente limpia y pulida. En el proceso de niquelado ocurre lo siguiente:

Los iones de níquel son reducidos a níquel metálico sobre el cátodo:



Este proceso remueve los iones níquel del electrolito en la solución. Para mantener la concentración de iones níquel constante, ánodos de níquel son usados en el baño. Los ánodos proveen por sí mismos átomos de níquel, los cuales se oxidan de nueva cuenta a iones níquel.



Conforme a Shakashiri (1992), el baño de níquel contiene diversos solutos, cada uno tiene una función específica en el proceso que se explica a continuación:

Sulfato de níquel (Ni₂SO₄.6H₂O).

Se usa como la fuente primaria de iones níquel, porque es de las sales de níquel más baratas, muy soluble, por lo que se alcanzan altas concentraciones de la sal en el baño. Una alta concentración de iones en el baño reduce su resistencia eléctrica, una baja resistencia permite una alta densidad de corriente que fluye a través de la solución, de esta forma la capa de níquel se forma rápidamente.

Cloruro de níquel (NiCl₂.6H₂O).

Es agregado al baño para mejorar la disolución del ánodo, también disminuir el potencial requerido para reducir los iones níquel en el cátodo.

Ácido bórico (H₃BO₃).

Este ácido promueve un recubrimiento liso, sin él, la capa de níquel podría ser rugosa y picada, también sirve como un buffer o amortiguador para controlar el pH alrededor del cátodo. En el cátodo, el agua puede ser reducida formando iones hidróxido, estos iones hidróxido pueden precipitar los iones níquel del baño en la forma de hidróxido de níquel [Ni(OH)₂]. El ácido bórico mantiene bajo el pH del baño (menor a 5.8) para prevenir la precipitación.

2.3.3.3 Estimación del espesor de níquel

La cantidad de níquel que se deposita en el cátodo se determina por la densidad de corriente (Amperes) y el tiempo (h). Bajo condiciones ideales (26.8 A) fluyendo durante 1 hora depositarán 29.4 g de níquel (1.095 g/A.h). Si el área a recubrir es conocida, el promedio de espesor de la capa de níquel se puede estimar. Por ejemplo, si 29.4 g de Ni se depositan en un área de 10 dm² (1000 cm²), el grosor del depósito es igual a 0.00356 cm (el grosor es igual al peso del níquel dividido por el producto del área y la densidad del níquel (Ni = 8.9 g/cm³)).

Debido a que un pequeño porcentaje de la corriente se consume en el cátodo al descargar iones hidrógeno, la eficiencia en la deposición del níquel es aproximadamente de 96.5%, la tabla que se da a continuación relaciona espesor de la capa, peso por unidad de área, densidad de corriente y tiempo de depósito.

**Tabla 2.6 Datos sobre depósitos de níquel
(Basado sobre una eficiencia de cátodo del 96.5%)**

Espesor (in)	Espesor mm	oz/ft ²	g/cm ²	A-h	MINUTOS PARA OBTENER LA CAPA DE RECUBRIMIENTO A DIFERENTES DENSIDADES DE CORRIENTE (A/ft ²)			
					10	20	50	100
0.0001	0.00025	0.0721	0.0022	1.99	12	6	2.5	1.2
0.0002	0.00051	0.144	0.00441	3.98	24	12	5	2.4
0.0005	0.00127	0.360	0.0110	9.95	60	30	12	6
0.0008	0.00203	0.578	0.0177	15.9	96	48	19	9.6
0.0010	0.00254	0.721	0.0221	19.9	119	60	24	12
0.0015	0.00381	1.082	0.0332	29.8	179	89	36	18
0.0020	0.00508	1.44	0.0441	39.8	238	119	48	24

Fuente.- Dibari George A.; Nickel Plating. International Nickel Inc. Special Metal Finishing Guidebook; pág. 259-279; 1995.

Los baños más comunes trabajan a densidades de corriente de 3 A/dm² (28 A/ft²) y una tensión de 2 a 3.5 Volts. Para depósitos gruesos el contenido de níquel llega a una concentración de 55 g/L y una intensidad de 11 A/dm² (102.3 A/ft²) y de 2 a 3 Volts de diferencia de potencial.

La solución más ampliamente utilizada es el baño WATTS, pero se han desarrollado otro tipo de formulaciones, como por ejemplo, las soluciones a base de sulfamatos muy utilizadas para aplicaciones donde se requiere baja tensión; (McGraw-Hill, 1992).

A continuación se dará información sobre los 3 diferentes tipos de baño de níquelado más conocidos:

Tabla 2.7 Soluciones de níquel electrodepositado y Propiedades típicas de los depósitos (comp. del electrolito en g/l)

FORMULACION	BAÑO DE Ni WATTS	BAÑO DE SULFAMATO CONVENCIONAL	BAÑO DE SULFAMATO CONCENTRADO
$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	225 - 300	-----	-----
$Ni(SO_3 \cdot NH_2)_2 \cdot 4H_2O$	-----	315 - 450	500 - 650
$NiCl_2 \cdot H_2O$	37 - 53	0 - 22	5 - 15
H_3BO_3	30 - 45	30 - 45	30 - 45

Condiciones de Operación

TEMPERATURA (°C)	40 - 66	32 - 60	60 - 70
Agitación	Mecánica o aire	Mecánica o aire	Mecánica o aire
Densidad de corriente (A/dm²)	3 - 11	0.5 - 32	Arriba de 90
pH	3 - 4.2	3.5 - 4.5	3.5 - 4.5
Anodos	Ni	Ni	Ni

Propiedades Mecánicas

	BAÑO DE NÍQUEL WATTS	BAÑO DE SULFAMATO CONVENCIONAL	BAÑO DE SULFAMATO CONCENTRADO
Resistencia a la tensión Mpa	345 - 485	415 - 620	400 - 600
% de Elongación	15 - 25	10 - 25	10 - 25
Dureza Vickers, 100 g de carga	130 - 200	170 - 230	150 - 250

Fuente.- Ullmans; Encyclopedia of Industrial Chemistry; Vol A-7; 5ta. edición; Ed. VCH; pág. 235, 59, 162; Fed. Rep. of Germany; 1986.

2.3.3.4 Soluciones de níquel brillante

Conforme a lo escrito por Dibari (1995), cuando se requiere mayor brillantez en los depósitos se debe de agregar por lo menos un compuesto de cada uno de los 2 grupos llamados Clase 1, que son abrillantadores iniciales, pero incapaces de mantener la apariencia de espejo conforme el depósito se raya incrementando de espesor. A ésta clase pertenecen el ácido bencendisulfónico, el ácido bencentrisulfónico, las bencensulfonamidas, en general compuestos que contienen azufre.

El grupo llamado Clase II hacen que la superficie se alise conforme el grosor del depósito se vaya incrementando. Estos compuestos están libres de azufre, contienen grupos insaturados y generalmente introducen pequeñas cantidades de material carbonáceo dentro del depósito. Ejemplos típicos de esta segunda clase de abrillantadores son: formaldehído, cumarina, etilencianohidrina, butinodial, etc.

2.3.4 Cromado

2.3.4.1 Depósitos de cromo

Existe una división en los depósitos de cromo:

- a) cromo decorativo, el cual está normalmente restringido a depósitos muy delgados con espesores que promediando las bibliografías va de 0.25 μm (0.00001 pulg.) a 0.8 μm (0.00003 pulg.),
- b) cromo duro o funcional que es aplicado en grosores mucho mayores cuyo promedio va de 0.00254 cm (0.001 pulg.) a 0.051 cm (0.02 pulg.) ó más; (Kenneth, 1995); (Canning, 1978); (Kirk-Othmer, 1994); (Snyder, 1995).

El cromo se deposita principalmente a partir de baños que confieren ácido crómico (Anhídrido crómico CrO_3 que al disolverse en agua se convierte en H_2CrO_4 ya que éste último no se conoce puro) y un catalizador que originalmente fue el ion sulfato (SO_4^-) proporcionado por el ácido sulfúrico (H_2SO_4) agregado al baño en una relación de 75:1 a 125:1 ($\text{CrO}_3 / \text{SO}_4^-$) aunque los expertos mencionan como la relación más idónea 100:1.

Existen en cuanto a concentración 2 clases de solución:

- a) diluida, aquellas que operan en 250 g/L (33 oz/gal) y
- b) las concentradas que operan en el rango de 400 g/L (55 oz/gal).

El baño se opera a una temperatura de 32 - 43°C para cromado decorativo y de 37 a 65°C para cromo duro o funcional. La densidad de corriente del cátodo es de 10 - 20 A/dm^2 (100 - 200 A/ft^2) para trabajo decorativo y de 15 - 35 A/dm^2 (150 - 350- A/ft^2) para cromo duro, aunque con una buena agitación y un aumento de la temperatura del baño hasta unos 65°C se ha aumentado la densidad de corriente hasta 70 A/dm^2 en baños de alta concentración de cromo duro con el objeto de mejorar la productividad; (Kenneth, 1995); (Mohler, 1986); (Snyder, 1995).

Algo de Cr III debe estar siempre presente y los resultados óptimos se obtienen cuando el Cr III representa aproximadamente el 5% de la concentración del cromo VI.

Conforme a lo expresado por Ullmans (1986), en el pasado se reportó, que las impurezas metálicas, pueden ser toleradas a un nivel de 20 g/L, calculados como los óxidos de los contaminantes, antes de que el baño se vuelva inestable y difícil de controlar. Reportes más recientes indican que la inestabilidad, ocurre en niveles tan bajos como 1.5 g/L de contaminante, en especial en baños que utilizan sistemas de catalizado mezclado.

El proceso de cromado es sensitivo a:

1. Densidad de corriente.- A mayor densidad de corriente, mayor eficiencia del cátodo.
2. Temperatura.- En la práctica, la temperatura óptima está relacionada con la densidad de corriente empleada, y a cualquier temperatura dada, hay un rango de densidad de corriente específica, dentro del cual depósitos brillantes se obtienen.
3. Composición de la solución.- La eficiencia del cátodo también la afectan los óxidos que contienen al cromo trivalente Hierro (Fe) y Níquel (Ni). Cuando éstos se acumulan en la solución, hay una caída en eficiencia de la solución. La eficiencia del cátodo es también reducida si la solución está fuera de balance.
4. Cálculo del tiempo de depósito.- Cualquier cambio en la densidad de corriente generalmente involucra un correspondiente ajuste en temperatura para ordenar la solución y se pueda mantener dentro del ámbito de deposición óptimo, y estos cambios también afectarán la eficiencia del cátodo.

Los autores de esta bibliografía han desarrollado una serie de tablas de tiempo de cromado en minutos para un depósito de cromo de espesor promedio, en donde se involucran la densidad de corriente con diversos porcentajes de eficiencia del catión, por lo tanto, para determinar el tiempo de cromado óptimo se debe de buscar la eficiencia del cátodo de la solución escogida (para un espesor dado) y la densidad de corriente requerida, para lo anterior existen 2 formas de averiguarlo, por medio de tablas, ó de gráficas.

Según menciona Canning (1978), para el cromo decorativo hay una considerable variación de densidad de corriente sobre la superficie, y por lo tanto, el promedio de espesor de cromo aplicado debe ser considerado en exceso, un tiempo de cromado de 2 a 3 veces lo calculado. Dentro del proceso de galvanostegia y en particular en el cromado, existen también los siguientes conceptos que ayudan a tener una mejor comprensión del mismo.

2.3.4.2 Ánodo

Para el caso del cromado a base de cromo VI, se utilizan aleaciones de Sn (7%) con plomo, preferidas por 2 propósitos. El primero es el de trabajar como electrodo positivo, y el segundo el de ayudar a mantener la solución en balance satisfactorio, para reoxidar el cromo III a ácido crómico.

La presencia de una capa color café chocolate sobre el ánodo es necesaria para asegurar que el cromo trivalente producido por reducción electroquímica del ácido crómico en el cátodo es reoxidada y así la acumulación de cromo III en la solución se evita.

Si un ánodo no trabaja adecuadamente por contacto ineficiente, la capa café chocolate gradualmente se convertirá a amarilla por el cromato de plomo ($PbCrO_4$) formado.

La presencia de ésta capa amarilla sobre los ánodos, nos indica una conexión eléctrica deficiente.

Bajo ninguna circunstancia deberá colocarse un ánodo sobre la barra del cátodo. Esta práctica puede conducir a la producción y acumulación de cromo trivalente en la solución.

La limpieza del ánodo se logra restregándolo con cepillo de alambre, remojándolo en ácido clorhídrico (HCl) o en una solución especial para limpiar ánodos de cromo.

2.3.4.3 Poder de penetración

Es un término utilizado para describir la relativa distribución del grosor del recubrimiento, en otras palabras, es la capacidad para producir depósitos más uniformes, incluso sobre cátodos irregulares. También existe el término "Poder de Micropenetración", el cual denota la capacidad de una solución de recubrimiento de nivelar irregularidades microscópicas (Kirk-Othmer, 1994); (Mohler, 1986).

2.3.4.4 Velocidad o tasa de cromado

Un sistema se opera a una densidad de corriente necesaria para una temperatura de operación en particular, esto fija la velocidad de depósito para condiciones predeterminadas.

Existen gráficas elaboradas a base de datos experimentales que muestran las características del recubrimiento electrolítico con ácido crómico y sulfúrico, solamente referidos a baños

concentrados ($\text{CrO}_3^- = 400 \text{ g/L}$, $\text{SO}_4^- = 4 \text{ g/L}$) y baños diluidos ($\text{CrO}_3^- = 250 \text{ g/L}$, $\text{SO}_4^- = 2.5 \text{ g/L}$). Los baños concentrados tienen una mayor conductividad que los baños diluidos, por lo tanto se pueden operar a menores voltajes.

Los baños diluidos tienen una ligeramente mayor eficiencia de cátodo; es menos viscoso, y por lo tanto tiene menos pérdidas por arrastre al extraer las piezas del baño.

La línea punteada sugiere un ámbito para baños que pueden operarse a bajas densidades de corriente, esto es necesario cuando el trabajo a realizar es irregular. Los baños se operan dentro de los valores que representan estas líneas para evitar fragilidad o depósitos quebradizos que ocurren en altas densidades de carga.

2.3.4.5 Potencial de electrodo

Cuando un electrodo metálico se sumerge dentro de la solución que contenga iones casi siempre del mismo material, un potencial entre el electrodo y la solución se establece. El metal está disolviéndose formando iones y los iones de la solución están perdiendo su carga y depositándose sobre el metal (McKetta, 1983); (Gabe, 1978).



Algunos metales tienen una mayor tendencia a pasar hacia una solución que otros. Se ha establecido una escala relativa asignando un valor de cero al voltaje de una media celda estándar de referencia y expresando todos los potenciales de media celda en relación a este electrodo de referencia.

La media celda de referencia es el electrodo de hidrógeno estándar. Una tabulación del potencial de electrodo estándar (E°) para varios metales, da como resultado la muy conocida serie de fuerza electromotriz, que se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Potenciales de los electrodos estándar a 25°C

Electrodo	E° (Voltios)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.045
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2.925
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.714
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.662
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.7628
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0.744
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.4402
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0.250
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.126
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0.337
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0.521
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	+0.771
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0.7991
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1.33
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1.3595
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.51
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2.87

Fuente.- Mortimer, Charles E.; Química; 1a. edición; ed. Grupo Editorial Iberoamérica; pág. 477; 1983.

El potencial de electrodo estándar de un metal es una indicación de su reactividad; metales con valores muy negativos de E° , su reducción no espontánea y difícilmente se lleva a cabo, por ejemplo, K, Na y Al forman iones metálicos muy estables que no se pueden depositar en solución, en cambio los potenciales de electrodo más positivo son los de mayor tendencia a depositarse al reducirse, como por ejemplo, el cromo VI.

En el año de 1975 un electrolito de cromo conteniendo el menos tóxico y peligroso ion cromo trivalente comienza lentamente a reemplazar al cromo VI en instalaciones de cromado. A continuación mencionaremos la química y las diferencias existentes entre ambos procesos.

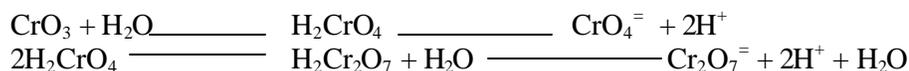
2.3.4.6 Química del cromo VI

El proceso tradicional de formulación contiene cromo VI y radical sulfato (SO_4^-) como único catalizador, o el proceso llamado con cocatalizador o catalizador mezclado, donde se utiliza el ion fluorosilicato; como ejemplo tentamos el fluorosilicato de potasio (K_2SiF_6^-).

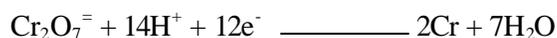
Este proceso de catalizador mezclado presenta las siguientes ventajas:

1. cromado más rápido
2. tiene mejor cobertura
3. un ámbito más amplio de brillantez
4. mayor tolerancia a las impurezas
5. menos sensitivo a las interrupciones de corriente
6. se puede depositar sobre superficies pasivas

El mecanismo de deposición electrolítica del cromo VI sigue las siguientes reacciones múltiples:



Reacción de deposición:



CAT = Catalizador, por ejemplo; sulfato SO_4^- y/o fluorosilicato (SiF_6^-)

Reacciones colaterales:

$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \xrightarrow{\quad\quad\quad} \text{H}_{2(\text{g})} + \text{vapor} (\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cr (VI)} + \text{H}_2\text{O})$, Esta reacción consume aproximadamente el 80% de la energía disponible.

$2\text{Cr}^{3+} + 3\text{O}_2 + 6\text{e}^- \xrightarrow{\quad\quad\quad} 2\text{CrO}_3$, Esta reacción se cataliza por la capa de óxido de plomo (PbO_2) sobre el ánodo de plomo. Si se agrega como catalizador secundario el fluoruro la relación en peso de $\text{CrO}_3/\text{SO}_4^-$ que era de 100:1 se modifica requiriéndose de 170:1 a 210:1, con 190:1 como valor más típico.

Como la concentración de cromo se mantiene igual que en los baños convencionales, la concentración de sulfatos se debe de bajar.

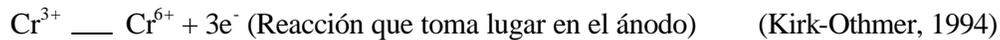
2.3.4.7 Química del cromo III

Existe poca información por ser relativamente nueva, en México son muy pocas las industrias intentaron este cambio de tecnología, teniendo problemas en el cromado decorativo, con el acabado mate que provocan las sustancias químicas que contienen al cromo III.

Reacción de deposición:



Reacciones colaterales:



El cromo III se suministra como sales de cromo en forma de sulfatos o cloruros. Como las reacciones colaterales son perjudiciales a la buena marcha del proceso, existen 2 métodos para poder eliminar las reacciones colaterales y estos son:

1. Proceso de celda sencilla, donde se cuenta con un mecanismo para detener la reacción si llegara a ocurrir, y un aditivo para eliminar el cromo hexavalente.
2. Proceso de doble celda para la reacción colateral por aislamiento de cromo contenido en la solución del ánodo, colocando cada ánodo dentro de una caja con su electrolito libre de cromo.

A continuación la tabla 2.9 nos hace una comparación entre el cromo III y el cromo VI.

Tabla 2.9 Comparación entre el cromo III y el cromo VI

	CROMO III	CROMO VI
1.- Poder de penetración	Buena	Pobre
2.- Poder de cobertura	Buena	Pobre
3.- Interrupciones de corriente	Completamente tolerante	Intolerante
4.- Facilidad en el enjuague	Fácil	Moderada
5.- Facilidad en el quemado de las piezas	Muy difícil	Fácil
6.- Color del depósito	Acerado	Blanco azulado
7.- Tratamiento de desechos	Fácil	Moderada
8.- Seguridad relativa	Similar al Níquel	Similar a los cianuros
9.- Formación de neblina	Casi eliminada	Muy densa
10.- Olores	Casi eliminados	Fuerte y dañino
11.- Remoción de impurezas	Fácil	Difícil

Fuente.- Snyder Donald L.; Decorative Chromium Plating; Atotech U.S.A. Inc.; Cleveland; Metal Finishing Special; pág. 205-211; Jane 1995.

En resumen, los baños de cromo III son una buena respuesta para reducir problemas de disposición de sus residuos, menor utilización de amperaje, mayor productividad (debido a que no quema, mayor poder de penetración, mejor cobertura, las partes a cromar se pueden colocar mas juntas).

Según nos refieren Ullmans (1986) y Snyder (1995), uno de los problemas del cromo III es el color oscuro del deposito sobre la piara de trabajo, comparado con el blanco azulado del proceso de cromo VI, aunque recientemente se ha desarrollado y patentado un proceso que produce depósitos de color muy parecido al del cromo VI.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RIESGOS

3.1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, la problemática ambiental preocupa cada vez más a la sociedad en general, debido a los accidentes ocurridos, relacionados con la Industria Química.

A la vista de lo anterior, no es de extrañar el creciente esfuerzo que los industriales en general y la Química en particular, le dedican a la prevención de accidentes, con base en las catástrofes mencionadas a continuación:

Tabla 3.1 Accidentes industriales notables ocurridos a partir de 1974.

ACCIDENTE	CONSECUENCIA
1. Flixborough (Inglaterra, 1 de Junio de 1974). En una planta de Nypro, la rotura de una tubería, provoca la descarga de 80 ton. de ciclohexano (C ₆ H ₁₂), líquido y caliente, formándose una nube que explota, con gran poder destructivo.	28 muertos, cientos de heridos y destrucción completa de las instalaciones.
2. Seveso (Italia, 9 de Julio de 1976). En una planta de Icmesa (Hoffman-Laroche), se liberan 2 ton. de productos químicos a la atmósfera, entre ellos 0.5-2 Kg de dioxina, cuya dosis letal para una persona de sensibilidad promedio es inferior a 0.1 mg.	Se evacuaron más de 1000 gentes, sin muertes, pero la Dioxina afectó a las personas, causando cloroacné, abortos espontáneos y suelo contaminado
3. Cubatao (Brasil, 25 de Febrero de 1974). Un oleoducto se daña. La gasolina que escapa se evapora, se inflama y se origina una gran esfera de fuego.	Por lo menos existieron 500 muertes.
4. México D.F. (México, 19 de Noviembre de 1984). Hacen explosión varios contenedores con GLP (Gas licuado de Petróleo), en San Juan Ixhuatepec.	452 muertes, más de 4200 heridos y alrededor de 1000 desaparecidos.
5. Bhopal (India, 17 de Diciembre de 1984). Se produce un escape de gas venenoso (isocianato de metilo) en una planta que producía una sustancia insecticida, esparcida en una superficie de 40 Km ² .	2500 muertes directas por envenenamiento y aprox. 3000 en condiciones críticas 150,000 requirieron tratamiento médico.
6. Guadalajara (México, 23 de Abril de 1992). Se producen una serie de explosiones en cadena a lo largo de una red de alcantarillado de 13 Km. de longitud debido a vapores de combustibles.	200 muertos, 1500 heridos, 1200 viviendas destruidas, 450 inmuebles comerciales y daños por 56000 millones de pesos.

Fuente: Santamaría Ramiro J.M. y Braña Alsa P.A.; "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química"; Ed. MAPFRE Esp. Pág. 522; Madrid España 1994.

También el aumento de accidentes industriales que se han producido en el mundo, a partir de sustancias peligrosas, dio lugar a la formación de diferentes tipos de organizaciones y programas para su prevención y control de las mismas, así como un creciente número de normas legales, destinadas a regular aspectos del medio ambiente y de seguridad en la industria (en el capítulo anterior se mencionó en forma muy escueta, ejemplos de legislación ambiental en los Estados Unidos de Norteamérica, normas y proyectos de normas oficiales mexicanas relacionadas con las descargas residuales del ramo de la galvanoplastia, que más adelante se complementarán).

3.2. LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD

A continuación se menciona lo más importante de la legislación ambiental en la Comunidad Económica Europea (o Unión Europea), en los Estados Unidos de Norteamérica y en México.

3.2.1. Legislación en la Comunidad Económica Europea.

La comunidad está formada por las 15 economías más poderosas de Europa (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Finlandia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido y Suecia).

De acuerdo con Santamaría y colaboradores (1994), a raíz del accidente de Seveso anteriormente comentado, la CEE (Comunidad Económica Europea), elaboró su propia normatividad, formada por directivas entre las que destacan:

- Directiva 82/501/CEE. del 24 de Junio de 1982.- Relativa a los Riesgos de Accidentes graves o mayores en determinadas actividades industriales, siendo ésta la primera en su género y sufriendo modificaciones posteriores por las directivas 87/216/CEE y la 88/610/CEE (modificaciones de los anexos que definen las cantidades mínimas para la aplicación de la directiva. Otras modificaciones han sido: 90/656/CEE (medidas transitorias en la antigua RDA) y la 91/692/CEE (normalización y racionalización de informes).
- Directiva 80/1.107/CEE, del 27 de Noviembre de 1980. Relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.
- Directiva 89/656/CEE del 30 de Noviembre de 1989. Relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relacionadas con la utilización de equipos de protección individual dentro de las instalaciones por parte de los trabajadores.
- Directiva 91/332/CEE del 29 de Mayo de 1991. Ésta directiva viene siendo un complemento de la directiva 80/1.107/CEE, relativa al establecimiento de valores límite de carácter indicativo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.

Además se tiene el artículo 5 que constituye, una de las disposiciones más importantes, ya que obliga a los países miembros a contar con una legislación que requiera a los industriales estudiar los peligros que presentan sus actividades, sometiendo los resultados de sus estudios en un documento síntesis para notificar a la autoridad competente.

3.2.2. Legislación en los Estados Unidos de Norteamérica

Debido a que México desde el 5 de Abril de 1994, firmó un documento de adhesión a la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) con los 24 países siguientes:

Los 15 países europeos ya mencionados como integrantes de la CEE, junto con Australia, Canadá, Estados Unidos de Norteamérica, Islandia, Japón, Noruega, Nueva Zelanda, Suiza y Turquía, además del Tratado de Libre Comercio signado con Canadá y los EEUU, donde se espera

que México tome en consideración recomendaciones al elaborar políticas, legislaciones, planes y programas ambientales, por lo que es importante conocer, según nos muestran tanto Lagrega y colaboradores (1994), como Murphy (1995), lo más relevante de la legislación ambiental de nuestros vecinos del norte, como se verá a continuación.

- Hazardous Waste Operations and Emergency Response. (OSHA 29 CFR 1910.120). Cubre principalmente las acciones de emergencia frente a emisiones de sustancias tóxicas y las acciones de limpieza, así como la eliminación de productos tóxicos.
- Process Safety Management of Hazardous Chemicals (OSHA 29, CFR 1910.119). Regula los requisitos mínimos a cumplir por los sistemas de gestión de la seguridad en plantas que manejen cantidades de algunos productos químicos peligrosos por encima de ciertos límites.
- Extremely Hazardous Substances List and Threshold Planning Quantities (EPA, 40 CFR, 300; 1987). Lista de sustancias extremadamente tóxicas y cantidades límite, para establecer planes de emergencia.
- Emergency Planning and Release Notification Requirements (EPA, 40, CFR, part. 355, 1987). Define los requisitos que deben cumplirse en cuanto a planificación de emergencias y notificación a las autoridades, en caso de emisiones.
- Toxic Chemical Release Reporting; Community Right - to - Know (EPA, 40, CFR, parí 372, 1987). Define las normas para informar sobre emisiones de productos tóxicos y la información que se debe de dar a la comunidad.
- Title III sobre "Emergency Planning and Community Right - to - Know" de la "Superfund Ammendments and Reauthorization Act" de 1988, más conocido como SARA III.
- Continúa el programa "Superfund" establecido en la "Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act" (CERCLA, de 1980). Se establece la obligación para las industrias de cooperar con las comunidades locales desarrollando planes de emergencia exteriores a troves de comités locales de planificación. Bajo ésta forma, las industrias informan a las autoridades de la cantidad y localización de las sustancias peligrosas que se utilicen, siempre y cuando superen los 227 Kg.

3.2.3. Marco jurídico y normatividad vigente en México.

4.2.3.1.- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos.- (LGEEPA). Es la que señala el marco jurídico que define las regulaciones en materia de residuos peligrosos que entró en vigor en Marzo de 1988.

4.2.3.2.- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Residuos Peligrosos. Continúa en el orden descendente de jerarquía de la legislación, que plantea la necesidad de que todo sujeto o entidad responsable de la generación de éstos desechos, se registre obligatoriamente con las autoridades competentes en la materia.

(Residuo Peligroso = Se denomina a todo aquel que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, corrosividad o acción biológica, conocida como clave CRETIB, puede ocasionar una acción significativa al ambiente, a la población y a los bienes. Diario Oficial de la Federación, del 28 de Marzo de 1990. Primer listado de actividades altamente riesgasas).

4.2.3.3.- Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos peligrosos.- (NOM). Se encuentran en el siguiente nivel del marco jurídico, aquí se mencionan las que tienen más relación con el ramo de la galvanoplastia, como por ejemplo:

I.- Norma Oficial Mexicana NOM 009 STPS/1993.- Relativa a las condiciones de seguridad para el transporte, almacenamiento y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.

II.- Norma Oficial Mexicana NOM 071 STPS/1993 de higiene industrial.- Medio ambiente laboral: Relacionada con la determinación en aire de cromo metálico y sus compuestos insolubles. Método espectrofotométrico de absorción atómica.

III.- NOM-CRP-001-ECOL/93.- Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Aunque se han elaborado nuevas normas (de las que se hablarán más adelante) que modifican los límites mencionados anteriormente, es importante ésta por sus definiciones sobre el tipo de residuos, así como la incompatibilidad de sustancias que intervienen en la galvanoplastia.

Los residuos provenientes de la galvanoplastia clasificados como residuos peligrosos y de su producción general se enlistan 19 residuos por su toxicidad y en 13 casos por su corrosividad, destacando en forma más específica para el cromado de piezas, los siguientes residuos peligrosos.

Clave CRETIB = Tóxicos (T).

- 1) Lodos de tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de metales para remover soluciones concentradas.
- 2) Lodos provenientes de las operaciones del desengrasado.
- 3) Sales precipitadas de los baños de regeneración de Níquel.

Clave CRETIB = Tóxicos y Corrosivos (T, C).

- 4) Soluciones gastadas y residuos provenientes del Cromado.
- 5) Soluciones gastadas y residuos provenientes del Cobrizado.
- 6) Soluciones gastadas y residuos provenientes del Niquelado.
- 7) Soluciones gastadas y sedimentos de los baños de cianuro de las operaciones de galvanoplastia. (DOF 3ª sección págs. 7 y 8, Viernes 22 de Octubre de 1993).

IV.- NOM-CRP-002-ECOL/93.- Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

V.- NOM-CRP-003-ECOL/93.- Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre 2 o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93.

A continuación, mediante la tabla 3.2 se ilustra la utilización de la norma anterior.

Tabla 3.2 Incompatibilidad de sustancias comunes en el ramo de la galvanoplastia

	AMNO	AMO	BASES	CN⁻	COH	MYCMT	AOF	AYMCA
Ac. Min no oxid.	---	X	H, F	gt, gf	H, F, gt	S	H, gt	H
Ac. Min oxid.	---	X	H, F	gt, gf	H, F, gt	S	---	H
BASES	H, F	H, F	X	---	H	S	---	---
CN ⁻	gt, gf	gt, gf	---	X	H	---	H, E, gt	---
C.O.H.	H, gt	H, F, gt	H, gf	H	X	---	H, gt	H, G
MyCMT	S	S	S	---	---	X	---	H, gf
AOF	H, gt	---	---	H, E, gt	H, gt	---	X	---
AyMcA	H	H	---	---	H, G	H, gf	---	X

Fuente: Modificada del Diario Oficial de la Federación; 3ª sección, págs. 65 y 66 Viernes 22 de Octubre de 1993.

Simbología utilizada en la tabla 3.2:

AMNO = Ácidos Minerales No Oxidantes. (Ej. Ácido Bórico).

AMO = Ácidos Minerales Oxidantes. (Ej. Ácido Sulfúrico).

CN⁻ = Cianuros. (Por ejemplo: NaCN = Cianuro de Sodio).

COH = Compuestos Orgánicos Halogenados. (Ej. Percloroetileno).

MyCMT = Metales y Compuestos Metálicos Tóxicos. (Ej. Sulfato de Níquel).

AOF = Agentes Oxidantes Fuertes. (Ej. los cromatos).

AyMcA = Agua y Mezclas conteniendo Agua. (ej. los enjuagues).

Código de Reactividad

CÓDIGO DE REACTIVIDAD	CONSECUENCIAS DE LA REACCIÓN
H-----	Genera calor por reacción Química.
F-----	Produce fuego por reacciones exotérmica violentas y por ignición de mezclas o de productos de la reacción.
G-----	Genera gases en grandes cantidades y puede producir presión y ruptura de los recipientes cerrados.
gt-----	Genera gases tóxicos.
gf-----	Genera gases inflamables.
E-----	Produce explosión debido a reacciones muy violentas, tan exotérmicas que detonan compuestos inestables.
P-----	Produce polimerización violenta, generando calor, así como gases tóxicos e inflamables.
S-----	Solubilización de metales y compuestos metálicos tóxicos.
D-----	Produce reacción desconocida. Sin embargo, debe considerarse como incompatible, la mezcla de los residuos correspondientes a este código, hasta que se determine la reacción específica.

Los valores límite para cada uno de los parámetros manejados en la Norma se encuentran en la tabla número 3.3 dada a continuación.

VI.- NOM001 ECOL/1996.-

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes de aguas residuales vertidas en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar su uso, en donde los responsables de dichas descargas la tienen que cumplir obligatoriamente.

Se realizan tomas de muestras de los procesos más representativos como mínimo 2 si el generador opera menos de 4 h/d; 4 muestras para empresas que laboren de 4 a 12 h/d y 6 muestras para empresas que laboren más de 12 h/d.

A continuación se muestra una modificación a la tabla del Diario Oficial de la Federación para los contaminantes más importantes en el cromado:

Tabla 3.3 Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros

Parámetros (mg/l totales)	R I O S				Embalses nat. y art.				S U E L O S			
	Riego agrícola		Uso público urbano		Protecc. de Vida acuática		Riego agrícola		Uso público urbano		Riego agrícola	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0
Níquel	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0

P.M. = Promedio mensual

P.D. = Promedio diario

Fuente modificada del Diario Oficial de la Federación pág. 74; 6 de Enero de 1997.

Los responsables de las descargas de las aguas residuales municipales y no municipales cuya concentración de metales pesados y cianuros rebasen los límites máximos permisibles multiplicados por 5 para cuerpos receptores como ríos o de uso público urbano, quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, a partir del 6 de Julio de 1997.

Además el responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas residuales para determinar el promedio diario y mensual y a mantener los registros del monitoreo para su consulta, por un periodo de 3 años posteriores a su realización.

Es importante mencionar que el responsable de la descarga de aguas residuales que como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente norma, tendrá que solicitar ante la Comisión Nacional del Agua, se analice su caso en particular a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

Con la aparición de la NOM 001 ECOL/1996 se abrogan las normas oficiales mexicanas que se indican a continuación:

NOM 017 ECOL 1993.- La que establecía los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de los acabados metálicos.

NOM 066 ECOL 1994.- Esta norma establecía los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la galvanoplastia.

NOM 071 ECOL 1994.- Establecía los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos químicos inorgánicos (ácidos, bases y sales).

Se menciona también que al entrar en vigor la NOM 001 ECOL 1996, el responsable que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales, está obligado a operar y a mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando se descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta norma.

Además todo aquel responsable que incremente su capacidad o amplíe sus instalaciones productivas, con fecha posterior al 6 de enero de 1997, éstas nuevas descargas no podrán acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas de acuerdo al rango de población siendo:

1 de enero del año 2000 ----- poblaciones de más de 50,000 habitantes

1 de enero del año 2005 ----- “ “ 20,001 a 50,000 “

1 de enero del año 2010 ----- “ “ 2501, a 20,000 “

debiendo cumplir con los límites máximos permisibles para éstos 90 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la CNA dicha fecha.

VII.- Proyecto de Norma NOM 002 ECOL/1996.-

Por último en el Diario Oficial de la Federación, se muestra el proyecto de NOM-002-ECOL-1996, que apareció el Jueves 9 de enero de 1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, la cual tiene como objetivo el de prevenir y controlar la contaminación de las aguas, siendo de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Al aplicar la norma NOM-031-ECOL-1993, se presentaron obstáculos de carácter técnico, por lo que fue necesario reorientar la norma, dando lugar a este nuevo proyecto de norma, el cual ya toma en cuenta puntos de vista socioeconómicos, la infraestructura de los sistemas de alcantarillado existentes, determinación de parámetros prioritarios, el tamaño de las poblaciones y la compatibilidad con otras normas en la materia.

Con el objeto de que las disposiciones establecidas en este proyecto de Norma sean operativas y su cumplimiento sea gradual y progresivo (para poblaciones de 50,000 habitantes o más se aplicará a partir del 18 de Enero de 1999; para poblaciones de 20,000 a 49,999, se aplicara a partir del 1° de Enero del año 2004 y para poblaciones de 2,500 a 19,999 habitantes tendrá aplicación a partir del 1° de Enero del año 2009).

Este proyecto de norma considera que en la mezcla de diferentes fuentes de aguas residuales, existe una disolución de los contaminantes, razón por la que los valores de los límites máximos permisibles van de 2 a 10 veces mayores que las de las normas referentes a las descargas directas a cuerpos receptores.

Además como novedad se presenta el parámetro de cromo, en lugar de la división que se hacía de cromo hexavalente y cromo total, y también se han reducido los parámetros de 15 que contenta la norma 031 a solo 8 parámetros considerados como prioritarios que maneja el proyecto de norma NOM-002-ECOL-1996, según se observa en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Límites que establece el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 a las descargas a sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal
LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

PARÁMETROS (mg/ litro, excepto cuando se especifique otra)	CONCENTRACIONES PROMEDIO MENSUAL	CONCENTRACIONES PROMEDIO DIARIO
Grasas y aceites	50	100
Sólidos sedimentables (ml/l)	5.0	10.0
Arsénico	0.5	1.0
Cadmio	0.5	1.0
Cianuro	1.0	2.0
Cobre	10.0	20.0
Cromo	2.5	5.0
Mercurio	0.01	0.02

Fuente: Diario Oficial de la Federación; 1ª sección; pág. N° 13 del Jueves 9 de Enero de 1997.

3.3. PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS QUE INTERVIENEN EN LA GALVANOPLASTÍA

Para disminuir la peligrosidad en cualquier giro industrial, es necesario entender bien el proceso, después es fundamental conocer las propiedades fisicoquímicas de las sustancias químicas que intervienen en el proceso, así como el tipo de peligro que entrañan, medidas de prevención de accidentes y primeros auxilios etc.

A reserva de que en la sección de anexos se adjunten las fichas internacionales de Seguridad Química de las sustancias más peligrosas a la salud y el medio ambiente que intervienen en la galvanoplastia, a continuación se muestra en la tabla 3.5, en forma resumida, los peligros más comunes y el equipo de protección más adecuado.

Tabla 3.5 Sustancias químicas peligrosas utilizadas en galvanoplastia

NOMBRE QUÍMICO (PRESENTACIÓN)	USOS O FUNCIONES	PELIGROS FISIOLÓGICOS	EQUIPO DE PERSONAL
Acido bórico (polvo)	Niquelado	Irritación de oídos y nariz	mcp, cp, Ext g.
Acido crómico (sales y neblina)	Cromo duro y decorativo	Necrosis nasal, irritación de ojos y vías respiratorias	en, Ext g, ah, gn, dp, cp, gp, bi.
Acido clorhídrico (neblina)	Activación para recubrir	Erosión dental, tejido quemado, irritación ocular	gp, dp, cp, bi, ah.
Ácido nítrico (neblina)	Pasivación de acero, remoje ácido	Decoloración de piel, edema pulmonar	gn, dp, cp, bi, separar de ClO_4^- , MnO_4^-
Ácido sulfúrico (neblina)	Activación, desoxidante, etc.	Tejido quemado, edema pulmonar	gn, dp, cp, bi, separar de NO_2^- , NO_3^-
Ácido Sulfámico	Niquelado	Irritación de oídos y tracto respiratorio	gn, dp, cp, bi.
Peróxido de hidrogeno (neblina)	Tratamiento de desechos, oxidante	Decoloración de piel, irritación de ojos	dp, cp, bi, guantes de hule butilo.
Hidróxido de amonio (vapor)	Recubrimiento, grabado	Edema pulmonar, irritación de ojos	gn, dp, cp, bi, separar de Cu, latón, solvente
Cianuros	Recubrimiento, cobrizado	Asfixia química, úlcera nasal, quemado de córnea	gn, dp, cp, bi, debe almacenarse lejos de los ácidos
Hidróxidos de Na y K (neblina)	Limpiadores, tratamiento de desechos	Lesiones nasales, irritación respiratoria	gn, dp, cp, bi cuidado al agregar agua
Formaldehído	Cobrizado sin electricidad	Cancerígeno, dermatitis	gn, dp, cp, bi, (reacción explosiva con peróxidos)

Tabla 3.5 (Continuación) Sustancias químicas peligrosas utilizadas en galvanoplastia

NOMBRE QUÍMICO (PRESENTACIÓN)	USOS O FUNCIONES	PELIGROS FISIOLÓGICOS	EQUIPO DE PERSONAL
Cloro (gas)	Grabado	Muy tóxico, ampollas en la piel, corrosión dental	gn, dp, cp, bi, equipo de detección de fugas
Percloroetileno, tricloroetileno (vapor)	Agentes desengrasantes y desoxidantes	Depresor del sist. Nerv., dermatitis	dp, cp, bi, gPVC excluir gente con problemas respiratorios.
1,1,1 Tricloroetano (vapor)	Desengrase	Irritación de ojos, somnolencia, vértigo	gPVC, dp, cp, bi, examen físico anual

Fuente: Piplani Paul D. "Recognition and Control of Chemical Hazards in Plating Operations"; Metal Finishing, edit. Elsevier; Tuisa, Oklahoma pagó 43; Noviembre 1993.

Simbología utilizada en la tabla 3.5:

gp = goggles (o lentes) protectores

bi = botas impermeables

Ext g = Extractor de gases

ah = agentes humectantes

dp = delantal de plástico ahulado

gn = guantes de Neopreno

en = eliminador de neblina

cp = careta protectora

gPVC = guantes de cloruro de polivinilo

mcf = máscara con filtro.

3.4. GENERALIDADES RELACIONADAS CON ANÁLISIS DE RIESGOS

En el Análisis de Riesgos, están involucradas estrategias de medición de seguridad, basadas en modelos de sistemas de producción y accidentes en procesos.

Un sistema de producción está descrito en este contexto por 4 subsistemas que son:

- a) Físico,
- b) Humano,
- c) Información y
- d) Administrativo o Directivo.

a? El subsistema físico incluye objetos inanimados, por ejemplo: equipos, instalaciones y materiales que están involucrados en el sistema de producción.

b? El subsistema humano le da vida al subsistema físico.

c? El subsistema de información provee el flujo e intercambio de información que se da en una organización, autoriza actividad, guía esfuerzos y evalúa rendimientos.

d? El subsistema de Administración y Dirección organizacional, involucra el establecimiento de metas y objetivos para la organización de sus partes funcionales.

La repartición de autoridad y responsabilidad, además de la guía general de actividades para la total organización de sus partes.

Los procesos de accidente, están divididos dentro de 3 fases:

Comenzando desde un peligro, el cual es un constituyente necesario de la siguiente fase; exposición y finalmente el resultado de un accidente es expresado como las consecuencias.

Para continuar en forma más clara con el estudio del Análisis de Riesgos, se darán algunas de las definiciones que maneja la Organización Mundial de la Salud (1990), encontradas para los principales términos que se manejarán más adelante como por ejemplo:

Peligro.- Es una fuente de daño: término cuantitativo que expresa el potencial de un agente ambiental para causar un perjuicio a la salud.

También se define como el potencial para una transferencia de energía no controlada, ya sea química o radiante, teniendo la capacidad para resultar en efectos indeseables como daños o muerte.

Identificación del Peligro.- Identificación de la sustancia de interés, sus efectos adversos, poblaciones blanco y condiciones de operación.

Riesgo.- Es una medida de pérdidas económicas, o daño a humanos en términos de los incidentes probables y la magnitud de la pérdida o daño.

También se le maneja como la probabilidad de que ocurra un evento o una serie de medidas de probabilidades de que un resultado generalmente desfavorable se presente.

Toxicidad.- Es la capacidad que tiene una sustancia para causar daño a un organismo vivo

Una sustancia altamente tóxica causará lesión a un organismo si se le administra en cantidades muy pequeñas y una sustancia de baja toxicidad no producirá efecto a menos que la cantidad administrada sea muy grande.

Sin embargo, no es posible definir la toxicidad en términos cuantitativos sin referirse a los siguientes aspectos más importantes:

- La cantidad de sustancia administrada o absorbida.
- La vía por la cual se administra esta cantidad (inhalación, ingestión, inyección).
- La distribución en el tiempo (dosis única o repetida).
- El tipo y gravedad del daño.
- El tiempo necesario para causarlo.

Caracterización del Riesgo.- Es el resultado de la identificación de los peligros y la estimación del riesgo, aplicada a un uso específico u ocurrencia del peligro.

Valuación del Riesgo.- Combinación de identificación de peligros, estimación del riesgo, exposición y caracterización del riesgo.

Exposición.- Fase que se presenta cuando un flujo de energía es inadvertidamente liberado y un individuo o grupo de individuos está expuesto a ella.

Consecuencias.- Expresa el alcance del daño humano y daño material.

Desviaciones.- Es un evento o condición en el proceso de producción que se contrapone con los procesos planeados y sin fallas.

Factor Determinante.- Son propiedades relativamente estables de los sistemas de producción que afectan la ocurrencia de un peligro.

Los factores determinantes presentan el mayor o menor peligro latente en la seguridad, en los parámetros descritos de un sistema de producción.

Para que ocurra un peligro es necesario la ocurrencia de una desviación o de un factor determinante o a la combinación de ambas.

A continuación se concentran en la tabla 3.6 los términos que describen los factores relacionados con los 4 subsistemas mencionados anteriormente y que son considerados como relevantes por su contribución en la generación de accidentes.

Tabla 3.6 La operacionalización del concepto: Desviación y factor determinante

SUBSISTEMA	EJEMPLOS DE POSIBLES DESVIACIONES	EJEMPLOS DE POSIBLES FACTORES DETERMINANTES
FISICO	material / flujo de energía	procesos unitarios / recursos
	unidades de proceso / recursos	sistemas de control / alarma
	sistemas de control / alarma	plataformas y escalones
	plataformas y escalones	recursos, seguridad
	recursos de seguridad	equipo auxiliar
HUMANO	Ambiental	Ambiente
	Instalación	diseño de procedimientos
	Inspección	métodos de operación y trabajo
	operación	
	prueba y calibración	
INFORMACION	mantenimiento	
	coordinación entre actividades	entrenamiento
	flujo de Información	instrucciones de operación y trabajo
	dibujo	proceso y almacenamiento de información.
ADMINISTRACION (DIRECCIÓN)	definición de responsabilidad	definidos e integración de, metas de seguridad
	autorización de una actividad	definición de responsabilidad
	programa de trabajo y priorización	programa de trabajo y priorización
	definición de tareas	distribución de recursos
	contenidos y límites de trabajo	

Fuente: Suokas Jouko; "Evaluation of the Quality of Safety and Risk Analysis in the Chemical Industry"; Risk Analysis, Vol 8, N° 4, pág. 583, 1988.

3.5 TECNOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Para poder decidir sobre si un riesgo es o no aceptable, se requiere estimar de alguna forma su magnitud, lo que implica un análisis previo.

Analizar riesgos significa desarrollar una estimación cualitativa o cuantitativa del nivel de peligro potencial de una actividad, referido Cato a personas como a bienes materiales, en términos de la magnitud del daño y la probabilidad de que tenga hogar.

Los resultados del Análisis de Riesgos se utilizan para la toma de decisiones (gerencia o administración de riesgos), ya sea mediante la jerarquización de las estrategias de reducción de riesgos o mediante la comparación con los niveles de riesgos fijados como objetivo en una determinada actividad.

De acuerdo con Montague (1990), se han determinado una serie de factores que influyen en la selección de técnica apropiada de análisis de riesgos como son:

- 1) Objetivo de estudio (se selecciona el peor caso).
- 2) La complejidad del proceso químico.
- 3) La edad de la planta o proceso.
- 4) Los datos requeridos en el estudio.
- 5) Las fuentes disponibles para el estudio.
- 6) El nivel de experiencia (o pericia) requerido en el uso de la técnica.
- 7) Consecuencias potenciales de accidentes.

Para reducir los riesgos industriales, se hace un diagnóstico de seguridad a la planta de procesos involucrada, respondiendo a una serie de preguntas como por ejemplo:

¿Existen riesgos reales y potenciales? Si es así, ¿Cuáles son? ¿De qué magnitud son?, ¿Son aceptables?, si no es así, ¿Cómo se pueden eliminar o reducir?

Las respuestas a estas exigencias pueden obtenerse a través del Análisis de Riesgos.

Butrón (1996), precisa que este proceso requiere de cubrir las siguientes etapas generales:

- 1ª Etapa: Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos reales y potenciales.
- 2ª Etapa: Identificar los riesgos específicos existentes.
- 3ª Etapa: Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus consecuencias posibles, y si fuese necesario, evaluar la probabilidad de ocurrencia.

- 4ª Etapa: Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el - grado de aceptación del mismo.

Las técnicas específicas a aplicar en cada una de las etapas, dependerán en cada caso en particular, del grado de profundidad requerido y de la cantidad y tipo de información recabada.

Aún cuando no existen evidencias precisas, la aparición de las primeras metodologías para el análisis de riesgos en operaciones industriales, tienen su origen entre 1910 y 1920.

Estas metodologías fueron producto de la experiencia adquirida a través de los accidentes ocurridos, a continuación se dará una breve semblanza de cada técnica.

3.5.1 Investigación de accidentes

A través de ésta metodología se definen las causas básicas que produjeron el accidente y se establecen las medidas correctivas y preventivas.

La ventaja esta técnica es que se refiere a accidentes ya ocurridos, por lo que los peligros identificados con su uso son indudablemente reales.

Por otra parte, ahí reside su principal limitación, ya que el análisis solo se refiere a accidentes que han tenido lugar y de los cuales se posee información, que puede ser limitada o sesgada, ya que muchos accidentes se registran en forma restringida o no se registran.

A pesar de lo anterior, el análisis sobre investigación de accidentes es una técnica útil, que permite la identificación de riesgos concretos.

La información sobre accidentes ocurridos en el pasado puede proceder de fuentes muy diversas, como los propios datos de la compañía, informaciones de prensa, entrevistas con testigos del accidente e informes de las comisiones de investigación.

Las limitaciones propias de la tecnología y las enseñanzas producto de ella, dio como resultado la generación de códigos y estándares, en donde se establecen parámetros generalmente aceptados para riesgos reconocidos. (Santamaría, 1994; Butrón, 1996).

3.5.2 Listas de comprobación o verificación (Safety Checklists).

Se utilizan para comprobar cumplimiento con procedimientos estándar.

Es de fácil utilización y puede ser manejada en cualquier etapa de la planta, particularmente útil para la aplicación por ingenieros no expertos, aunque la preparación de la Lista de Chequeo (CHECKLIST) deberá realizarla un ingeniero experto y familiarizado con el funcionamiento de la planta o del proceso y sea conocedor de los procedimientos.

Una vez realizadas las listas de chequeo, deberán editarse (enriqueciéndola con comentarios) y actualizarse.

Objetivo

Identificar riesgos simples y asegurar el cumplimiento con las normativas y los estándares.

Tiempo de aplicación

Fin todas las etapas del proceso o de la planta.

Diseño

Rápida y simple identificación de los riesgos involucrados y medidas apropiadas respecto a los mismos.

Resultados

Identificación de riesgos simples y cumplimientos con estándar (SI/NO).

Identificación de situaciones que requieren una evaluación detallada.

Naturaleza de los Resultados

Cualitativos, decisiones tipo si/no. Cumplimiento.

Información Necesaria

Lista de chequeo, normativas y estándar, conocimiento de la planta/sistema.

Recursos Humanos

Checklist realizado por expertos. La cumplimentación del mismo puede realizarse por cualquier ingeniero.

Posteriormente un técnico experto revisará resultados y decidirá próximas acciones.

Tiempo/Coste

Dada la facilidad de utilización es relativamente.

Es uno de los métodos de evaluación de riesgos más rápidos y baratos.

A continuación se presenta un ejemplo de utilización de la Lista de Verificación (Checklist).

Ejemplo de Lista de Verificación para la fase final del diseño.

Inflamabilidad.

- Temperatura de autoignición.
- Temperatura de inflamación
- Agentes extintores, etc.

Explosividad

- Limite inferior de Explosividad (LE).
- Limite superior de Explosividad (LSE).

Toxicidad

- Valor Umbral Limite (TLV).
- Concentración máxima permisible (MAC)
- Limite de Exposición a corto plazo (STEL).
- Protecciones personales, etc.

Corrosión/Compatibilidad

- Sustancias fuertemente ácidas/básicas
- Compatibilidades de materiales de contención.
- Equipos de protección personal necesarios, etc.

Residuos

- Posibilidad de descarga de gases
- Descarga de liquidas.
- Disponibilidad de suministro de gas inerte.
- Detección de fugas, etc.

Almacenamiento

- Contención de vertidos.
- Compatibilidad de materiales.
- Estabilidad del almacenamiento, etc.

Electricidad estática

- Puesto a tierra.
- Conductividad de materiales, etc.

Reactividad.

- Temperaturas críticas.
- Efectos de impurezas, etc.

3.5.3 Revisión de seguridad o auditorías de seguridad***Descripción***

Conforme a ITSEMAP (1995), una revisión de seguridad es un examen periódico (cada 2/3 años para plantas de alto riesgo y cada 5/10 años para las empresas con procesos de bajo riesgo) con los objetivos de identificar condiciones de planta y procedimientos de operación que pudieran provocar un accidente.

Estas revisiones se realizan por un equipo con experiencia y responsabilidad que visitan a la planta y repasan los procedimientos y entrevistan a determinadas personas, por lo que la colaboración con el equipo es esencial (las personas pueden ponerse a la defensiva y ser reacias a la colaboración, al menos que se concientice a estas).

Objetivo

Evaluar los procedimientos de operación y condiciones de planta con el objetivo de asegurar que son compatibles con la filosofía del diseño y las normas, mantener al personal de planta concientizado de los riesgos del proceso, identificar equipos y cambios en los procesos que

pudieran haber introducido nuevos riesgos desde la última revisión de seguridad e implementar en lo necesario, nuevas tecnologías y normas de seguridad.

Temporalidad

Como criterio cada 2/3 años en plantas de alto riesgo y cada 5/10 años en plantas de bajo riesgo.

Resultados

El equipo de inspectores reporta un informe en el que aparecen desviaciones al diseño, deficiencias en operación y puntos nuevos de riesgo y recomendaciones específicas..

Naturaleza de Resultados- Cualitativos.

Información necesaria.

El equipo técnico asignado deberá estar familiarizado con procedimientos de seguridad.

Tiempo/Costos

Normalmente entre 2/5 personas durante un tiempo mínimo de una semana.

En menor tiempo no es posible la evaluación con el suficiente rigor.

3.5.4 Análisis ¿Qué pasa si? (WHAT-IF)

Empezó a utilizarse frecuentemente por estos grupos de revisión, los cuales, en base a su experiencia, aplican la pregunta ¿qué pasa si? (What-if?), a cada paso del proceso, determinando el efecto de las fallas de los equipos o errores de operación.

Esta metodología puede ser utilizada para revisar un proceso completo o parte de el, dependiendo de su complejidad.

El grupo enfatiza en la revisión de factores **no detectables** a través de las revisiones visuales, con el fin de identificar los **riesgos potenciales** con base en sus conocimientos y experiencias, así como establecer las medidas de control más apropiadas.

Desafortunadamente, las metodologías basadas únicamente en la experiencia no garantizan el haber encontrado todas las posibles fallas y el resultado es que las medidas de prevención, frecuentemente, se tomen después de ocurrido el evento.

A pesar de ser un método más bien de tipo artesanal, los especialistas con más experiencia en la aplicación de esta técnica, consideran que es una herramienta fácil de emplear y menos tediosa que las otras.

El método puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción, operación o modificaciones de la planta.

Es importante destacar que suele ser un método potente únicamente si el equipo humano asignado es experimentado.

Objetivo

Identifica posibles accidentes, o sea, riesgos, consecuencias y posibles métodos / formas de minimizarlos.

Temporalidad

Puede usarse en plantas ya existentes, en el proceso de diseño en fases de arranque. Es especialmente útil para verificar cambios propuestos en una instalación.

Resultados

Lista de escenarios de accidentes potenciales y formas de reducir las consecuencias de los mismos.

Naturaleza de los Resultados

Es de tipo Cualitativo. No existe una escala cuantitativa entre ellos.

Información necesaria

Documentación detallada de la planta, los procesos, procedimientos de operación y a veces entrevistas con el personal de la planta.

Recursos humanos

De dos a tres expertos por cada área de investigación.

Tiempo/Costo

De acuerdo con Santamaría (1994), depende del tamaño de la planta a analizar y el número de áreas de investigación. Además no es efectivo la aplicación de ésta técnica si el personal no tiene el adiestramiento adecuado en la utilización del método.

3.5.5 Análisis de la forma de fallar y sus efectos (FMEA)

A principios de la década los 60's se desarrolló una metodología conocida como Análisis de las modalidades o formas de fallo y sus efectos (Failure Mode and Effects Analysis = FMEA, la cual es una formalización del método What-if?, lo que significa que es una metodología que se puede aplicar a procesos y sistemas complejos.

Descripción

El análisis FMEA es una tabulación de los equipos de la planta/sistema, sus formas o maneras de fallar y efectos que acompañan a cada forma de fallar.

La forma de fallar es una descripción de como se descompone un equipo. El efecto de la forma de fallar es la respuesta del sistema o el accidente resultante del deterioro.

En este método no se determina el posible error humano, sin embargo los efectos de una operación incorrecta son habitualmente descritos como una forma de fallar del equipo, sin ser efectivo para identificar combinaciones de fallas que den lugar al accidente.

Objetivo

Identificar las formas de fallar de los equipos/sistemas y los efectos potenciales de cada uno de ellos.

Temporalidad

En el diseño: El análisis FMEA es válido para identificar medidas de protección adicionales que pueden ser incorporadas al diseño.

En la construcción: El análisis FMEA puede ser utilizado para evaluar cambios de equipos resultantes de modificaciones en campo.

En la operación: Se puede identificar la existencia de simples fallas que puedan generar accidentes.

Tipo de resultados

Lista de equipos de planta/sistema, formas de fallar y sus efectos. Esta lista se actualiza fácilmente por modificaciones en procesos o por cambios de diseño.

Naturaleza de los resultados

Cualitativos. Escala relativa de fallas de equipos basados en frecuencias de fallas estimados y/o severidad de los riesgos.

Información necesaria

- Lista de equipos/componentes.
- Manuales de equipos en cuanto a su funcionamiento.
- Manuales de operación de la planta o proceso.

Recursos humanos

Depende fuertemente del tamaño del sistema, pero para una evaluación lo ideal es disponer de 2 analistas experimentados.

Tiempo/Costo

De acuerdo con ITSEMAP (1995), de media hora a una hora es un tiempo suficiente realizar entre 2 y 4 evaluaciones por analista.

Para la estimación de tiempos es importante conocer las similitudes entre los distintos sistemas ya que lógicamente se reduce el trabajo.

3.5.6 Análisis de árbol de fallas (FTA)

De acuerdo con Butrón (1996) e ITSEMAP (1995), en 1962 se desarrolló la metodología llamada "Fault Tree Analysis" (FTA) que consiste en el análisis y cuantificación de un diagrama lógico, el cual identifica la secuencia de todos los eventos que pueden dar como resultado una falta específica (fuego, explosión o derrame).

Descripción

El análisis de árbol de fallas o errores es una técnica deductiva que fija un particular suceso/accidente y a partir del mismo, el analista va identificando sus causas, logrando incluso (en forma gráfica mediante combinaciones de fallas) la identificación de un máximo evento, lo que permitirá pensar en implementar medidas preventivas para evitar el accidente.

Objetivo

Identificar combinaciones de fallas de equipo y errores humanos que pueden dar como resultado el accidente.

Temporalidad

Se puede utilizar tanto en la etapa de diseño como en la de operación.

Tipo de resultados

De tipo cualitativo, presenta la posibilidad de utilizarlo como evaluación cuantitativa (como datos de tasas de falla). Nos da una relación de combinación de fallas/errores que pueden originar el accidente.

Información requerida

Se debe de tener una descripción del sistema y conocimiento de fallas y efectos.

La información anterior se puede obtener ayudándose de técnicas como HAZOP (que se analizará más adelante) o FMEA.

Recursos humanos

Generalmente un analista será el responsable de la construcción de un árbol con la consulta frecuente a los ingenieros correspondientes.

Como ocurre muy a menudo cuando los árboles de fallas resultan muy complicados, se propone la creación de un equipo asignando a cada miembro una parte del mismo y la coordinación entre ellos de un experto en el tema.

Tiempo/Costo

Depende de la complejidad del sistema, como ejemplo una unidad de proceso puede llevar un día para cada árbol de errores, lo que lleva a que en equipos industriales complejos se necesiten incluso semanas para grupos de trabajo con experiencia.

3.5.7 Análisis de árbol de sucesos o de consecuencias (Event Tree Analysis =ETA)

De acuerdo con los comentarios de Santamaría (1994), el Análisis de árbol de sucesos, evalúa las consecuencias que pueden tener lugar a partir de un suceso determinado.

En el análisis ETA se hace énfasis en un suceso inicial que se supone que ya ha ocurrido, y se construye un árbol lógico que conecta dicho suceso inicial con los efectos finales, donde cada rama de árbol representa una línea de evolución que conduce a un efecto final (o a la ausencia de éste si una secuencia de circunstancias favorables es capaz de anular sus consecuencias).

El análisis ETA es especialmente adecuado para estudiar las posibles consecuencias de evolución de los acontecimientos tras un accidente.

Esto permite analizar los escenarios posibles y establecer entre ellos una jerarquía en cuanto a su gravedad y verosimilitud, seleccionar situaciones de emergencia para su evaluación cuantitativa y preparar respuestas a las mismas.

Así también esta metodología es una buena herramienta para registrar secuencias de accidentes, por tanto es adecuado para analizar aquellos casos que empiezan y pueden derivarse en una gran cantidad de efectos.

Objetivo

Identificar las secuencias del suceso observandolo desde que comienza hasta que termina el accidente.

Temporalidad

Tanto en etapas de diseño como en operación para evaluar la idoneidad de las previsiones de seguridad.

Tipo y naturaleza de resultados

Los resultados son inicialmente cualitativos, si bien puede darse la probabilidad de ocurrencia si se conocen las probabilidades de ocurrencia de los sucesos.

Información necesaria

Conocimiento de sucesos y de las funciones de seguridad y procedimiento de emergencia que pueden mitigar el suceso no deseado.

Recursos humanos

Un análisis de árbol de consecuencias puede realizarse por un solo analista siempre y cuando conozca el método.

En casos de sistemas más complejos es preferible un equipo de 2 a 4 personas.

Tiempo/Costo

Depende de la complejidad del sistema y del número de sucesos iniciales definidos. Se encarece si se pretenden tener resultados cuantitativos.

3.5.8 Índices de DOW/MOND

Como comenta Butrón (1996), éstas técnicas fueron desarrolladas por la Imperial Chemical Industries, los índices de Dow/Mond son un útil método que proporciona una escala relativa a los riesgos inherentes a la planta en cuestión.

Ambos métodos están basados en la idea de asignar penalizaciones y bonificaciones según las características de la planta.

Las penalizaciones se asignan a condiciones de la unidad/planta que pueden contribuir a la aparición de un accidente, como son: Características de la reacción, severidad de los parámetros de operación (Presión, Temperatura), cantidad de producto involucrado, efectos domino, etc.

Las bonificaciones se asignan a las características de la unidad que pueden mitigar los posibles accidentes, como son: condiciones de seguridad de la unidad, sistemas de emergencia, control, contención, protección contra incendios, etc.

Objetivo

Proporcionar una escala de unidades en función del índice de riesgo obtenido.

Temporalidad

En etapas de diseño (identifica áreas vulnerables y medidas de protección) y operación.

Resultados

Escala de las unidades de la planta basada en el índice de riesgo.

Naturaleza de los Resultados

Semicuantitativos: Cuantitativos en cuanto a escalas, además de cualitativos en cuanto a deficiencias de la unidad y tipología de los accidentes.

Información necesaria

Conocimientos precisos de las condiciones de operación de la unidad. Además hay que conocer: métodos, gráficos, tablas y fórmulas disponibles (manuales del usuario).

Recursos Humanos

Es necesario un ingeniero familiarizado con la química del proceso. Es importante que todas las unidades que forme parte de la escala final estén valuados por el mismo técnico.

Tiempo/Costo

Depende del número de unidades escogidas para la evaluación. La evaluación de cada unidad tarda de 1-3 días dependiendo de la información recibida.

3.5.9 Análisis de riesgos preliminar (PHA)

El principal objetivo de un análisis de riesgos preliminar (PHA) es identificar riesgos en las etapas iniciales del diseño de la planta e incluso es útil para determinar la optimización del emplazamiento.

Por lo tanto puede ser muy útil para el ahorro del tiempo y del costo si se identifican en ese momento los riesgos importantes en la planta futura.

De acuerdo a los comentarios de Butrón (1996), el PHA se centra en los materiales peligrosos y en los elementos importantes desde que se dispone de muy pocos datos de la futura planta, a grandes rasgos es una revisión de donde puede liberarse energía sin control por lo tanto es una lista de riesgo relacionada con: materias primas, productos intermedios y finales, equipos de planta, operaciones, equipos de seguridad, etc., dando como resultado recomendaciones para reducir o eliminar riesgos en las posteriores fases del diseño de la planta.

Objetivo

Identificar en las primeras etapas peligros potenciales para posteriores etapas.

Temporalidad

Cuando se ha definido la ingeniería básica de la planta.

Naturaleza de los resultados

Se obtiene un listado cualitativo de riesgos potenciales con recomendaciones para reducir situaciones peligrosas.

Información necesaria

Criterios y especificaciones de diseño, especificaciones de equipos y materiales.

Recursos humanos

Uno o a lo máximo dos ingenieros de seguridad.

Tiempo/Costo

Pequeño comparado con el ahorro que puede suponer una temprana identificación del riesgo potencial..

3.5.10 Análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP)

A mediados de la década de los 60's fue creada otra metodología para el Análisis de Riesgos en la división Mond de ICI (Imperial Chemical Industries), este sistema se le conoce como Hazard and Operability Studies (HAZOP).

Esta metodología fue originalmente concebida para aplicarse en el diseño de nuevas unidades operativas o modificativas a las existentes, pero, debido al esfuerzo que involucra, ha sido poco aplicada en plantas existentes.

El objetivo de la técnica es estimular la imaginación en forma sistemática y es lo suficientemente flexibles para aplicarse a todo tipo de plantas, procesos, equipos, etc.

Selección equipo HAZOP

Un equipo óptimo estará formado por 5 a 7 miembros de las siguientes especialidades:

- Ingeniero de diseño
- Ingeniero de proceso.
- Supervisor de operaciones (jefe de planta).
- Ingeniero de instrumentación.
- Químico.
- Supervisor de mantenimiento.
- Ingeniero de seguridad.

Procedimiento

Se realiza un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía, que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de facilitar la identificación de desviaciones.

El estudio de cada línea principal se lleva aproximadamente 15 minutos de estudio; un depósito/reactor con 2 líneas de entrada, dos de salida y un venteo lleva aproximadamente 90 minutos.

Cada sesión no deberá de durar más de tres horas y que no sean en días consecutivos para evitar el tedio.

A continuación se observan las principales palabras guía utilizadas en procesos continuos con sus respectivos ejemplos.

NO	No se consiguen las intenciones previstas en el diseño. Ejemplo: No hay flujo en una línea.
MÁS/MENOS	Aumentos o disminuciones cuantitativas sobre la intención de diseño. Ejemplo: Más temperatura, mayor velocidad de reacción, mayor viscosidad, etc.
ADEMÁS DE	Aumento cualitativo. Se consiguen las intenciones de diseño y ocurre algo más. Ejemplo: El vapor consigue calentar el reactor, pero además provoca un aumento de temperatura en otros elementos.
PARTE DE	Disminución cualitativa. Solo parte de los hechos transcurren según lo previsto. Ejemplo: La composición del sistema es diferente de lo previsto.
INVERSIÓN	Se obtiene el efecto contrario al deseado. Ejemplo: El flujo transcurre en sentido inverso, tiene la reacción inversa, etc.
EN VEZ DE	No se obtiene el efecto deseado. En su lugar ocurre algo completamente distinto. Ejemplo: Cambio de catalizador fallo en el modo de operación de una unidad

Palabras guía utilizadas frecuentemente en el Análisis HAZOP.

A continuación, en la tabla 3.7, también en forma de resumen se observa la relación de las palabras guía, a qué parámetros le conviene más su aplicación.

Tabla 3.7 Aplicación de las palabras - guía idóneas a diversos parámetros en relación a líneas de tubería, recipientes y tanques.

PALABRA GUÍA	FLUJO	TEMP	PRESIÓN	SUST.	CONC.	NIVEL	REAC.
NO	L, R					R, T	L, R, T
MÁS	L, R	L, R, T	L, R, T		L, R, T	R, T	L, R, T
MENOS	L, R	L, R, T	L, R, T		L, R, T	R, T	L, R, T
INVERSO	L, R		L, R, T				L, R, T
ADEMAS DE				L, R, T			
PARTE DE	L, R						L, R, T
OTRO QUE				L, R, T			L, R, T

L = Línea

R = Recipiente

T = Tanque

Fuente: ITSEMAP "Curso sobre Análisis de Riesgos"; ed. MAPFRE; 2ª sección pág. 44; México 1995

3.5.11 Análisis del error humano

Es una evaluación sistemática de la totalidad de factores que influyen en su trabajo diario de los obreros de una planta, el análisis para identificar las situaciones de error que pueden desencadenar un accidente.

Objetivo

Identificar los potenciales errores humanos y sus causas que pueden desencadenar el accidente.

Temporalidad

Se puede utilizar en fase de diseño, en construcción y en operación.

Resultados

Listado cualitativo de posibles sucesos no deseados, originados por el error humano y una serie de recomendaciones para modificar las cualidades del centro de trabajo, condiciones ambientales, preparación, etc. para mejorar la capacidad de respuesta del operador.

Información necesaria

Se deberá tener acceso a los procedimientos de la planta, entrevistas con el personal, conocimiento de la planta, paneles de control/alarma, etc.

Recursos humanos

Un analista por planta es suficiente.

Tiempo/Costo

El tiempo total requerido para el análisis del Error Humano depende de la complejidad de la planta y del grado de automatización de la misma.

Para darse una idea de los tiempos, una etapa de la tarea o procedimiento requiere de una hora de trabajo.

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DE UNA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGOS A PLANTAS Y TALLERES DE CROMADO (CASO DE ESTUDIO)

4.1 INTRODUCCIÓN

De las diversas técnicas "Análisis de Riesgos" investigadas en el capítulo anterior, se seleccionó como la más idónea para aplicarla al caso de estudio, la de "Lista de Chequeo o Verificación" (Check-list), por ser la técnica que más se ajusta al tipo de equipo, materias primas, subproductos y tipos de riesgos involucrados, en procesos perfectamente conocidos, ya que las demás técnicas son más apropiadas para giros industriales en donde existan equipos y procesos que trabajen a mayores temperaturas y presiones, así como sustancias químicas más reactivas, explosivas o inflamables.

Con relación a la población o universo de plantas y talleres de cromado se investigó lo siguiente:

En la última encuesta elaborada por el INEGI (1988) a la que se tiene acceso, existían en el Distrito Federal y zona conurbada, 386 establecimientos relacionados con la galvanoplastia en general, por otra parte en la Cámara de la Industria de la Transformación (CANACINTRA, sección 72), se tiene un registro de 110 empresas que cotizan en dicha cámara vinculadas con este giro (la gran mayoría, empresas familiares o de tipo casero).

Con la intención de relacionarse con los industriales del ramo, se acudió a la sección 72 de CANACINTRA, en donde se contó con el apoyo y autorización de la Ing. Elsa Judith López Gómez, gerente del Consejo Coordinador de las Industrias Metal-Mecánica y del Lic. Manuel Guerrero Avila, presidente de la sección 72, industriales de la galvanoplastia, para asistir a las reuniones de los días jueves en donde gentilmente se interesaron 3 empresarios, para trabajar en sus plantas:

- "Talleres de Acabados Prado" del empresario Fco. Javier Prado Bocanegra;
- Galvanodepósitos S.A. del Ing. Wolf Werner Moser
- "Cromadora Alvarez Hnos." del I.Q. Raúl Alvarez.

Para aumentar el tamaño de la muestra, se investigó en la sección amarilla del directorio telefónico, donde se reúnen 42 empresas específicamente de cromado, de las cuales 6 ya cerraron por efectos de la contracción del mercado y la crisis económica.

De las 36 restantes, se estableció relación con 30 de éstas empresas seleccionadas al azar, para comunicarles la intención de cumplir con diversos objetivos entre los que se destacan:

- 1) Conocer físicamente su empresa
- 2) Entregarles la lista de verificación (ubicada en el anexo N° 2) o cuestionario y devolverlo ya contestado.

Hubo respuesta positiva por parte de 5 empresarios que contestaron las 75 preguntas de la lista de verificación, siendo probable que lo extenso del cuestionario, o la falta de tiempo, las razones por las que no se tuvo mayor éxito en la recopilación de la información.

Además como únicamente se tenía el conocimiento físico de 3 empresas, surgió la oportunidad mediante la ayuda del I.Q. Fernando del Río Basora, Jefe de Unidad Departamental de la Dirección General de Proyectos Ambientales del DDF de integrarse dentro de las visitas programadas de inspección a diferentes giros de la industria, con objeto de buscar una minimización, tratamiento y disposición en el manejo de residuos peligrosos, patrocinado y coordinado por la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica TW ARGEMEX dependiente de la GTZ (Gefellschaft Für Technische Zusammenarbeit), en combinación con la Comisión Ambiental Metropolitana.

Se formaron equipos de trabajo de 4 personas para visitar 28 empresas del ramo de la galvanoplastia, bajo la dirección de la Ing. Isabel Kreiner y coordinado por la Ing. Minerva Cruz y el Ing. José Antonio Rueda, teniendo la oportunidad de conocer físicamente otras 7 empresas, por lo que el tamaño de la muestra se cerró a 10 empresas que cumplieron con los 2 objetivos iniciales.

Se confía en que 20 empresas restantes con las que no se tuvo la oportunidad de conocer u obtener información a partir de los cuestionarios contestados, de que estos sean de utilidad ya que algunas de las preguntas hechas, serán probablemente requerimientos que se tendrán que cumplir a futuro, (como ya está ocurriendo en Europa) y así se pueda tener una idea del futuro de las industrias.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se muestra y se comenta el Análisis de Resultados y las propuestas hechas por los dueños o representantes de las empresas visitadas.

En primera instancia se presenta una tabla con los porcentajes para aquellas preguntas, cuyas respuestas pueden ser: positivas (si), negativas (no) y en las que no se obtuvo respuesta (no contestó).

Después el bloque de preguntas en las que se pedía una respuesta o comentario escrito.

Posteriormente se muestra una segunda tabla sobre las preguntas que contaban con varios incisos de respuesta.

Para terminar se seleccionan las preguntas con temas similares, para agruparlos y poder establecer comentarios al respecto.

Población o Universo = 36 Tamaño de Muestra -10

Tabla 4.1 Resultados porcentuales de preguntas (bloque 1) con 2 opciones de respuesta
Respuestas (%) **Respuestas (%)**

No. de pregunta	SI	NO	No contesto	No. de pregunta	SI	NO	No contesto
1	70	30	0	28	80	20	0
2	40	50	10	29	60	20	20
3	70	30	0	30	100	0	0
4	70	30	0	31	70	30	0
5	80	20	0	32	60	40	0
6	90	10	0	33	60	40	0
7	60	40	0	34	90	0	10
8	80	20	0	35	80	20	0
9	50	30	20	36	20	30	50
10	50	50	0	37	60	30	10
18	80	20	0	38	70	10	20
19	80	20	0	39	40	40	20
20	90	10	0	40	60	20	20
21	60	30	10	41	40	40	20
22	0	100	0	44	60	30	10
23	80	10	10	45	40	50	10
26	80	20	0	46	40	50	10
27	80	20	0	47	20	60	20

4.2.1 Resumen sobre aquellas preguntas en las que se pide una explicación.

11.

- Medidas inexistentes = 50 %.
- No desechan reactivos porque los estabilizan por filtración continua. = 10 %
- No se entendió la pregunta (respuestas fuera de contexto) = 20 %.
- No contestaron = 20 %.

12.

- Cursos de capacitación a sus jefes de área o maestros experimentados = 60 %
- Programas de concientización en el uso de equipos de seguridad = 10 %
- No hay necesidad de capacitar = 10 %
- No contestó = 20 %

13.

- Gracias a la supervisión continua no hay riesgos = 20 %
- Todo tipo de riesgos si no se usa el equipo de protección adecuado = 20 %
- Por derrames y los normales por descuido = 10 %
- Limpieza de rectificadores y ductos de extracción = 20 %
- No contestaron = 30 %

14.

- Suspensión de la corriente eléctrica (Braker de seguridad) = 20 %
- No existe el manual de operación citado = 40 %
 Si tiene el manual de operación y las medidas dependen del tipo de dificultades y de emergencias que surjan.
- No contestó = 30 %

15.

- Falla eléctrica o contaminación orgánica en el proceso = 10 %
- Adición equivocada de producto y derrames de ácidos o bases = 20 %
- Irritación de ojos y quemaduras en piel por contacto con compuestos químicos = 30 %

- Explosión de caldera = 10 %
- Ninguna = 10 %
- Muerte por ingestión o inhalación de cianuros = 10 %
- Incendio = 10 %.

16.

- Polvo químico seco = 10 %
 - Extinguidor tipo ABC = 40 %
 - Tipo gas halón = 20 %
 - Tipo AB = 20 %
 - Tipo ABC y gas halón = 10 %
- Observación = Existen personas que por tener varios tipos de extinguidores, en caso de accidente no saben cual utilizar.

17.

- No contestó = 70 %
 - Negativo = 30 %
- Observación = Se notó en las visitas que las técnicas de Análisis de Riesgos son en general desconocidas

20.

Se reconoce que se manejan sustancias tóxicas o peligrosas, pero un 40 % opina que solo resultarían tóxicas si son ingeridas.

24.

- Cascos, gatas, tapabocas, peto, overol, botas y tapón para oídos = 10 %
- Guantes, botas, careta y cubrebocas = 30 %
- Solo guantes de hule especial = 30 %
- Guantes, mascarilla, botas y mandil = 20 %
- No contestó = 10 %

25.

- Cortadas en las manos, irritación de ojos, molestias de garganta = 10 %
 - Irritación de piel = 10 %
 - Ninguna = 60 %
 - Quemaduras en cara y piel = 10 %
 - Pinchazos por los racks = 10 %
- Observación = La frecuencia en los accidentes no es fácil determinar debido a que la antigüedad en el oficio es menor a 5 años en un alto porcentaje.

36.

- No conocen los límites de exposición = 30 %
- No contestaron = 50 %
- No existen materiales altamente tóxicos = 10 %
- Reconocen la existencia de materiales muy tóxicos, pero desconocen los límites de exposición = 10 %.

41.

Observación = Un empresario hizo el comentario de que las autoridades responsables no han proporcionado guía alguna sobre la manera de tratar a los afluentes y en la certificación oficial del contenido de los aguas residuales desde 1996, además ya no se permiten los análisis en

equipos por vía húmeda, en la actualidad solo se certifica por absorción atómica o plasma, incrementándose los costos.

42.

- Tratamientos químicos, decantación, filtración, ajuste de pH = 30 %
- Recuperación de la solución = 10 %
- No contestó = 70 %

Observación = Es importante mencionar que el 70 % de los encuestados no contestó el punto en donde las Cámaras de Industriales proporciona este tipo de información a sus agremiados.

43.

- Contaminación ecológica por las aguas residuales = 20 %
- Por ser productos químicos causarían problemas de consideración = 20 %
- Ningún riesgo por cumplir los afluentes con la norma 031 = 20 %
- No contestó = 40 %

Observación = Un 40 % de los encuestados desconoce los riesgos manifestando un desconocimiento sobre el tratamiento. Otro 20 % menciona normas en desuso (031).

44.

El 60 % de los encuestados menciona la existencia de registros, pero de nuevo una inspección visual podría echar abajo esta afirmación.

45.

Observación = Esta pregunta serviría para medir el grado de confiabilidad de las respuestas, debido a que no sería lógico pensar en que alguna empresa efectúe una sustancial erogación (en donde se comenta una crisis desde mediados de 1993), por la realización de una auditoría ambiental, que las autoridades no exigen y el Instituto Nacional de Ecología requiere un estudio de Impacto Ambiental solo para empresas que se instalarán a futuro.

Tabla 4.2 Porcentaje de resultados de las preguntas sobre minimización de residuos (con más de 2 incisos de respuesta)

Nº P	A	B	C	D	E	F	A B	A C	A D	A E	B C	B D	B E	C D	A, BC	T	NS U	NC
1			30	50										20				
2	40	20	10				20								10			
3	20	20	10	10	20						10							10
4	40			10		10	10	10							20			
5	30		30	20				10					10					
6	60																30	10
7	10		10		20					10							30	20
8			30	40	10					10						20	10	
9	40	10	10				10									20	10	
10	40	40	20															
11			10	50					20			20						
12	10	20	30	10							30							
13	90							10										
14	10	60	20					10										
15	10	40	30								20							
16	10	20	20	10	40													
17	20	70	10															
18	10			80					10									
19	20		20	10								10		20		20		
20	60	40																
21	40	60																
22	60	30																10

Nº P = Número de pregunta; T = Todas ; NSU = No se usa; NC = No contestó

4.2.2 Resumen de las preguntas sobre minimización de residuos en donde se piden respuestas comentadas

23.

- Promover cambios en el material de trabajo para un desagüe mas eficaz = 10 %
- Mayor tiempo de escurrimiento en el primer enjuague = 10 %
- Aumentar el núm. de enjuagues dejando el último enjuague para tratamiento = 10 %
- Compra de un evaporador = 10 %
- Ablandamiento y total desmineralización del agua de uso = 10 %
- No contestaron = 50 %

24.

- Falta de presupuesto, para dar un adecuado tratamiento a los desechos = 10 %
- Irresponsabilidad por parte del trabajador = 10 % . Producción defectuosa por contaminación de baños del proceso
- Tratamiento de aguas residuales = 10 %
- Descomposición de los baños del proceso = 10 %
- Falta de seriedad de la empresa encargada de manejar los residuos = 10 %
- Aseguramiento de la calidad = 10 %
- No contestaron = 30 %

25.

- \$ 480.00 diarios = 10 %
- \$ 2500.00 diarios = 10 %
- \$ 5000.00 anuales = 10 %
- \$ 1500.00 anuales = 10 %
- Del 5 al 7 % del total de los costos = 10 %
- Costos variables = 20 %
- No contestó = 30 %

26. De acuerdo a los limites proporcionados por CANACINTRA, las empresas se dividen de acuerdo al número de empleados en:

<i>Tipo de empresa</i>	<i>Número de empleados</i>
Micro -----	máximo 15
Pequeña -----	De 16 a 100
Mediana -----	De 101 a 250
Grande -----	De 251 en adelante

Micro -----	máximo 15
Pequeña -----	De 16 a 100
Mediana -----	De 101 a 250
Grande -----	De 251 en adelante

De acuerdo a lo anterior, las empresas encuestadas presentan los siguientes datos:

<i>N° de empleados de admón.</i>	<i>N° de empleados de proc.</i>	<i>Tipo de empresa</i>
400	900	Grande
1	6	Micro
14	36	Pequeña
4	30	Pequeña
5	25	Pequeña
8	21	Pequeña
7	30	Pequeña
2	4	Micro
1	5	Micro
1	3	Micro

4.2.3 Observaciones extraídas de las empresas visitadas en relación a preguntas del bloque II "Minimización de residuos".

N° de pregunta	Comentarios
3 y 6 =	Se eliminó el proceso de cianurado para aleaciones de Ni-Sn por ser altamente contaminante y el alto costo de su tratamiento.
7 =	Se agregó una técnica extra de decantado, filtrado y disolución.
8 =	Se comenta la realización de un enjuague energético a los racks o contenedores en el tercer enjuague.
10 =	Es difícil de entender como en estos tiempos de crisis, existan empresas que cuenten con una unidad de tratamiento de cianuros para llevarlos hasta óxidos de nitrógeno y bióxido de carbono ya que no lo exigen las autoridades respectivas.
15 =	Se comenta que normalmente se adiciona el contenido del tanque de recuperación o primer enjuague, para recuperar las pérdidas por evaporación y arrastre en el baño de recubrimiento.
16 =	Existe una limpieza periódica (quincenal o mensual) de los baños de cobre y de níquel, no así para el cromo.
17 =	Se hace mención que las esferas de poliuretano no dieron buen resultado, además en los sistemas de extracción de vapores pero la mayoría sin lavado de gases y se usa generalmente un agente tensoactivo llamado Ceromix.

4.2.4. Selección de preguntas por temas similares sobre el bloque I

Tabla 4.3 TEMA I.- Empresas que cuentan con documentación escrita

Preguntas: 1, 2, 3, 6, 7, 9, 21, 28, 29, 40, 41 y 44.

N° DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ
1	70	30	0
2	40	50	10
3	70	30	0
6	90	10	0
7	60	40	0
9	50	30	20
21	60	30	10
28	80	20	0
29	60	20	20
40	60	20	20
41	40	40	20
44	60	30	10
\bar{x} =	61.66	29.17	9.17

Observaciones.- Es alto el porcentaje de documentación escrita que afirman tener las empresas, a pesar de que mucho de esto no es actualmente requerido por las autoridades, pero fueron incluidas con la intención de que el empresario tenga una visión de la tendencia futura sobre el tipo de documentación con la que tendrá que cumplir.

Tabla 4.4 TEMA II Residuos en general

Preguntas N°: 8, 18, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 46.

N° DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ (%)
8	80	20	0
18	80	20	0
26	80	20	0
27	80	20	0
28	80	20	0
29	60	20	20
30	100	0	0
31	70	30	0
46	40	50	10
\bar{x} =	74.44	22.22	3.33

Observaciones.- Existe un sistema de depuración y eliminación, además de que se clasifican en peligrosos o no, almacenándose selectivamente. El personal conoce las características y toma las medidas adecuadas para su manejo.

Tabla 4.5 TEMA III.- Capacitación de personal

Preguntas N°: 5, 12, 27.

N° DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ (%)
5	80	20	0
12	60	20	20
27	80	20	0
\bar{x} =	73.44	20	6.66

Observaciones: Es importante mencionar que únicamente se piensa en dar capacitación a jefes de área o maestros oficiales, con buena experiencia debido a que no existe una garantía de permanencia en el personal de reciente contratación.

Por ejemplos una compañía que cuenta con 36 personas en el área de procesos, durante 1996, hizo más de 90 contrataciones debido a la inestabilidad e irresponsabilidad de sus trabajadores.

Tabla 4.6 TEMA IV.- Riesgos

Preguntas N°: 10,13, 17, 43.

N° DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ (%)
10	50	50	0
13	40	30	30
17	0	30	70
43	40	20	40
\bar{x} =	32.5	32.5	35

Observaciones: El industrial opina que en las operaciones de desengrase está el mayor riesgo.

La mitad habla de que anteriormente ya se efectuaron revisiones de riesgo, término que probablemente se presta a confusión, pues se constató verbalmente que son desconocidas en general las técnicas de Análisis de Riesgos y solo el 20 % menciona que sus efluentes no representan riesgo alguno a la comunidad por cumplir con la norma 031.

Tabla 4.7 TEMA V.- Residuos tóxicos

Preguntas N°: 32, 33, 34, 35.

N° DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ (%)
32	60	40	0
33	60	40	0
34	90	0	10
35	80	20	0
\bar{x} =	72.5	25	2.5

Un 60 % de los participantes de este estudio, contrata servicios externos con compañías que les caracterizan sus residuos, de esta manera, también tienen la necesidad de saber las cantidades

que producen de residuos tóxicos, conociendo el personal de la planta, las características, riesgos y formas de manipular estos residuos.

Un industrial comentó, que recientemente apareció un nuevo reglamento, relacionado con los envases de los residuos peligrosos, que impide utilizar los recipientes a cambio, lo que traerá nuevas complicaciones.

Tabla 4.8 TEMA VI.- Respuesta a emergencias

Nº DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ (%)
2	40	50	10
11	30	50	20
14	20	50	30
\bar{x} =	30	50	20

Observaciones: Las empresas que mencionan tener un plan de emergencias, indican como prioridad el corte de energía eléctrica, además de que nunca han tenido la necesidad de desechar reactivos químicos ante cualquier emergencia.

El 60 % restante comenta no tener un plan de emergencias definido.

Tabla 4.9 TEMA VII.- Tratamiento de efluentes

Nº DE PREGUNTA	SI (%)	NO (%)	NO CONTESTÓ (%)
37	60	30	10
38	70	10	20
39	40	40	20
40	60	20	20
41	40	40	20
\bar{x} =	54	28	18

Las cámaras que representan a los industriales se preocupan por informar a sus agremiados, sobre los principales tratamientos existentes, además un buen porcentaje de las empresas cuentan con la infraestructura necesaria para tratar sus afluentes, pero al abrirse la oportunidad de importar productos recubiertos electrolíticamente, de dudosa calidad y bajo precio, a mediados de 1993, provocó una competencia desleal, contracción del mercado interno y una crisis económica, que imposibilita el tratamiento continuo de estos efluentes.

4.2.5 Selección de preguntas por temas similares sobre el bloque II "Minimización de residuos"

Tabla 4.10 TEMA VIII.- Limpieza del material antes del recubrimiento

Preguntas Nº 1, 2, 5.

Nº DE PREGUNTA	INCISOS DE RESPUESTA								
	A %	B %	C %	D %	E %	A,B %	A,C %	B,C %	C,D %
1	0	0	30	50	0	0	0	0	20
2	40	20	10	0	0	20	10	0	0
5	30	0	30	10	0	0	20	10	0

Observaciones: Un aspecto de lo más importante para lograr un buen acabado, es que la pieza a recubrir esté absolutamente limpia, por lo que es satisfactorio que en esta parte del proceso un 70 % de las empresas visitadas, ya utilice desengrasas alcalinos con detergentes y humectantes que son menos agresivos para la salud ocupacional y el ambiente que los antiguos agentes de limpieza.

Por otra parte resulta problemático para la salud y el medio, que todavía un 50 % (por lo tanto existe un 20 % que utiliza ambas sustancias limpiadoras), aún sigue utilizando percloroetileno, por su alto poder disolvente de grasas y ceras, además de que se puede reutilizar, destilándolo previamente, por lo que aún no se ha podido encontrar el sustituto ideal.

En todos los casos se utiliza la limpieza electrolítica reversible o no, y en cuanto al porcentaje de utilización de ácidos para desincrustar, decapar y activar, interviene en un 40 % el H₂SO₄ caliente o no, 50 % el ácido muriático y el 10 % restante utiliza ambos.

Tabla 4.11 TEMA IX Disminución de la contaminación por minimización de residuos

Preguntas: 3, 4, 8, (las 3 anteriores de incisos) y 22, 23, (de respuesta éstas últimas 2)

I N C I S O S D E R E S P U E S T A											
Nº DE PREGUNTA	A %	B %	C %	D %	E %	F %	AC %	BC %	ABC %	CDEF %	N.C. %
3	20	20	0	0	20	10	0	10	0	10	10
4	40	0	0	10	0	10	20	0	20	0	0
8	0	0	30	40	20	0	0	0	0	0	10

Observaciones: El 40 % de los empresarios encuestados ha pensado en sustituir materias primas peligrosas y cambio de procesos, el resto piensa evitar al máximo los escurrimientos, (40 % no utiliza técnicas para minimizarlos).

El 60 % tiene posibilidades de tratar sus aguas al contar con infraestructura adecuada.

Un 20 % puede tratar los vapores tóxicos del cromado y un 10 % trata sus residuos sólidos en su misma empresa.

Un 20 % utiliza el riel de escurrimiento y un 30 % ha aumentado los tiempos de remoción.

Respuestas a las preguntas N° 22 y 23.- Ninguna empresa tiene una política definida para minimizar la cantidad de residuos, la gran mayoría (80 %) los mezcla, almacena y paga por el transporte y gestión de sus residuos a empresas especializadas.

Tabla 4.12 TEMA X.- Tipo y número de enjuagues

Preguntas N°: 11,12, 13.

I N C I S O S D E R E S P U E S T A									
Nº DE PREGUNTA	A %	B %	C %	D %	A,C %	A,D %	B,C %	B,D %	
11	0	0	10	50	0	20	0	20	
12	10	20	30	10	0	0	30	0	
13	90	0	0	10	0	0	0	0	

Observaciones: La mitad de los empresarios utiliza los enjuagues por inmersión; a contracorriente e inmersión un 20 %, utilizándose de 1 a 3 enjuagues y agua municipal en el 100 % de los casos.

Algunos empresarios piensan a futuro cambiar a agua desionizada.

Tabla 4.13 TEMA XI.- Mantenimiento de los baños del proceso

Pregunta N°: 14,15 16.

Nº DE PREGUNTA	A %	B %	C %	D %	E %	A,C %	B,C %
14	10	60	20	0	0	10	0
15	10	40	30	0	0	0	20
16	10	20	20	10	40	0	0

Observaciones: Se hace una filtración continua del níquel, reteniendo las impurezas para posteriormente secar los contaminantes.

Para el 60 % de las empresas sujetas de estudio, una compañía externa realiza el análisis de control de los baños de proceso, solo el 20 % de las empresas cuentan con un químico de planta.

Todas las empresas rellenan los baños del proceso, con los escurrimientos recuperados en el primer enjuague estático.

La frecuencia del mantenimiento o limpieza es muy variable, dependiendo de la carga de trabajo y el grado de calidad del producto que se requiera.

Hasta el punto anterior se ha hecho el comentario de la mayoría de las respuestas pertenecientes a esta "Lista de Chequeo", debiendo aclarar, que hubo algunas respuestas que desde la primera visita se notó que estaban fuera de contexto para este giro, pero se decidió no eliminarlas, para constatar la veracidad de las respuestas de la empresa encuestada, o hasta que punto el encargado, está preparado no tan solo en el conocimiento del proceso, sino también en los riesgos que puede correr él y sus compañeros de trabajo, así como la minimización de residuos y los planes a futuro de la empresa donde labora.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos generales y específicas además de las observaciones extraídas de las visitas físicas, el producto de las listas de verificación analizadas y lo expresado verbalmente por los empresarios, estas serien las conclusiones obtenidas:

- 1.- El cromado con tecnología que utiliza cromo III (prácticamente desapercibido en México) tiene una serie de ventajas sobre el cromo VI, sobresaliendo:
 - Mayor seguridad para trabajarlo.
 - Facilidad de remoción de sus impurezas.
 - Nula formación de neblina, la cual es muy densa y dañina en el cromo VI.
 - La principal desventaja está en su coloración acerada, menos decorativa que la del Cr VI, aunque ya se está trabajando en ello y los últimos reportes indican que es mínima la diferencia.

- 2.- Una vez que se estudiaron las diversas técnicas de análisis de riesgos, se encontró que para el tamaño de las empresas u el tipo de productos, subproductos, procesos y condiciones de operación la lista de verificación con ciertas modificaciones es la más conveniente para investigar y determinar las recomendaciones a seguir para disminuir la peligrosidad de este giro industrial.

- 3.- En cuanto a las conclusiones extraídas de la lista de verificación bloque I, se tiene:
 - 3.1.- Elaborar en forma escrita:
 - Los procedimientos de operación para cada uno de los procesos.
 - Los sistemas de Seguridad, Higiene y protección en el Trabajo (que se haga hincapie en el uso del equipo de protección, o establecer penalizaciones por no utilizarlo).
 - Plan de emergencia en caso de accidente.

 - 3.2.- Elaborar material didáctico explicativo de los 3 puntos anteriores (acetatos, transparencias, rotafolios, etc.) y difundirlo por medio de las cámaras o asociaciones de industriales, al cual debe de acudir un supervisor o maestro operador, para que esta persona a su vez, lo transmita al resto del personal de su empresa, con ayuda del material didáctico.

 - 3.3.- Elaborar un manual que contenga (mediante esquemas) una explicación sencilla del tratamiento más idóneo para cada tipo de efluente, que incluya costos aproximados de la infraestructura mínima para realizarlo de acuerdo a rangos tipo de volúmenes de aguas residuales.

- 4.- Las siguientes conclusiones de este punto tienen que ver con la lista de verificación para el bloque II, que tiene que ver con: la minimización de residuos, de la peligrosidad y el volumen de los mismos.
 - Utilizar desengrasante alcalino que contenga humectantes y detergentes (que no sea orgánico halogenado).
 - Debe de existir una limpieza electrolítica que utilice las 2 polaridades.

- Buscar la sustitución de los procesos cianurados.
 - Utilizar la aspersion en tanques de recuperación, con tiempos más largos de goteo (Utilizar un gancho o riel ex profeso para dejar escurriendo el material de trabajo) y tablas anguladas, que permitan que los arrastres sean devueltos al tanque de proceso.
 - Utilizar de 3 enjuagues (como mínimo) en adelante a contracorriente o en cascada.
 - Utilizar los agentes químicos modificadores de la tensión superficial, agregando además las esferas de polipropileno y planear a futuro la colocación del ciclón extractor con lavador de gases.
- 5.- En este trabajo se anexo al final del mismo la lista de fichas internacionales de seguridad, para así poder identificar el grado de peligrosidad de las sustancias químicas utilizadas en la industria del cromado.
- 6.- Los empresarios integrantes de la industria de la galvanoplastia, pertenecen a un gremio golpeado en parte por la apertura comercial de México, reduciendo el mercado de trabajo, teniendo necesidad de importar algunos insumos (níquel, abrillantadores, etc.) requeridos en sus procesos y aunado a lo anterior, tienen la obligación de cumplir con la normatividad que se precisa hoy en día para todo ramo de la industria, enfrentando inspecciones con diferentes intereses y visiones como producto de una descoordinación entre autoridades ambientales, sanitarias y laborales, así como entre autoridades federales, estatales y delegacionales.
- 7.- Al escuchar comentarios por parte de los empresarios, como son:
- a) El cambio que se acaba de dar el año pasado en el tipo de equipo permitido por las autoridades para analizar los residuos, incrementando los costos.
 - b) La imposibilidad del industrial de continuar utilizando sus recipientes (tambos de 200 l con tapa hermética) para almacenar sus residuos peligrosos ya tratados e intercambiarlos con la compañía que hace la gestión de los mismos.
 - c) A empresas preocupadas por su entorno ambiental y que en anteriores evaluaciones de sus gases de escape, ya demostró estar por debajo de la norma establecida, el no permitirles hacer el gasto de medición una vez al año en lugar de cada 6 meses, para reducir los costos.
 - d) El pedir nuevas valoraciones, en base a balances de materia en sus gases de salida.
- Se llega a la conclusión, de que hace falta una política por parte del gobierno de mayor aliento, que elimine la falta de criterios homogéneos para inspeccionar o juzgar el cumplimiento de la normatividad.
- 8.- En general no se tiene arraigada una cultura de seguridad e higiene en el trabajo, a pesar de que los empresarios si adquieren el equipo adecuado, el operario lo utiliza en contadísimas ocasiones.
- 9.- En ninguna empresa se utiliza agua desionizada en sus procesos, a pesar de que se ha demostrado en lugares como Alemania, que es positivo a largo plazo para mejorar la calidad del acabado, alargar los tiempos de mantenimiento, disminuir los contaminantes, etc.
- Lo anterior es debido a que en México, el costo del agua municipal sigue siendo muy atractivo para el industrial.
- 10.- El 10 % de las empresas visitadas cuentan con filtro prensa para disminuir los lodos, un 20 % adicional, esta en vías de adquirirlo, ya que cuentan con espacio físico y recursos económicos

para ello, aspecto muy importante, debido a que su costo actual para una pequeña empresa que produzca entre 2,000,000 a 3,000,000 de piezas colgadas (piezas que no rebasan los 10 dm² de superficie) y de 40 a 50 toneladas a granel anuales, necesitaría adquirir un filtro prensa con un valor de \$ 80,000.

- 11.- A pesar de haber visitado empresas muy conscientes de la salud de sus operarios, en las que contaban con esferas de polipropileno, ductos extractores de gases para su posterior tratamiento, además del líquido modificador de la tensión superficial, de todas formas se llegan a escapar los vapores tóxicos del ácido crómico (H₂CrO₄), por lo que es necesario fomentar el cambio a una tecnología que utilice el Cromo III (Cr³⁺) mucho menos tóxico que el anterior.
- 12.- De 1992 a la fecha se presentó una deserción de la afiliación de las cámaras industriales de muchas empresas, también se dio el cierre de otras por la crisis económica (sobre todo microempresas) y grandes dificultades para conseguir financiamientos para actualizar la tecnología existente.
- 13.- Se observó una cada vez mayor vinculación de la industria con los centros de enseñanza e institutos de investigación avanzada (ESIQUE, UAM Azc., Instituto de Ingeniería de la UNAM etc.), en proyectos exitosos, en donde los costos de operación de dichos proyectos, lo comparten las industrias del ramo o con el apoyo de instituciones de fomento a la investigación.
- 14.- Falta de conocimiento de algunos empresarios (desconectados de los problemas de contaminación que provocan), de la existencia de la legislación ambiental y de la utilidad de realizar cambios de procesos para mejorar su productividad y llegar a ser más competitivos.
- 15.- Ignorancia y arrogancia de inspectores y funcionarios de gobierno en relación a los procesos involucrados en la galvanoplastia y la aplicación correcta de las normas relacionadas con las emisiones, descargas y residuos.
- 16.- A finales de la década de los 50' s, se fundan las primeras empresas cromadoras en México, dándose un crecimiento de este giro en los sesenta, para llegar a tener su mayor auge en la década de los 70' s.

Se presenta una contracción del mercado a principio de los 80's, debido a la aparición de facias o defensas de plástico en los autos (artículo muy importante para ésta industria) y para la década de los 90's se presenta una nueva disminución de mercado por la liberación de importaciones (1993), de artículos cromados de dudosa calidad, pero bajo precio, lo que provocó el cierre de un buen número de las microindustrias y actualmente se observa un repunte gracias al industrial que se esfuerza por dar un acabado de calidad a su producto.

Es la intención de que este trabajo contribuya con su granito de arena a mejorar las condiciones laborales de los operarios, exista menor riesgo para todo el personal que trabaja en este giro, así como le sea de beneficio al empresario. A continuación se dan una serie de recomendaciones, con el mejor de los deseos de que sean de utilidad.

CAPÍTULO 6

RECOMENDACIONES

- 1.- Buscar la participación de expertos en el ramo para la elaboración de un manual de buenas prácticas de trabajo, con instrucciones básicas y de preferencia sencillas para disminuir la contaminación, reducir el gasto de agua y minimizar los residuos.

Este manual o folleto se debe de buscar la forma más idónea de que le llegue al industrial (por medio de las oficinas de la tesorería de la Federación, o mediante la forma de identificación que utilizó el INEGI) a ese gran núcleo de microindustrias familiares, que no se acerca a las cámaras industriales y que es cercano al 90 % del total de las empresas de galvanoplastia que hay en México.

- 2.- Construcción a mediano y largo plazo de plantas de tratamiento de aguas industriales, después de un estudio de aquellas industrias cuyos efluentes se puedan tratar en forma mancomunada, las zonas donde sería más urgente este servicio, por estar la mayor densidad industrial y las empresas más contaminantes.

Lo anterior sería útil por las siguientes razones:

- a) Al trabajar a mayores volúmenes se abatirían los costos de tratamiento en general.
 - b) Se tendría la seguridad de que las aguas residuales de estas industrias si son tratadas permanentemente, la dependencia gubernamental, podría suministrar después esta agua tratada para ser reutilizada.
 - c) En cuanto al ramo de la galvanoplastia se encuentran zonas donde existe mayor número de empresas de este giro como son: Vallejo, Tlalneplanta, Naucalpan y Atizapán. Otra zona es la de Iztapalapa y Tulyehualco y una mas sería la de Ecatepec y zonas circunvecinas.
- 3.- Elaboración de un video que involucre, los procedimientos de operación más adecuados para disminuir o evitar accidentes y riesgos en este ramo y otros de la industria, así como el manejo de las sustancias más peligrosas, para que sea observado por el trabajador, pero sobre todo por los de reciente ingreso o de menor experiencia.

La elaboración de cada video específico podría realizarlo en forma conjunta las cámaras industriales trabajando de común acuerdo con las dependencias gubernamentales relacionadas y la recuperación económica se darla al adquirirlo el empresario que lo necesite.

- 4.- Inducir, aconsejar u obligar de alguna forma al operario para acostumbrarse a trabajar con el equipo de seguridad, para poder implantar paso a paso una cultura de seguridad en el trabajo.
- 5.- Se han dado los primeros pasos, pero es necesario que se incremente el trabajo en conjunto entre instituciones académicas, empresarios y autoridades encargadas de vigilar y hacer cumplir la normatividad para que observe la realidad que se vive en este giro industrial.
- 6.- El empresario con posibilidades de espacio debería abrir la oportunidad en forma permanente al alumnado, tanto para la realización del servicio social como de desarrollo de tesis, para que

mediante la dirección de estos proyectos los investigadores académicos estén continuamente enterados de los problemas actuales que se tienen en la industria y busquen una solución de manera conjunta: empresario, alumno e investigador.

- 7.- Elevar el costo mediante un impuesto extra de aquellas sustancias químicas que ofrecen mayores riesgos a la salud y al medio ambiente, por ejemplo el percloroetileno, para fomentar el uso de agentes limpiadores menos agresivos y que ya están en uso.

Sustitución de otras materias primas como por ejemplo:

- a) Eliminación de los peligrosos cianuros.
 - b) Cambiar paso a paso la utilización del ácido crómico por la tecnología que utiliza el Cromo III.
 - c) Sustituir las pastas para pulir a base de estearina y cebo, por sustancias más biodegradables.
- 8.- Con respecto al último inciso del punto anterior, puede ser positivo con respecto a la salud ocupacional, dotar de mayor protección al operario y rotarlo periódicamente a este personal que trabaja en el pulido y desbastado, donde existe mayor riesgo de inhalar micropolvos que afectan a la larga las vías respiratorias.

- 9.- Desarrollar técnicas de ahorro de insumos y energía como serian por ejemplo:

- a) La recolección y aprovechamiento de las aguas de lluvia para los servicios.
 - b) Instalar una serie de serpentines con tubería de cobre, recubiertos de vidrio o acrílico, para que funcionen como calentadores solares y durante una buena época del año sirvan para mantener a cierta temperatura el agua que se utilizará en los procesos y se requiera menos energía eléctrica o menor cantidad de diesel o gas, utilizados en la caldera.
- 10.- Identificar la ubicación de créditos blandos para impulsar la modernización tecnológica y la producción más limpia de este sector.

- 11.- Buscar las estrategias más adecuadas para llevar a cabo las siguientes acciones:

- a) Capacitación y sensibilización de empresarios.
- b) Capacitación y sensibilización de inspectores y funcionarios menores de gobierno en áreas ambientales, sanitarias así como de higiene y seguridad laboral.
- c) Creación de empresas que funcionen como "monitores", en donde participe el sector académico, las agencias de cooperación extranjeras, los centros de producción mas limpia, para apoyar a grupos de pequeñas empresas, para que puedan resolver en forma compartida sus problemas tecnológicos.
- d) Difundir las experiencias resultantes de otros países para problemas similares.

ANEXO 1

APLICACIÓN DE UNA TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGOS BLOQUE "I" (LISTA DE VERIFICACIÓN) EN PROCESOS DE CROMADO

INTRODUCCIÓN

La siguiente lista de chequeo (Check-list), se intenta aplicar en forma anónima a empresas en donde intervenga el proceso de cromado, para ser utilizada en revisiones de riesgo de proceso, pretendiendo cubrir aspectos importantes de las operaciones del proceso de deposición electrolítica, en base al cobre, níquel y cromo.

Los objetivos que se persiguen al emplear la siguiente lista de chequeo son:

- Determinar qué tan adecuados son los diseños de las instalaciones.
- Estimular la identificación de riesgos potenciales.
- Determinar los procedimientos de mantenimiento y operación.
- Fomentar el desarrollo de sistemas y procedimientos de gestión interna del medio

Para el Bloque "I" las preguntas: I a la 10; 18 a la 23; 26 a la 35; 37 a la 41; y de la 44 a la 47, se plantearon de forma positiva y negativa, de tal forma que las respuestas, concisas, serán **sí** o **no**, pero en mucho se agradecería, que si existe algún comentario a realizar o una contestación intermedia más extensa, (como las preguntas planteadas de la 11 a la 17; 24 y 25, la 36 y por último la 42 y 43), sean anexadas por separado.

A - Información General

- 1) ¿Existe en la empresa un plan de gestión medioambiental, escrito y actualizado?
Si _____ No _____
- 2) ¿Existe un plan de emergencia escrito y actualizado, en caso de accidente grave?
Si _____ No _____
- 3) ¿Existe un plan, escrito y actualizado, de mantenimiento de la planta? (revisión y control de la maquinaria de los sistemas de producción, de seguridad y de emergencia).
Si _____ No _____
- 4) ¿Existe un sistema de seguridad, higiene y protección en el trabajo y, si existe, se cumple?
Si _____ No _____
- 5) ¿Existe un sistema de formación e información al trabajador sobre el manejo de equipos, así como de la composición, propiedades, manipulación y eliminación de cualquier producto o sustancia utilizados?
Si _____ No _____
- 6) ¿Existe una copia de todos los informes, permisos y autorizaciones administrativas a nivel local, delegacional, municipal, estatal o federal?
Si _____ No _____
- 7) ¿Existen los contratos (o permisos), por escrito y actualizados, de gestores y transportistas externos?
Si _____ No _____
- 8) ¿Existe un sistema de tratamiento, depuración o eliminación de los residuos líquidos, sólidos o gaseosos, y documentación escrita al respecto?
Si _____ No _____

- 9) ¿Existe una lista de procedimientos de operación, y ésta se encuentra completa y actualizada?
Si _____ No _____
- 10) ¿Se han hecho cambios en el proceso después de una revisión de riesgos del mismo?
Si _____ No _____
- 11) ¿Qué medidas se tienen para desechar rápidamente los reactivos, si lo anterior se requiere por una situación de emergencia en la planta? _____

- 12) ¿Qué tipo de entrenamiento hace falta tanto a supervisores como a operadores? _____

- 13) ¿Qué riesgos de proceso se presentan al efectuar el mantenimiento rutinario, y cuáles por procedimientos de limpieza del equipo? _____

- 14) ¿Qué medidas contempla el manual de operación para situaciones de arranques, paros, emergencias y dificultades? _____

- 15) ¿Cuál sería el incidente más severo posible, o la peor combinación concebible de fallas que pueda ocurrir? _____

- 16) ¿En caso de incendio, existen hidrantes dentro de las instalaciones, o suficiente número de extintores, y éstos de qué tipo son? _____

- 17) ¿Considera que existen otros puntos del proceso a los cuales se les deba efectuar una revisión de proceso más profunda, usando otras técnicas de análisis de riesgos? _____

B - Materias primas y almacenamiento

- 18) ¿Se han clasificado los materiales en peligrosos o no peligrosos? (tanto materias primas, como productos intermedios y finales).
Si _____ No _____
- 19) ¿Conoce el personal las características de cada materia prima (composición y propiedades, riesgos, manejo, etc.) y toma las medidas necesarias para su manipulación?
Si _____ No _____
- 20) ¿La empresa utiliza sustancias consideradas como tóxicas o peligrosas?
Si _____ No _____
- 21) ¿Existe un sistema actualizado y escrito, y la documentación necesaria para una gestión correcta de las materias primas?
Si _____ No _____
- 22) ¿Se tiene algún programa de salud ocupacional?
Si _____ No _____
- 23) ¿Puede el material causar dermatitis?
Si _____ No _____
- 24) ¿Qué tipo de protección personal se requiere para protegerse contra absorción por medio de la piel? _____

- 25) ¿Se han tenido lesiones? (De qué tipo y con qué frecuencia). _____

C - Residuos sólidos

- 26) ¿Los residuos generados se almacenan selectivamente? (En función de sus riesgos, características, propiedades, vida activa, eliminación o tratamiento, manipulación, etc.)
Si _____ No _____
- 27) ¿Conoce el personal las características antes mencionadas de éstos residuos y toma las medidas necesarias para su manipulación?
Si _____ No _____
- 28) ¿Existe un sistema actualizado y escrito, así como la documentación necesaria para la gestión de los residuos? (Almacenamiento, tratamiento, eliminación, transporte, etc.).
Si _____ No _____
- 29) ¿Existe documentación escrita sobre los métodos de análisis de residuos y los límites máximos permitidos para evacuarlos?
Si _____ No _____
- 30) ¿El almacenamiento de residuos se realiza en envases adecuados para evitar fugas y accidentes?
Si _____ No _____
- 31) ¿Trata y gestiona sus propios residuos?
Si _____ No _____

D - Residuos tóxicos y peligrosos

- 32) ¿Existe un método de caracterización de sus residuos tóxicos y peligrosos? (Propiedades físico - químicas, composición química, volumen, peso).
Si _____ No _____
- 33) ¿Ha realizado algún estudio sobre las cantidades producidas?
Si _____ No _____
- 34) ¿El personal de la planta conoce los riesgos y características de éstos residuos tóxicos y peligrosos y cumple todas las recomendaciones de manipulación?
Si _____ No _____
- 35) ¿Los almacenes de residuos tóxicos y peligrosos están separados, perfectamente localizados y señalizados?
Si _____ No _____
- 36) ¿Conoce cuáles son los materiales altamente tóxicos y cuales son sus diferentes límites de exposición? (LC₅₀, LD₅₀, TLV, STEL). _____

E - Efluentes y vertidos

- 37) ¿Se conoce la composición de todos los efluentes líquidos que se producen en la instalación?
Si _____ No _____
- 38) ¿Se tratan éstos efluentes antes de su vertido?
Si _____ No _____
- 39) ¿Se conocen todas las características (físicas, químicas y biológicas) de éstos efluentes líquidos?
Si _____ No _____
- 40) ¿Existe documentación escrita sobre los métodos de análisis de éstos vertidos y de los límites máximos permitidos?
Si _____ No _____

41) ¿Existe un sistema, actualizado y escrito, así como la documentación necesaria para la correcta gestión de estos efluentes?

Si _____

No _____

42) ¿Cuáles son los procesos de depuración? _____

43) ¿Qué riesgos existen si se vacían materiales del proceso en alcantarillas o drenajes de las áreas circunvecinas? _____

F - Gestión Medioambiental

44) ¿Existen registros escritos de todos los parámetros que afectan a la gestión del medio ambiente? (Volúmenes de residuos, tipo y características, almacenamiento, tratamientos, sistemas de emergencia, etc.).

Si _____

No _____

45) ¿Existe y se aplica un plan de auditorías ambientales?

Si _____

No _____

46) ¿Existe un plan escrito y actualizado de reducción de residuos (Sólidos, líquidos o gaseosos)?

Si _____

No _____

47) ¿Existe un plan escrito y actualizado para la transformación, modificación o disminución de la peligrosidad de productos tóxicos y el desarrollo de productos amigables con respecto al medio ambiente?

Si _____

No _____

Cuestionario relacionado con "Minimización de residuos" bloque "II"

Introducción.- Este cuestionario se pretende aplicar a empresas del ramo de la galvanoplastia, que permanecerán en el anonimato para garantizar que la información proporcionada, únicamente se aplique en el conocimiento de la situación de las empresas mexicanas con respecto a sus proyectos de minimización de residuos.

Instrucciones.- Escriba sobre la raya de la derecha la letra, o letras relacionadas con los incisos, que correspondan con las características de su empresa.

De las preguntas número 23 a la 25, o para alguna otra que considere extenderse en su respuesta, utilice el espacio libre al final de las preguntas.

Agradecimientos.- Señores empresarios quiero hacerles un reconocimiento por su valiosa ayuda y la atención prestada a estos 2 cuestionarios (lista de chequeo y cuestionario sobre minimización de residuos), indispensables para la realización de este proyecto. De antemano muchas gracias.

1.- Tipo de disolvente o desengrasante utilizado por su empresa _____

a) III Tricloroetano

b) Tricloroetileno

c) Percloroetileno

d) Desengrase alcalino + detergentes y humectantes

e) otro tipo (¿cuál?)

2 - Utiliza limpieza electrolítica de tipo _____

a) Anódica o inversa

b) Catódica o directa

c) Periódicamente reversible

- 15.- El recambio o sustitución de las soluciones en los baños electrolíticos es de tipo: _____
a) Vaciado total (¿cada cuándo?) b) relleno con solución salina nueva o agua de
c) Otra forma (¿cuál?) enjuague (¿cada cuándo?)
- 16.- Con que frecuencia se realiza el mantenimiento o limpieza de los baños? _____
a) Cada tercer día b) Quincenal c) Mensual d) Semanal e) Otra (¿cuál?)
- 17.-En tinas de cromado, para evitar o disminuir los vapores se cuenta con: _____
a) Ciclón extractor con la vador de gases b) Esferas de poliuretano c) ninguno
d) Agentes químicos modificadores de la tensión superficial e) Solo ciclón extractor f) Otro
- 18 - El tipo de control que se realiza con los residuos es: _____
a) Únicamente se separan los residuos b) Reciclaje interno c) Otro (¿cuál es?)
d) Se almacenan y se paga por su transporte a empresas especializadas.
- 19.- Planes a futuro de la empresa: _____
a) Cambio de equipo o instalaciones b) Planeación de una política ambiental
c) Se tomarán medidas para reducir o manejar los residuos.
d)Programas de capacitación para el personal que opera la planta.
e) Cambios en las características de la materia prima.
- 20.- Existe alguna persona perteneciente a la empresa que conozca la legislación vigente? _____
a)Si b) No
- 21.- Los residuos generados se manejan de forma: _____
a) Individual b) Mezclada
- 22.- Existe una política de la empresa para minimizar la cantidad de residuos?: _____
a) Si b) No
- 23.- De ser positiva la respuesta anterior, podría indicar en forma breve en que consiste su programa de minimización de residuos? _____
- 24.- ¿Cuáles son los problemas más comunes a los que se enfrenta en la operación de la planta: _____

- 25.- Los costos anualizados por el manejo de residuos ascienden a: _____
- 26.- Para efectos de ubicar a su empresa dentro de las micro, pequeña, mediana o gran empresa, en su establecimiento laboran un número de empleados igual a: _____ administrativos; _____ en procesos.

Elaboró: I.Q. Ramón Maubert Franco.

ANEXO 2

FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUÍMICA

En este anexo 2 se han integrado las principales fichas internacionales de seguridad química, de la mayoría de sustancias químicas que intervienen en el proceso de cromado por medio de recubrimiento electrolítico.

En éstas fichas internacionales de seguridad química se resume la información esencial, sobre salud y seguridad en el manejo de sustancias químicas, desarrolladas como una actividad conjunta de 3 organismos internacionales mencionados a continuación:

- El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- La Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- La Organización Mundial de la Salud (OMS).

La creación de cerca de 400 fichas internacionales de seguridad química, (de donde se seleccionaron las vinculadas con el cobrizado, niquelado y cromado) elaboradas con el objeto de difundir tanto entre empresarios como empleados y gente del medio, las evaluaciones de los riesgos que entrañan para la salud humana y el medio ambiente, éstas sustancias químicas peligrosas sobre todo en la pequeña y mediana industria.

Las 19 fichas técnicas relacionadas con sustancias que intervienen en la galvanostegia han sido escogidas y modificadas en su totalidad del Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas publicado por la comisión de las comunidades europeas con sede en Luxemburgo e impreso en el año de 1992.

Una modificación es la de utilizar claves numeradas para cada recuadro, posteriormente acudir al resumen final de este anexo y enterarse de la explicación correspondiente para cada recuadro.

1. Ácido Clorhídrico (HCl)

Números de identificación:
ICSC # 0163

CAS# 7647-01-0;
UN # 1050

RTECS#MW4025000;
EC # 017-002-00-2

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1K	2D	3H
Explosión			6A

EXPOSICIÓN		7E	
Inhalación	8J	9B	10D
Piel	11G	12A	13A
Ojos	14A	15B	16A
Ingestión	17G	18A	19C

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20G	21C	22D

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24D	25E	26K	27M

Estado Físico: Como gas licuado, es incoloro, con olor acre, más pesado que el aire. En solución con el agua, a 15 °C se logran disolver hasta 455 L de HCl por L de agua.

Peligros Químicos: La sustancia es un ácido fuerte, que reacciona violentamente con las bases y es corrosivo. Reacciona también violentamente con sustancias oxidantes, formando gas tóxico (Cloro). Ataca muchos metales, formando gas combustible (Hidrógeno).

Límites de exposición laboral: TLV: 5 ppm; 7 mg/m³.

Propiedades Físicas:

Punto de Ebullición (101.3 kPa) = - 84 °C.

Punto de Fusión= -114 °C.

Masa molecular = 36.5.

Densidad relativa como gas (aire = 1): 1.3.

Notas: Los síntomas de edema pulmonar a menudo no se manifiestan hasta pasadas unas horas, agravándose por esfuerzos físicos. Descanso y atención médica son necesarias.

Síntomas por inhalación: dolor de garganta.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R) - 20G17.

Código NFPA: H 3; F 0; R 0.

2. Ácido Nítrico (HNO₃ al 70 %)

Números de identificación:
ICSC # 0183

CAS # 7697-37-2
UN # 2031 EC # 007-004-00-1

RTECS # QU5775000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1I		3C
Explosión	4D		

EXPOSICIÓN		7B	
Inhalación	8K	9B	10C
Piel	11J	12B	13A
Ojos	14H	15D	16A
Ingestión	17G	18A	19F

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASE Y ETIQUETADO
20I	21J	22B

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B		26G	27H

Estado Físico: Líquido de amarillento a incoloro con un olor acre.

Peligros Químicos: Se descompone por calentamiento, formándose vapores tóxicos. Es un fuerte oxidante y reacciona violentamente con combustibles y agentes reductores. Es un fuerte ácido que reacciona violentamente con las bases y es corrosivo con respecto a la mayoría de los metales, formando óxidos de nitrógeno. Reacciona muy violentamente con la mayoría de los compuestos orgánicos comunes, por ejemplo: acetona, ácido acético, anhídrido acético, ocasionando peligro de explosión o fuego. Ataca a algunos plásticos.

Límites de exposición laboral: TLV = 2 ppm; 5 mg/m³; TLV (STEL) = 4 ppm; 10 mg/m³.

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición = 122 °C.

Punto de Fusión = 42 °C.

Densidad relativa (agua = 1) = 1.4; es miscible en agua.

Presión de vapor a 20 °C = 387 Pa.

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C (aire = 1) = 1.01.

Notas: Dependiendo del grado de exposición, un examen médico periódico es adecuado, además es aconsejable enjuagar las ropas contaminadas con abundante agua.

Código NFPA: H 3; F 0; R 0.

3. Ácido Sulfámico (NH₂SO₃H)

Números de identificación:
ICSC # 0328

CAS # 5329-14-6
UN # 2967 EC # 016-026-00-0

RTECS # W05950000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1C		3H
Explosión			

EXPOSICIÓN		7A	
Inhalación	8G	9A	10C
Piel	11N	12A	13A
Ojos	14E	15B	16A
Ingestión	17F		19C

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20C	21F	22L

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24A	25C	26J	

Estado físico; Apariencia: Cristales incoloros o polvo.

Peligros químicos: Al descomponerse el ácido por calentamiento, produce nitrógeno, además gases y vapores corrosivos (SO₂, NH₃). La solución en agua es un ácido moderadamente fuerte que reacciona con las bases.

Limites de exposición laboral: TLV no ha sido establecido.

Propiedades Físicas:

Densidad relativa (agua = 1) = 2.12.

Solubilidad en agua, en g/ml: 17.5

Notas: Los síntomas de edema pulmonar, a menudo no se manifiestan inmediatamente, solo después de unas horas y se agravan si hay esfuerzo físico, por lo que es esencial descansar y estar bajo observación médica.

4. Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)

Números de identificación: CAS # 7664-93-9 RTECS # WS5600000

ICSC # 0362 UN # 1830 EC # 016-020-00-8

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1E	2A	3B
Explosión			6A

EXPOSICIÓN		7B	7C
Inhalación	8C	9B	10B
Piel	11C	12A	13A
Ojos	14C	15B	16A
Ingestión	17C	18A	19C

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20D	21B	22B

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B	25C	26J	27F

Estado físico: Apariencia: Líquido oleoso, higroscópico, incoloro e inodoro.

Peligros químicos: En combustión forma vapores tóxicos (SO₂). Es un fuerte oxidante y reacciona violentamente con combustibles y agentes reductores, también es un ácido fuerte, por lo que reacciona violentamente con las bases, además de ser corrosivo a la mayoría de los metales comunes formando un gas inflamable (hidrógeno). Reacciona exotérmica y violentamente con agua y materiales orgánicos.

Límites de exposición laboral: TLV = 1 mg/m³ (como TWA); STEL = 3 mg/m³.

Propiedades físicas:

Punto de ebullición (descomp.) = 340 °C.

Punto de fusión: 10 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 1.8.

Solubilidad en agua: Miscible.

Densidad de vapor relativa (aire = 1): 3.4

Notas: Los síntomas de edema pulmonar, no se manifiestan a menudo hasta pasadas unas horas, agravándose con el esfuerzo físico. Se recomiendan descanso y atención médica. Nunca verter agua en el ácido, siempre agregarlo lentamente el ácido a el agua y almacenarlo en un área con piso de concreto resistente a la corrosión.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)- 10b.

Código NFPA: H 3; F O; R 2: W.

5. Cloro (Cl₂)

Números de identificación: CAS # 7782-50-5 RTECS # FO2100000
 ICSC # 0126 UN # 1017 EC # 017-001-00-7

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1I	2E	3B
Explosión	4A	5B	6A

EXPOSICIÓN		7B	7C
Inhalación	8F	9D	10C
Piel	11F	12A	13A
Ojos	14H	15B	16A
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20H	21G	22D

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24D	25H	26J	27J

Estado Físico; Apariencia: Gas amarillo verdoso, con olor acre, más pesado que el aire, por lo que puede circular a nivel del suelo.

Peligros Químicos: Reacciona violentamente con muchos compuestos orgánicos y con metales finamente divididos, ocasionando peligro de fuego y explosión. Al entrar en contacto con el aire se produce HCl. Ataca los metales en presencia del agua. Ataca a los metales en presencia del agua, así como a plásticos, hules y algunos recubrimientos.

Límites de exposición laboral: TLV = 1 ppm; 3 mg/m³

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición = -34 °C

Punto de Fusión = -101 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 1.4.

Solubilidad en agua: 0.7 g/ml a 20 °C.

Densidad de vapor relativa(aire = 1): 2.5

Notas: Los síntomas de edema pulmonar tardan en presentarse unas horas, agravándose si existe esfuerzo físico. Se recomienda descanso y observación médica; no utilizarse en la vecindad del fuego, superficies calientes o al soldar.

Síntomas por inhalación: Dolor de garganta, síntomas de efectos retardados.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)- 20G10

Código NFPA: H 3; F O; R 1: W

6. Cobre (Cu)

Números de identificación:
ICSC # 0240

CAS # 7440-50-8

RTECS # GL5325000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1H	2H	3A
Explosión			

EXPOSICIÓN			
Inhalación	8G	9A	10B
Piel		12B	
Ojos	14D	15A	
Ingestión	17A	18A	19G

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20F	21A	

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24E	25C	26A	27B

Estado Físico; Apariencia: Polvo o trozos de color rojo que cambian a verde en presencia de aire húmedo.

Peligros Químicos: Al sobrecalentarse se forman vapores tóxicos. Es atacado por muchos ácidos y amoníaco. Se disuelve bien en ácido nítrico (HNO₃) o en ácido sulfúrico concentrado y caliente (H₂SO₄).

Limites de exposición laboral: TLV (como TWA): 0.2 mg/m³ (como vapor).
TLV (como cobre): 1 mg/m³ (como polvos y neblina)

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición: 2567 °C.

Punto de fusión: 1083 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 9.0.

Solubilidad en agua: ninguna.

resión de vapor = 0.13 Wa a 1628 °C.

7. Cromato de Plomo VI (PbCrO₄)

Números de identificación:
ICSC # 0003

CAS # 7758-97-6
EC # 082-004-00-2

RTECS # GB2975000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1C		3H
Explosión			

EXPOSICIÓN		7G	7H
Inhalación	8E	9A	10A
Piel		12B	13B
Ojos	14D	15B	16A
Ingestión	17I	18A	19A

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20A	21D	22E

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24A	25A	26F	27N

Estado Físico; Apariencia: Polvos amarillos o naranja.

Peligros Químicos: Por encima de su punto de ebullición se descompone, produciendo gases tóxicos (óxidos de plomo). Reacciona con los oxidantes fuertes (H₂O₂, Na₂O₂, K₂O₂) También reacciona con aluminio, dinitronaftaleno, Hexacianoferrato (Fe₂(CN)₆). Reacciona con compuestos orgánicos a elevadas temperaturas ocasionando incendios peligrosos.

Limites de exposición laboral: TLV (como Cr): 0.05 mg/m³.

Propiedades Físicas:

Punto de Fusión = 844 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 6.3

Solubilidad en agua = ninguna.

Notas: En la literatura es desconocida la temperatura de descomposición. El pigmento de cromato de Pb puede contener apreciables cantidades de compuestos de Pb solubles en agua. La liberación de gases tóxicos de Pb y sus compuestos, se liberan durante el proceso de soldar, cortado y calentamiento del material tratado con cromato de plomo.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)- 61 G I I.

8. Cromo (Cr)

Números de identificación:
ICSC # 0029

CAS # 7440-47-3

RTECS # GB4200000

TIPOS DE PELIGRO	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1L	2G	3H
Explosión	4F	5A	

EXPOSICIÓN		7C	
Inhalación		9A	10C
Piel		12A	13A
Ojos	14B	15B	16A
Ingestión	17A	18B	19D

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20B	21A	

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B	25A	26A	27B

Estado Físico; Aspecto: Polvo metálico.

Peligros químicos: Reacciona violentamente con peróxido de hidrógeno, ácidos y oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.

Limites de exposición laboral: TLV 0.5 mg/m³ (como TWA).

Propiedades físicas:

Punto de ebullición = 2642 °C

Punto de fusión = 1900 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 7.1.

Solubilidad en agua = ninguna.

Notas: No aparecen en la bibliografía los límites de explosividad. No llevar a la casa la ropa de trabajo.

9. Formaldehído (HCHO)

Número de identificación:
ICSC # 0275

CAS # 50-00-0
UN # 1198 EC # 605-001-00-5

RTECS # LP8925000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1G	2F	3G
Explosión	4B	5A	6C

EXPOSICIÓN		7B	7C
Inhalación	8J	9B	10C
Piel	11L	12A	13A
Ojos	14J	15B	16A
Ingestión		18A	

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20G	21L	22F

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24C	25E	26I	27K

Estado Físico; Apariencia: Gas con olor característico.

Peligros Químicos: La sustancia polimeriza con peligro de incendio y explosión. En combustión, forma gases tóxicos. Es un ácido débil. Reacciona violentamente con agentes oxidantes, causando peligros de incendio y explosión también.

Limites de exposición laboral: TLV: 1 ppm; 1.2 mg/m³ (como TWA). STEL: 2 ppm; 2.5 mg/m³.

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición = -20 °C.

Punto de fusión = -92 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 0.8.

Solubilidad en agua: Miscible.

Densidad de vapor relativa (aire = 1): 1.08. Gas inflamable.

Temperatura de autoignición: 300 °C.

Límites explosivos de % en volumen en aire: 7-73.

Notas: se maneja a menudo una solución que contiene: 37% de formaldehído, 15% de metanol y agua. Se está intentando cambiar el TLV = 0.3 ppm (0.45 mg/m³) como valor pico. Si una persona ha padecido asma no debe de estar en contacto con el formaldehído.

Código NFPA: H 2; F 4; R 0.

10. Hidrógeno (H₂)

Números de identificación:
ICSC # 0001

CAS # 1333-74-0
UF~ # 1049

RTECS # h{W8900000
EC # 001-001-00-9

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1J	2B	3D
Explosión	4B	5A	6D

EXPOSICIÓN			
Inhalación	8H	9E	10C
Piel	11I	12C	13C
Ojos		15C	
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
	21I	22G

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24C	25D	26H	

Estado físico; Apariencia: Gas licuado sin color.

Peligros químicos: Calentándolo puede causar combustión violenta o explosión. Reacciona violentamente con aire, O₂, Cl₂, ocasionando peligro de fuego o explosión.

Propiedades físicas:

Punto de ebullición = -253 °C.

Densidad relativa (aire=1): 0.07.

Temperatura de autoignición = 560 °C. Gas inflamable.

Límites de explosión, % de volumen en aire = 4 - 76 %.

Notas: La adición de pequeñas cantidades de una sustancia inflamable o un incremento en el contenido de oxígeno en el aire aumenta fuertemente la combustibilidad. Si la combustión se realiza en un espacio confinado se convierte en una detonación. Altas concentraciones de H₂ en el aire provocan una deficiencia de oxígeno, con el riesgo de perder el sentido o la muerte. No usar el H₂ en la vecindad de una flama o una superficie caliente o al soldar. Las medidas mencionadas en la sección de prevención son aplicables a la producción, llenado de cilindros y almacenaje del gas. Prevenir la formación de cargas electrostáticas (por ej. conectando a tierra las instalaciones eléctricas) eliminar toda fuente de chispas eléctricas.

Código NFPA: H 3; F 4; R 1;

11. Hidróxido de amonio (NH₄OH)

Números de identificación: CAS # 1336-21-6 RTECS # BQ9625000
 ICSC # 0215 UN # 2672 (10-35%), 2073 (35-50%), 1005 (>50%) EC # 007-001-01-2

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1C		3H
Explosión	4B		6B

EXPOSICIÓN		7B	7C
Inhalación	8M	9C	10D
Piel	11H	12A	13A
Ojos	14G	15B	16A
Ingestión	17F	18A	18C

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ANVASADO Y ETIQUETADO
20H	21A	22J

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B	25C	26G	27M

Estado físico; Apariencia: La solución de amoniaco en agua es incolora, con olor acre.

Peligros químicos: La solución en agua es una base fuerte, que reacciona fuertemente con ácidos y es corrosiva al aluminio, zinc, cobre, estaño, plata y sus aleaciones. Reacciona con mercurio, iones plata, cloro, yodo y agentes oxidantes fuertes, causando peligro de explosión. Al atacar a los metales forma H₂, también reacciona con plásticos y hule.

Límites de exposición laboral: TLV no ha sido establecido; TLV para amoniaco (como TWA) = 35 ppm; 24 mg/m³ como STEL.

Propiedades físicas:

Densidad relativa (agua = 1): 0.9.

Solubilidad en agua: Miscible.

Densidad de vapor relativa (aire = 1): 0.6.

Ingestión aguda, síntomas: ocurren quemaduras gástricas de la parte superior del tracto gastrointestinal, con posible shock o colapso de la persona afectada.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)- 20G24

Código NFPA: H 2; F 1; R 0.

12. Hidróxido de potasio (KOH)

Números de identificación:
ICSC # 1813

CAS# 1310-58-3
UN # 1813

RTECS#TT2100000
EC # 019-002-00-8

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1F		3F
Explosión			6A

EXPOSICIÓN		7A	7C
Inhalación	8I	9A	10D
Piel	11C	12A	13A
Ojos	14H	15B	16A
Ingestión	17H	18A	19C

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20K	21H	22B

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B		26J	27G

Estado físico: Apariencia: Sólido blanco deliecucente inodoro.

Peligros químicos: Es una base fuerte, que reacciona violentamente con ácidos, además es corrosivo para los metales sobre todo en aire húmedo con el Zn, Al, Sn y Pb, formando H₂.

Límite de exposición laboral: TLV: 2 mg/m³ (como valor pico).

Propiedades físicas:

Punto de ebullición a 101 kPa: 1324 °C.

Punto de Fusión: 380 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 2.04.

Solubilidad en agua, g/100 ml a 25 °C: 110 g/100 ml.

Notas: Nunca vaciar el agua dentro de un recipiente que contenga bases o ácidos fuertes, cuando se disuelva o diluya, siempre se agregará dichas sustancias al agua lentamente, vertiéndola por las paredes del recipiente que contiene el agua. Leer 28A.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)- 80G13

Código NFPA: H 3; F O; R 1.

13. Níquel (Ni)

Números de identificación:
ICSC #0062

CAS # 7440-02-0

RTECS # QR5950000
UN #1378

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1D	2A	3A
Explosión	4C	5A	

EXPOSICIÓN		7C	
Inhalación	8A	9A	10A
Piel	11A	12A	13B
Ojos	14D	15A	16A
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20A	21B	22A

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24A	25C	26B	27F

Estado físico; Apariencia: Polvo de aspecto metálico blanco plateado o rondelas blanco azulado.

Peligros químicos: El Ni es un agente reductor fuerte que reacciona con oxidantes, O₂, ácidos, etc. creando peligro de incendio y explosión.

Limites de exposición laboral: TLV: 1 mg/m³ (como TWA).

Propiedades físicas: Punto de ebullición: 2900 °C

Punto de fusión: 1455 °C

Densidad relativa (agua = 1): 8.9

Solubilidad en agua: ninguna

Código NFPA: H 1; F 3; R 3

14. Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)

Números de identificación:
ICSC # 0164

CAS # 7722-84-1
UN # 2015

RTECS # MX0900000
EC # 008-003-00-9

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1M	2B	3H
Explosión	4E		6C

EXPOSICIÓN		7B	
Inhalación	8L	9B	10D
Piel	11K	12A	13A
Ojos	14I	15D	16A
Ingestión	17E		19C

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20J	21E	22H

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B		26G	27I

Estado físico; Apariencia: Líquido incoloro.

Peligros químicos: Es un fuerte oxidante y reacciona violentamente con combustibles y agentes reductores que pueden ocasionar peligro de incendio y explosión, sobre todo en presencia de metales. Ataca muchas sustancias orgánicas como por ejemplo: los textiles y el papel.

Limites de exposición laboral: TLV: 1 ppm; 1.4 mg/m³.

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición: 115-157 °C.

Punto de fusión: < 50 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 1.3.

Solubilidad en agua: miscible.

Densidad de vapor relativa (aire = 1): 1.2.

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C: 1.06.

Notas: Leer el punto 28 A

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)- 51G05

Código NFPA: H 2; F 0; R 3.

15. Plomo (Pb)

Números de identificación:
ICSC # 0052

CAS # 7439-92-1

RTECS # OF7525000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1C		
Explosión			

EXPOSICIÓN		7C	
Inhalación	8B	9A	10B
Piel			
Ojos			
Ingestión	17B	18A	19A

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20A		

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B	25C		27E

Estado físico; Apariencia: Sólido blanco, azulado o gris plateado en diversas formas.

Peligros químicos: El Pb se descompone al calentarlo intensamente produciendo humos tóxicos. Es un agente reductor fuerte.

Limites de exposición laboral: TLV: 0.15 mg/m³ (como TWA).

Propiedades físicas:

Punto de ebullición: 1740 °C.

Punto de fusión: 327°C.

Densidad relativa (agua = 1): 11.3.

Solubilidad en agua: ninguna.

Notas: No aparecen en la bibliografía los límites de explosividad. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. No llevar a casa la ropa de trabajo.

16. Sulfato de níquel (NiSO)

Números de identificación:
ICSC # 0063

CAS # 7786-8I-4

RTECS * QR9350000

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1A		3H
Explosión			6B

EXPOSICIÓN		7A	
Inhalación	8A	9B	10B
Piel	11B	12A	13B
Ojos	14D	15A	16A
Ingestión	17A	18A	19A

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20C		

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24B	25C	26C	27A

Estado físico; Apariencia: Cristales de color amarillo - verdoso, inodoros.

Peligros químicos: El sulfato de níquel II se descompone al calentarlo intensamente, produciendo SO₂ y NiO. La solución en agua es un ácido débil. Reacciona con ácidos fuertes.

Limites de exposición laboral: TLV (como Ni): 0.1 mg/m³ (como TWA).

Propiedades físicas:

Se descompone por debajo del punto de ebullición a 848 °C.

Punto de Fusión (se descompone): 840 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 3.68.

Notas: Está indicado que debe examinarse periódicamente dependiendo del grado de exposición.

El contenido de ésta ficha se recomienda también aplicarlo a las formas hidratadas siguientes: NiSO₄·6H₂O y NiSO₄·7H₂O

17. 1,1,2,2-Tetracloroetano (CHCl₂CHCl₂)

Números de identificación: CAS # 79-34-5 RTECS # KI8575000
 ICSC # 0332 UN # 1702 EC # 602-015-00-3

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1C	2C	3E
Explosión			6D

EXPOSICIÓN		7A	7C
Inhalación	8N	9B	10B
Piel	11E	12B	13A
Ojos	14E	15B	16A
Ingestión	17E	18A	19E

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ENLATADO
20F	21E	22I

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24C	25B	26E	27L

Estado físico; Apariencia: Líquido incoloro viscoso de olor característico.

Peligros químicos: Se descompone por calentamiento, fuego, contacto con superficies calientes o la luz, produciendo gases tóxicos. Reacciona violentamente con los alcalinos, alcalinotérreos, oxidantes fuertes, metales en polvo y bases fuertes.

Límites de exposición laboral: TLV = I ppm; 6.9 mg/m³ (como TWA) en piel.

Propiedades físicas:

Punto de ebullición = 146.4 °C.

Punto de fusión = -44 °C.

Densidad relativa (agua = 1): 1.

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 5.8

Solubilidad en agua, a 20 °C: 0.32 g/100 ml.

Notas: El consumir bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. La alerta del olor es insuficiente, cuando se ha rebasado el valor límite de exposición. No utilizarlo cerca del fuego, superficies calientes o mientras se trabaja con soldadura. Está indicado un examen médico periódico, dependiendo del grado de exposición.

Código NFPA: H 3; F O; R 1.

18. Tetracloroetileno

Números de identificación: CAS # 127-18-4
ICSC # 0076 UN # 1897

RTECS # KX3850000
EC # 602-028-00-4

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1C		3H
Explosión			

EXPOSICIÓN			
Inhalación	8D	9B	10C
Piel	11D	12A	13B
Ojos	14A	15C	16A
Ingestión	17D		19B

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20E	21C	22C

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24C	25B	26D	27D

Estado Físico; Apariencia: Líquido incoloro con olor característico.

Peligros químicos: Leer el punto 23A

Limites de exposición laboral: TLV: 50 ppm; 339 mg/m³ (como TWA).
STEL: 200 ppm; 1368 mg/m³.

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición = 121 °C.

Punto de fusión = -22 °C

Densidad relativa (agua = 1): 1.6

Densidad de vapor relativa (aire = 1): 5.8

Solubilidad en agua a 25 °C = 0.015 g/100 ml

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C (aire = 1): 1.09.

Notas: El uso de bebidas alcohólicas aumenta el efecto dañino. La alerta de olor no es suficiente cuando se supera el valor límite de exposición laboral. No utilizarse cerca del fuego, superficies calientes o al soldar.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)-61G06C.

Código NFPA: H 2; F 0; R 1.

19. Tricloroetileno (CICH=CCl₂)

Números de identificación:
ICSC # 0081

CAS # 79-01-6
UN # 1710

RTECS # KX4550000
EC # 602-027-00-9

TIPOS DE PELIGROS	PELIGROS/SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/LUCHA CONTRA INCENDIOS
Incendio	1B		3H
Explosión			6B

EXPOSICIÓN			
Inhalación	8D	9B	10C
Piel	11D	12B	13B
Ojos	14A	15C	16A
Ingestión	17D		19B

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
20E	21C	22C

VÍAS DE EXPOSICIÓN	RIESGO DE INHALACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA
24C	25B	26D	27C

Estado físico; Apariencia: Líquido incoloro con olor característico.

Peligros químicos: Leer el punto 23B. El vapor es más pesado que el aire.

Limites de exposición laboral: TLV: 50 ppm; 269 mg/m³
TWA: 200 ppm; 1070 mg/m³

Propiedades Físicas:

Punto de ebullición = 87 °C.

Punto de fusión = -73 °C

Densidad relativa (agua = 1): 1.5

Solubilidad en agua, a 20 °C = 0.1 g/100 ml.

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4.5

Temperatura de autoignición = 410 °C

Límites de explosividad; % en volumen en el aire: 8 - 10.5

Notas: Se vuelve combustible por la adición de pequeñas cantidades de una sustancia inflamable o por el aumento del contenido de O₂ en el aire. El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Los grados técnicos pueden contener pequeñas cantidades de epíclorhidrina carcinógena como estabilizador. No utilizar cerca del fuego, al soldar o una superficie caliente.

Carta de emergencia de transporte: TEC (R)-61G06C.

Código NFPA: H 2; F 1; R 0.

**Resumen de cada una de las claves utilizadas en las
Fichas Internacionales de Seguridad Química**

Símbolo	Explicación
1A	= No es inflamable, pero el fuego puede producir gases irritantes o venenosos.
1B	= Combustible en condiciones específicas.
1C	= No combustible.
1D	= Inflamable. El níquel Raney es inflamable espontáneamente en el aire. Se pueden liberar gases tóxicos.
1E	= No combustible. Muchas reacciones pueden ocasionar incendio o explosión.
1F	= No combustible. En contacto con humedad o agua puede generar suficiente calor para incendiar materiales combustibles.
1G	= Extremadamente inflamable.
1H	= Combustible.
1I	= No combustible pero incrementa la combustión de otras sustancias.
1J	= Extremadamente inflamable. Muchas reacciones pueden ocasionar fuego o explosión.
1K	= No combustible, pero produce gas inflamable (hidrógeno) al reaccionar con muchos metales.
1L	= No combustibles pero altamente inflamable si se trata de polvo muy fino.
1M	= No combustible pero aumenta la combustión de otras sustancias. Muchas reacciones pueden ocasionar incendio o explosión.
2A	= No poner en contacto con sustancias inflamables.
2B	= No producir llama abierta, ni chispas y no fumar; No poner en contacto con calor o ácidos.
2C	= No poner en contacto con superficies calientes.
3D	= No poner en contacto con sustancias inflamables, ni con metales.
2E	= No poner en contacto con sustancias combustibles, acetileno, amoníaco y metales dispersos.
2F	= No acercarse a llamas abiertas, ni chispas y no fumar. No poner en contacto con bases o fuertes agentes oxidantes.
2G	= No producir llama abierta, no producir chispas y no fumar.
2H	= No producir llama abierta.
3A	= Arena seca, polvos especiales; No utilizar otros agentes.
3B	= Preferentemente sin agua.
3C	= En caso de fuego en los alrededores: no utilizar extinguidores tipo AFFF.
3D	= Cerrar el suministro de H ₂ ; si esto no es posible y no hay riesgo hacia los alrededores dejar que se incendie hacia el exterior.
3E	= Polvos, agua esparcida, espumas, dióxido de carbono. En caso de fuego en los alrededores. Se permite todo tipo de extinguidores.
3F	= En caso de fuego en los alrededores: solamente se pueden utilizar polvos o CO ₂ .
3G	= Cerrar el suministro de formaldehído; si esto no es posible, y no existe riesgo hacia los alrededores, permitir que se quemé por sí mismo o utilizar: polvos o CO ₂ .
3H	= En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
4A	= Riesgo de fuego y explosión como resultado de la descomposición.
4B	= La mezcla de vapor/aire es explosiva.
4C	= Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire. Riesgo de incendio y explosión.
4D	= Riesgo de incendio y explosión por contacto con compuestos orgánicos comunes.
4E	= Riesgo de incendio y explosión cuando reaccionan con otras sustancias.

- 4F = Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.
- 5A = Evitar el depósito de polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión de polvos.
- 5B = No exponer a fricción o golpes fuertes a los depósitos.
- 6A = En caso de fuego: mantener fríos los cilindros con agua, pero no en contacto directo con la misma.
- 6B = En caso de incendio: Mantener fríos los bidones y demás instalaciones por medio de agua pulverizada.
- 6C = En caso de fuego: Mantener recipientes, tambores, etc. enfriados por aspersión con agua.
- 6D = En caso de fuego: Mantener los cilindros enfriados con agua por aspersión. Combatir el fuego desde una zona protegida.
- 7A = Higiene estricta.
- 7B = Evitar todo contacto.
- 7C = En todo caso consultar a un médico.
- 8A = Tos.
- 8B = Dolor de cabeza, náusea y espasmo abdominal.
- 8C = Dolor de garganta, tos y dificultad al respirar.
- 8D = Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, pérdida del conocimiento, debilidad, falta de coordinación.
- 8E = Tos, náusea y sabor metálico en la lengua.
- 8F = Sensación ardiente en nariz boca y ojos, tos, lagrimeo. Taquicardia, respiración corta y con dificultad.
- 8G = Sensación de calor, tos, dolor de cabeza, dolor de garganta.
- 8H = Vértigo, dificultad al respirar, pérdida de la conciencia.
- 8I = Tos y problemas para respirar.
- 8J = Sensación de ardor en nariz y garganta, tos, dolor de cabeza, náusea y respiración corta y con dificultad.
- 8K = Sensación de ardor en los oídos, nariz y garganta, respiración forzada, inconciencia.
- 8L = Tos, vértigo, dolor de cabeza, respiración forzada, dolor de garganta.
- 8M = Sensación de escozor en la garganta, respiración corta y con problemas, espasmo bronquial dolor de pecho.
- 8N = Tos, vértigo, somnolencia, náusea, pérdida de la conciencia, los síntomas son de efectos retardados.
- 9A = Extracción localizada de gases o protección respiratoria.
- 9B = Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.
- 9C = Ventilación, extracción de gas. Mantener los contenedores apropiadamente cerrados.
- 9D = Protección respiratoria. Sistema cerrado y ventilación.
- 9E = Sistema cerrado y ventilación.
- 10A = Aire limpio, reposo.
- 10B = Aire limpio, reposo y acudir a atención médica.
- 10C = Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicado y acudir a atención médica.
- 10D = Aire fresco, reposo en posición semivertical, respiración artificial si es indicada y acudir a atención médica.
- 11A = Dermatitis en personas sensibles.
- 11B = Enrojecimiento, dermatitis en personas sensibles.
- 11G = Serias quemaduras de piel, dolor.
- 11D = Piel seca, irritación.
- 11E = Puede ser absorbido. Sensación de ardor, dolor.
- 11F = Serias quemaduras de piel, dolor, además de ser corrosivo.

- 11G = Serias quemaduras de piel, dolor, sensación de ardor.
- 11H = Enrojecimiento, serias quemaduras de piel, ampollas, dolor.
- 11I = Se congela cualquier extremidad u objeto que entre en contacto con el líquido.
- 11J = Quemadura de piel, dolor, decoloración amarilla de la misma piel.
- 11K = Enrojecimiento, dolor, quemaduras de piel
- 11L = Enrojecimiento.
- 11M = Enrojecimiento, dolor, ampollas
- 12A = Guantes protectores, traje de protección.
- 12B = Guantes protectores.
- 12C = Guantes térmicos aislantes del frío, ropa de protección.
- 13A = Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse, y acudir a revisión médica.
- 13B = Quitar las ropas contaminadas, enjuagar la piel y lavarla con agua y jabón.
- 13C = En caso de congelamiento: enjuagar con bastante agua, no remover la ropa y acudir a recibir atención médica.
- 14A = Enrojecimiento y dolor.
- 14B = Irritación si se trata de polvo.
- 14C = Dolor, severas y profundas quemaduras.
- 14D = Enrojecimiento.
- 14E = Enrojecimiento, dolor y visión borrosa.
- 14F = Enrojecimiento, dolor, visión borrosa y corrosión.
- 14G = Enrojecimiento, dolor, cataratas, glaucoma, visión borrosa, pérdida permanente de la visión, severas y profundas quemaduras, corrosivo.
- 14H = Dolor, visión borrosa, severas y profundas quemaduras.
- 14I = Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas, ulceración de córnea
- 14J = Efectos retardados, enrojecimiento, visión borrosa, pérdida de la visión, profundas quemaduras.
- 15A = Gafas ajustadas de seguridad.
- 15B = Careta protectora o gafas de protección ocular, en combinación con protección respiratoria si se trata de polvos.
- 15C = Gafas ajustadas de seguridad o careta protectora facial.
- 15D = Careta protectora.
- 16A = En primer lugar enjuagar con agua abundante varios minutos (quitar los lentes de contacto si es fácil removerlos), después llevar a un médico
- 17A = Dolor abdominal, diarrea, náusea, vómitos.
- 17B = Dolor de cabeza, náusea, dolor de garganta, espasmo abdominal.
- 17C = Dolor severo, vómito, conmoción.
- 17D = Dolor abdominal, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, pérdida del conocimiento, debilidad.
- 17E = Dolor abdominal, dolor de garganta, vómito.
- 17F = Dolor abdominal, sensación de ardor, náusea, dolor de garganta.
- 17G = Dolor abdominal, sensación de ardor.
- 17H = Sensación de ardor de boca, garganta y estómago, vómito, diarrea y colapso.
- 17I = Dolor abdominal, constipación, tos, vómito, debilidad, anorexia, convulsiones.
- 18A = No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.
- 18B = No comer ni beber, ni fumar durante el trabajo; lavarse las manos tras manipular ésta sustancia.
- 19A = Enjuagar la boca, provocar el vómito (únicamente en personas concientes) y acudir a atención médica.
- 19B = Enjuagar la boca.
- 19C = Enjuagar la boca, no inducir el vómito y acudir a atención medica.

- 19D = Enjuagar la boca y someter a atención médica.
- 19E = No inducir el vómito, descansar y buscar ayuda médica.
- 19F = No inducir el vómito y acudir inmediatamente con el médico.
- 19G = Enjuagar la boca, no dar nada a beber, acudir al médico.
- 20A = Verter en el alcantarillado, barrer la sustancia derramada e introducir en un recipiente, recoger con cuidado el residuo, y trasladarlo a lugar seguro, (protección personal adicional: respirador de filtro PI contra partículas inertes).
- 20B = Recoger el polvo derramado en un recipiente y trasladarlo a un lugar seguro. (protección personal adicional: respirador de filtro PI contra partículas inertes)
- 20C = Barrer sustancia derramada hacia un recipiente, neutralizar el residuo (protección personal adicional: respirador de filtro P3 contra partículas tóxicas).
- 20D = Evacuar el área dañada, recoger el líquido derramado en un contenedor adecuado. (Protección personal extra: traje protector completo, con respirador artificial).
- 20E = Ventilación, recoger líquido derramado en contenedores adecuados, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte (trabajar con equipo autónomo de respiración).
- 20E = Evacuar el área dañada, recoger líquido derramado, no vaciar en alcantarillas, colocarlo en lugar seguro (usar traje de protección completa con respirador autónomo).
- 20G = Evacuar el área dañada, consultar un experto, ventilación, remover gases con agua finamente espreada (usar traje de protección completa, con respirador autónomo).
- 20H = Evacuar el área dañada, consultar un experto en grandes derrames, ventilación, neutralizar el líquido derramado con un ácido como H_2SO_4 diluido, recoger el líquido derramado en contenedores sellados y el remanente absorberlo en arena.
- 20I = Recoger el líquido derramado en contenedores resistentes y sellados, neutralizar el excedente con Na_2CO_3 (carbonato de sodio) y por último lavar con agua abundante.
- 20J = Ventilación, lavar el líquido derramado con agua abundante, el excedente no absorberlo con aserrín u otro combustible absorbente y no permitir que estos productos químicos penetren en el medio ambiente (usar traje de protección completa con respirador autónomo).
- 20K = Barrer la sustancia derramada a un contenedor y neutralizar con ácido acético diluido, después lavar con agua abundante (usar traje de protección completa con respirador autónomo).
- 21A = Separado de ácidos y oxidantes fuertes.
- 21B = Separado de otros materiales, almacenado en contenedores de acero inoxidable.
- 21C = Separado de metales ligeros (como Al y Zn), bases fuertes; mantener en la obscuridad; ventilación a ras del suelo.
- 21D = Separado de agentes oxidantes fuertes.
- 21E = Separado de agentes oxidantes fuertes, mantenerlo fresco ventilado en la obscuridad
- 21F = Separado de bases fuertes, seco.
- 21G = Separado de combustibles y sustancias reductoras, oxidantes, ácidos y bases fuertes, metales y mantenerlo en un cuarto bien ventilado.
- 21H = Separado de ácidos fuertes, metales y materiales de fácil ignición; mantenerlo seco.
- 21 I = Enfriado a prueba de fuego.
- 21J = Separado de combustibles y sustancias reductoras, bases fuertes, todo compuesto orgánico; mantenerlo seco, en un cuarto bien ventilado.
- 21K = A prueba de fuego, separado de bases fuertes; mantenerlo fresco en la obscuridad, almacenado solo si esta estabilizado.
- 22A = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 4.2 (disposiciones especiales: 2) Grupo de envasado Naciones Unidas: II
- 22B = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 8; Grupo de envasado Nac. Uni. = II.

- 22C = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 6.1; Grupo de envasado Nac. Uni. = III.
- 22D = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 2.
- 22E = Embalaje irrompible; colocar el empaque desechable dentro de un contenedor irrompible cerrado.
- 22F = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 3; Grupo de envasado Nac. Uni.: M
- 22G = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 2; Riesgo subsidiario: 3. Empaque hermético.
- 22H = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 5.1; Riesgos subsidiarios Nac. Uni.: 8. Contenedor aislado especial, en posición vertical; Grupo de envasado Nac. Uni.: 1.
- 22 I = Clasificación de peligros Naciones Unidas: 6.1; Grupo de envasado Nac. Uni.: II.
- 23A = En contacto con superficies calientes o con llamas (por encima de 150 °C y rayos ultravioleta), estas sustancias se descomponen formando gases tóxicos y corrosivos (fosgeno y ácido clorhídrico). Reacciona con metales ligeros (Al, Zn).
- 23B = Todo 23A además: la sustancia se descompone con bases fuertes produciendo cloroacetilenos que aumentan el peligro de incendio.
- 24A = La sustancia se puede absorber al cuerpo por inhalación del polvo o por ingestión.
- 24B = La sustancia se puede absorber en el cuerpo por inhalación de su aerosol y por ingestión.
- 24C = La sustancia se puede absorber en el cuerpo por inhalación y a través de la piel, y por ingestión.
- 24D = La sustancia puede ser absorbida dentro del cuerpo por inhalación.
- 24E = La sustancia puede ser absorbida dentro del cuerpo por inhalación de su aerosol y por ingestión, y cuando se calienta, también como un vapor.
- 25A = La evaporación a 20 °C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración perjudicial de partículas en el aire.
- 25B = En la evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar rápidamente una contaminación perjudicial en el aire.
- 25C = La contaminación a 20 °C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar una concentración molesta de partículas en el aire por dispersión.
- 25D = Cuando se evapora este líquido de su contenedor, se evapora muy rápido, causando sobresaturación del aire con serios riesgos de sofocación, al encontrarse en áreas confinadas.
- 25E = Una concentración peligrosa de este gas en el aire puede ser alcanzada muy rápido por pérdidas en el contenedor.
- 26A = La sustancia irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias, además de los riñones, dando lugar a úlceras y lesiones renales.
- 26B = La sustancia irrita los ojos, la piel, dando lugar a sensibilización de la misma piel y dermatitis, así como sensibilización pulmonar.
- 26C = La sustancia irrita: ojos, piel y vías respiratorias. Puede tener efecto sobre el tracto gastrointestinal y el sistema nervioso central, dando lugar a diarrea, vómito e hipotermia.
- 26D = Irritación de ojos. La ingestión del líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química. Puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a mareo, vértigo y fatiga, disminución de la conciencia y la muerte.
- 26E = La sustancia irrita los ojos, la piel y tracto respiratorio. La exposición puede dar por resultado pérdida de la conciencia incluso con efectos retardados.
- 26F = La sustancia irrita el tracto respiratorio. Su exposición a altas concentraciones puede ocasionar toxicidad por plomo, con efectos retardados.
- 26G = La sustancia es corrosiva a los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de sus vapores puede causar edema pulmonar.
- 26H = El líquido puede causar congelamiento. Su exposición puede causar vértigo y

- sofocación.
- 26 I = Igual a 26G, además de que su inhalación puede causar asma, y a altos niveles incluso la muerte. Los efectos son retardados.
- 26J = La sustancia es muy corrosiva a los ojos, la piel y el tracto respiratorio, por ingestión también. La inhalación del aerosol de ésta sustancia puede causar edema pulmonar.
- 27A = Produce dermatitis y sensibilización de la piel La inhalación prolongada o repetida produce asma, posible carcinógena para los seres humanos.
- 27B = Sensibilización en la piel, asma, así como efectos sobre la laringe y los pulmones, dando lugar a úlceras e inflamación. Puede ocasionar lesión genética.
- 27C = Dermatitis, además de efectos sobre el sistema nervioso central, ocasionando dolores de cabeza y falta de concentración y también lesiones genéticas hereditarias.
- 27D = Dermatitis, efectos sobre el sistema nervioso central e hígado, ocasionando, dolor de cabeza, falta de concentración y trastornos hepáticos. Posible cancerígena.
- 27E = Efectos sobre el sistema nervioso central y riñones, puede producir anemia y cólicos disfunciones de la fertilidad, así como retrasos en el desarrollo de recién nacidos. Peligro de efectos acumulativos.
- 27F = Dermatitis y eczemas crónicos, así como asma, Conjuntivitis y posible carcinógeno para los humanos.
- 27G = Repetido o prolongado contacto con la piel puede causar dermatitis.
- 27H = Los pulmones pueden verse afectados por altas concentraciones de vapor. La sustancia puede tener efectos sobre los dientes, ocasionando una erosión dental.
- 27 I = Puede causar daño genético en humanos.
- 27J = La sustancia puede tener efecto sobre los pulmones, ocasionando bronquitis crónica.
- 27K = Puede ocasionar sensibilidad tanto en la piel como respiratoria. Probable carcinógeno para los humanos, así como probable daño genético a humanos.
- 27L = Dermatitis, así como efectos sobre el hígado, los riñones y el sistema nervioso central.
- 27M = Los pulmones pueden verse afectados por repetidas o prolongadas exposiciones a los vapores o aerosoles.
- 27N = Dermatitis (irritación, eczema). Pulmones afectados por exposición a los polvos. La sustancia puede tener efectos sobre el hígado, riñones, sangre, nervios y sistema reproductivo. Posible carcinógeno, además de ocasionar daño genético y defectos al nacimiento.
- 27Ñ = Los pulmones pueden verse afectados por repetidas y prolongadas exposiciones a un aerosol de ésta sustancia. Riesgo de erosión de los dientes.
- 28A = Cualquier persona que haya mostrado síntomas de asma, no deberá tener contacto de nuevo con ésta sustancia.
El agregar un estabilizador o un inhibidor, puede tener influencia sobre las propiedades toxicológicas de ésta sustancia.

ANEXO 3

LÍMITES PARA CONCENTRACIONES DE CROMO EN EL AMBIENTE NATURAL, AMBIENTE OCUPACIONAL Y EN EL ORGANISMO

Valores umbrales límite.- Se refiere a la concentración de sustancias químicas en el aire de los lugares de trabajo, por debajo de cuyo valor casi todos los trabajadores pueden estar expuestos por lapsos de tiempo, sin presentar efectos adversos.

En el caso del cromo y otros agentes químicos, los valores se expresan en partes del compuesto por millón de partes de aire (ppm) o miligramos del compuesto por metro cúbico de aire (mg/m^3), recordando que tanto el cromo como sus compuestos provocan: irritación e inflamación de la mucosa nasal, perforación del tabique nasal, daño renal, dermatitis, daño a los cromosomas del humano, así como incidencia de cáncer pulmonar.

Lo anterior es importante para desarrollar una metodología de riesgos químicos, en donde un primer paso de acuerdo con Zehnder (1995) sería:

- 1.- La identificación del peligro; Esto se logra identificando los contaminantes presentes en un proceso, (tipo, forma, cantidad, forma de distribución) y una evaluación de los peligros potenciales de estos materiales.

En el desarrollo de este trabajo se cumple con este primer punto, externando dentro de las conclusiones los peligros existentes en el proceso de cromado y proponiendo una serie de medidas o recomendaciones para la minimización de esta peligrosidad, siendo imposible cubrir los siguientes puntos de esta metodología de riesgos químicos como son:

- 2.- Evaluación toxicológica de los contaminantes presentes, considerando sus características toxicológicas para las diferentes rutas de asimilación (oral, dérmica, inhalatoria) y su relación dosis-respuesta.
- 3.- Evaluación de la exposición, en donde se valorarían cuantitativamente las dosis de contaminación observadas bajo ciertas condiciones y ya por último.
- 4.- Caracterización del riesgo, en donde hay una descripción de los peligros esperados a la salud, debido a la exposición, evaluación de la exposición máxima permisible para los contaminantes presentes y definición de metas de restauración o corrección.

La primera etapa se cumplió utilizando la lista de verificación, por diversas causas comentadas con anterioridad, de 30 empresas visitadas solo en 10 de ellas se obtuvieron resultados positivos, por lo que cumplir con las siguientes etapas, solo sería posible formando un equipo interdisciplinario, apoyándose en algún organismo gubernamental que le de carácter oficial y obtener facilidades por parte de las empresas, para desarrollar este estudio.

A continuación se presentan diferentes clases de datos de valor umbral límite de exposición, para el cromo, que son de utilidad para futuros estudios.

El valor umbral límite se divide en 3 categorías que son:

- 1.- Valor promediado (TWA): Es la concentración media del compuesto para una jornada de 8 horas diarias, en que el valor promediado de todas las mediciones, no debe sobrepasar este valor.
- 2.- Valor pico o techo (Ceiling): Es el valor que nunca debe ser sobrepasado, durante la jornada de trabajo.
- 3.- Valor de exposición corta (STEL): Es un valor intermedio entre los 2 valores anteriores, en que los operarios pueden estar expuestos por períodos que no excedan de 15 minutos por hora, 4 veces al día y con un mínimo de 1 hora entre cada exposición.

A continuación se hablará de los diversos límites propuestos para el cromo III y VI

Tabla A-3 Criterios de calidad de agua en relación al cromo

	CROMO VI	CROMO VI	*CROMO III
	Agua dulce	Agua salada	Agua dulce
Toxicidad crítica	11 ug/l	1200 ug/l	$\text{Exp}[0.819(\ln\{\text{dureza}\}) + 3.568]$ ug/l
Toxicidad crónica	7.2 ug/l	54 ug/l	$\text{Exp}[0.819(\ln\{\text{dureza}\}) + 0.537]$ ug/l

* Para el Cromo III en agua salada, no hay datos disponibles para establecer criterios

Fuente: modificada de Arcos Serrano Ma. Esther, et al.; "Transporte, destino y toxicidad de constituyentes que hacen peligroso a un residuo"; cuadernos de investigación N° 2; pág. 57; CENAPRED; México, Marzo de 1994.

A continuación se proporcionan más datos sobre límites de exposición para el cromo III y VI.

Diversos límites de exposición para el cromo

- 1.- Límites ocupacionales (para cromo y sus sales solubles)
 - TWA= 0.5 mg/m³ (OSHA)
 - TWA = 0.025 mg/m³ (NIOSH)
 - Valor pico = 0.050 mg/m³ para óxido de cromo (NIOSH)
 - STEL = 0.05 mg/m³ (ACGIH)
- 2.- Límites Ambientales: (para cromo y sus sales insolubles)
 - Aire urbano = 50 ng/m³
 - Agua de río = 10 ng/m³
 - Agua de océano = 5 ng/m³
 - Agua potable = 0.05 mg/l (OMS) = Norma Técnica Ecológica Mexicana.
 - Suelo = De 125 a 250 mg/kg
 - Alimentos = No debe exceder la ingesta de 0.03 a 0.1 mg/día.
 - Unidades de Riesgo CAG* para exposición por inhalación de cromo VI (USEPA) = 41 mg/kg/día.
 - *CAG = Grupo de Evaluación de carcinógenos.

ANEXO 4

SUSTITUCIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Debido a que en algunos países europeos, está prohibido el uso de materiales y sustancias químicas peligrosas, si existe la posibilidad de utilizar sustitutos menos peligrosos o no peligrosos, se ha avanzado bastante sobre el tema, por lo que se anexará información al respecto: El propósito de una sustitución es en todos los casos remover o reducir los efectos de sustancias peligrosas a la salud, esta sustitución se puede dar en cualquiera de los 3 niveles.

<i>SUSTANCIA</i>	<i>IMPLEMENTO</i>	<i>PROCESO</i>
Nivel 1 Cambia	No cambia	No cambia
Nivel 2 Cambia	Cambia	No cambia
Nivel 3 Cambia	Cambia	Cambia

De acuerdo a Filskov y coautores (1996), para efectuar sustituciones de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, se procede de acuerdo a un plan de trabajo con las siguientes etapas:

- A.- Formulación del problema. (Descripción del producto, del trabajo, del tipo de exposición)
- B.- Fase de generación de ideas, (se obtiene información de todas las fuentes y clases).
- C.- Descripción y evaluación de las alternativas utilizando un criterio.
- D.- Toma de decisiones, ejecución y control.

Se han desarrollado una serie de herramientas para evaluar las sustancias y materiales peligrosos y su posible sustitución entre las que destacan por su mayor utilización:

- 1? TLV (valor umbral limite).
- 2? VHR (Relación de peligro por emanación de vapores).
- 3? Clasificación y etiquetado.
- 4? Evaluación de toxicidad (estudios epidemiológicos, experimentos de laboratorio)
- 5? La experiencia de otras empresas y de sus trabajadores.

A continuación se comentan los 3 primeros incisos ya que el 4 y 5 son más conocidos.

A4.1 TLV (Valor Umbral Límite)

Son normas administrativas de contaminación de aire impuestas por la ACGIH (Confederación Industrial Americana Gubernamental de Higiene) y como ya se habla mencionado el TLV es una expresión de la concentración de una sustancia calculado como un promedio durante una jornada de 8 horas.

La sustitución por medio del TLV, se toma como una regla de que a menor valor de este parámetro es mayor el riesgo de utilizar la sustancia en estudio.

Limitaciones.- Existen de 10,000 a 50,000 sustancias químicas de uso en el mercado industrial y comercial y se han determinado menos de 600 TLV de sustancias peligrosas, además de que un 40 % de los TLV han sido determinados sobre la base de los efectos irritantes de las sustancias en cuestión, mientras que los solventes orgánicos se les considera dañinos al sistema nervioso central.

A4.2 VHR (Relación de peligro por emanación de vapores)

Los VHR indican la probabilidad de exceder los TLV, debido a que toman en consideración que hay sustancias químicas más o menos volátiles, en otras palabras expresa cuantas veces como máximo el TLV puede ser excedido.

El VHR de una sustancia se define como: $VHR_i = C_i / TLV_i$ donde:

TLV_i = Valor umbral límite de una sustancia "i"

C_i = Concentración de equilibrio del componente puro.

El valor de C_i se puede expresar en unidades de presión (mm de Hg, Pa, atm) y se le llama presión de vapor saturado y para convertirlo a unidades en partes por millón (ppm), se realiza por medio de la relación:

$$C_i \text{ (ppm)} = P_i \text{ (mm Hg)} \cdot \frac{1,000,000}{760}$$

Incluso el VHR se puede aplicar a compuestos mediante la fórmula:

$$VHR = \frac{V1C1}{TLV1} + \frac{V2C2}{TLV2} + \frac{VXCX}{TLVX} \quad \text{donde:}$$

V = % en peso de cada sustancia que se encuentra en el compuesto.

El VHR es muy utilizado para decisiones de sustitución en donde un producto con bajo VHR se preferirá a otro con alto VHR.

Los agentes de limpieza son los principales candidatos a sustituirse, seguido de los adhesivos, colores, pinturas y lubricantes.

En la tabla A- 4 se seleccionaron como ejemplo, algunos solventes orgánicos con su presión de vapor, su VHR y el Valor umbral limite, para elegir al menos peligroso que es el de menor VHR.

Tabla A-4 Presión de vapor, Valor Umbral Límite y Tasa de peligro por vapor de sustancias seleccionadas

SUSTANCIA	PRESIÓN DE VAPOR EN PPM/°C	TLV 1988 PPM	VHR
Cloroformo	207,000/20	2	103,000
Benceno	25,000/25	5	25,000
Tetraclorometano	20,800/22	2	10,400
Tricloroetileno	79,000/20	30	2633
1,1,1 Tricloroetano	132,000/20	100	1320

Fuente: Modificada de Filskov Per et al.; "Substitutes for Hazardous Chemicals in the Workplace"; ed. Lewis Publishers; pág. 61; Boca Ratón Florida; 1996.

A4.3 Clasificación y Etiquetado

La clasificación para determinar las sustancias a sustituir se divide en:

- Clases de peligros.
- Declaración de seguridad y riesgo.
- Indicación de los nombres de las sustancias peligrosas en el producto.

El sistema de etiquetado comprende 10 diferentes clases de peligros que son:

Explosivos (E); Extremadamente inflamables (Fx); Inflamables (F); Combustibles (Co); Oxidantes (O); Muy tóxicos (Tx); Tóxicos (T); Dañino o perjudicial (Xn); Corrosivo (C) e Irritante (Xi).

La colocación de una sustancia química en estas clases de peligros está basada principalmente en la toxicidad de la sustancia, pero también se toma en cuenta los efectos a largo plazo (por ejemplo alergias y cancerígenos). La toxicidad aguda esta basada en los valores de Dosis Letal y Concentración Letal en la mitad de la población experimental, cuyos símbolos son LD₅₀ y LC₅₀ respectivamente. A continuación en la tabla A4.3 se dan los intervalos de dosis letal para diferentes clases de peligro.

Tabla A4.4 Intervalos de LD₅₀ para diferentes clases de peligro

CLASE DE PELIGRO	RATA, A TRAVÉS DE LA BOCA,	RATA/CONEJO A TRAVÉS DE LA PIEL	RATA, INHALACIÓN
	Unidades en mg/kg	Unidades en mg/kg	Unidades en mg/m ³ /4h
Tx	LD ₅₀ ≤ 25 mg/kg	LD ₅₀ ≤ 50 mg/kg	LC ₅₀ ≤ 500
T	25 < LD ₅₀ ≤ 200	50 < LD ₅₀ ≤ 400	500 < LC ₅₀ ≤ 2000
Xn	200 < LD ₅₀ ≤ 2500	400 < LD ₅₀ ≤ 2000	2000 < LC ₅₀ ≤ 20000

Fuente: Filskov Per et al.; "Substituts for Hazardous Chamicab in the Workplace"; ed: Lewis Publishers; pág. 32; Boca Raton, Florida; 1996.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACGIH

Confederación Industrial Americana Gubernamental de Higiene (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Activación

Proceso por el cual se remueve el último vestigio de óxido, sobre una superficie de metal y una capa delgada del mismo metal, para asegurar que la superficie del mismo, que será recubierta, este electroquímicamente activa. Se usa como una técnica de preparación de superficies antes del electrorecubrimiento.

Agentes Humectantes

Productos químicos que reducen la tensión superficial del agua, permitiendo que fluya de las piezas de trabajo sin gotear.

Aleaciones

Es la adición de un metal a otro metal o combinaciones de metales, para proporcionar o mejorar características específicas.

Análisis de Riesgo

Es el desarrollo de una estimación cualitativa o cuantitativa del nivel de peligro potencial, de una actividad, referida tanto a personas como a bienes naturales, en términos de la magnitud del daño y la probabilidad de que tenga lugar.

Anfiprótico

Material que muestra propiedades ácidas y básicas. Este término se aplica comúnmente a los óxidos e hidróxidos de los metales que pueden formar cationes y aniones complejos.

Anión

Ion cargado negativamente que se forma por la adición de electrones a átomos o moléculas.

Ánodo

En la electrólisis, el electrodo que tiene potencial positivo con respecto al cátodo, es el electrodo terminal a donde llegan los electrones.

Buffer

Sustancia amortiguadora que evita que se presenten cambios repentinos o drásticos de la acidez o basicidad de una solución, manteniendo dentro de un pequeño rango, el pH de una solución.

CAG

Grupo de evaluación de carcinógenos.

Catión

Ion cargado positivamente que se forma por la remoción de electrones de átomos o de moléculas.

CAS

Resumen químico de ayuda. Por sus siglas en Ingles: Chemical Abstract Service.

Cátodo

En la electrólisis, el electrodo con potencial negativo con respecto al ánodo.

CENAPRED

Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Decapado

Proceso que utiliza ácido para disolver óxido o herrumbre, también se le podría llamar limpieza ácida.

Desengrasado

Forma de limpieza que normalmente utiliza solventes clorados. El vapor del solvente disuelve cualquier grasa en la superficie y al condensarse posteriormente, se resbalará de la pieza de trabajo, atrayendo el material soluble dentro del recipiente.

DL₅₀

Dosis letal media (efectos tóxicos en el 50 % de los animales en experimentación).

EC

Comunidad Europea (European Community).

Electrolimpieza

Es un proceso en el que la pieza de trabajo se hace primero cátodo, al aplicar corriente eléctrica se genera gas Hidrógeno por la electrólisis del agua, resultando una acción de lavado altamente eficiente. Siguiendo el tratamiento inicial, como cátodo el circuito es invertido, por lo que la pieza de trabajo se convierte en ánodo. El gas Oxígeno se genera en la superficie y produce la acción de limpieza final.

EPA

Agencia de Protección Ambiental.

Exposición

Se da cuando un individuo está en contacto con alguna sustancia.

Exposición Crónica

Exposiciones repetidas, o largos períodos de tiempo entre la exposición y el daño.

Galvanoplastia

Es el proceso de recubrir electrolíticamente una superficie no metálica con una capa metálica.

Galvanostegia

Proceso que recubre electrolíticamente un objeto metálico con una capa delgada de otro metal, del mismo metal o de una aleación.

ICSC

Fichas Internacionales de Seguridad Química. (International Chemical Safety Cards).

LC₅₀

Concentración letal media.

Limpieza ultrasónica.

El material adherente es removido por energía ultrasónica aplicada a través de un líquido. La

energía toma la forma de ciclos de presión positiva y negativa en la superficie de trabajo. Con un líquido actuando como fluido de trabajo, la frecuencia elevada (hasta 10 KHz) empujando y jalando afloja hasta los materiales más fuertemente adheridos.

NFPA

Agencia de Protección Nacional contra Incendios. (National Fire Protection Agency).

NIOSH

Instituto Nacional de Salud y Enfermedad Ocupacional (National Institute for Occupational Safety and Health).

NOM

Norma Oficial Mexicana.

OIT

Organización Internacional del Trabajo.

OMS

Organización Mundial de la Salud.

OSHA

Administración Ocupacional de Salud y Enfermedad. (Occupational Safety and Health Administration).

Paramagnético

Propiedad que tienen elementos metálicos con electrones desapareados en capas externas de sus átomos de ser ligeramente atraídos por un campo magnético.

PNUMA

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Pasivación

Proceso en el que la pieza de trabajo al estar en contacto con un ácido fuerte muy concentrado, provoca la formación de una capa de óxido del mismo material que impide proseguir con el proceso de electrodeposición.

Peligro

Condición física o química que puede causar daño a las personas, al medio ambiente o a la propiedad, o también se expresa como el potencial de un agente ambiental para causar un perjuicio a la salud.

Residuo peligroso

Sustancia que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, corrosividad o acción biológica (CRETIB) puede ocasionar una acción significativa al ambiente, la población y sus bienes.

Riesgo

Probabilidad de que ocurra un evento generalmente desfavorable, o también es una medida de la pérdida económica o daño a las personas expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.

RTECS

Control de la Emisión de Sustancias Tóxicas Liberadas. (Release Toxics Emission Control Substances).

Surfactante

Sustancia química que disminuye la tensión superficial de los integrantes de una solución.

Sustrato

Pieza o material de trabajo sobre el que se recubrirá con una capa de otro material.

STEL

Valor de exposición corta. (Short Term Exposure Limit). Es un límite intermedio de concentración de sustancias químicas en el aire de los lugares de trabajo.

TLV

Valor límite umbral. (Threshold Limit Value). Límite fijado en base a experimentaciones con animales de laboratorio o menos frecuente, en base a estudios epidemiológicos en trabajadores expuestos ocupacionalmente a una determinada sustancia química.

USEPA

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldrich, J. R. (1994) "Better Heavy Metal Waste Treatment Method"; Metal Finishing; Págs. 51 - 55, Tyndall Air Forte, Florida.

Arcos, M. E., Becerril, J, Espindola, M., Fernández, G y Navarrete, M. . (1994) "Transporte, Destino y Toxicidad de constituyentes que hacen peligroso a un residuo"; Cuadernos de Investigación N° 2; CENAPRED; págs 55-58; México; Marzo.

Barauskas, R. and Sato, A. (1995) Copper Plating; Lea Ronal Inc.; Freeport N.Y.; Special Metal Finishing Guidebook; págs. 223-234; Freeport, New York.

Bastienier, Homrok e Innes (1973) Limpieza y Desengrase de los Metales; editorial CEDEL; págs. 6-8; Barcelona, España.

Bird, R W. (1995) Aqueous Alkaline Cleaners: A better Alternative Metal Finishing; New York; págs. 10-20; March.

Bowers, A.R., Ortiz, C.R., Cardozo, R. (1986) "Iron Process for Treatment of Cr VI Wastewaters"; Metal Finishing; Págs. 37 - 41; Nashville Tennessee; November.

Butrino, A.J. (1996) "Curso-Taller sobre Administracion y Analisis de Riesgos"; Programa Universitario del Medio Ambiente; Facultad de Química de la UNAM; págs 1.2-1.8; México D.F.

Castellan, G.W. (1987) Fisicoquímica; 28. Edición; SITESA; de. Addison Wesley Iberoamericana; Tlalpan, México D.F.; pág. 420.

Considine, D.M. (1989) Van Nostrands Scientific Encyclopedia; Vol 2; 7a edición; de. Van Nostrands Reinhold; New York, U.S.A.; págs. 632-634.

Crampton, P. (1982) "Reverse Ósmosis System" Metal Finishing, págs 21 - 27; Fort Lauderdale Florida; Mars 1982.

Cushnie, G.C. (1994) "Pollution Prevention and Control TecEnology for Plating Operations", editorial National Center for Manuacturing Sciences; Ann Arbor, Michigan, 1994.

Diario Oficial de la Federación; 2a sección; México D.F.; págs. 57-60; Lunes 18 de Octubre de 1993.

Diario Oficial de la Federación; la sección; México D.F.; págs. 11-14; Jueves 9 de Enero de 1997.

Dibari, G.A. (1995) Nickel Plating. International Nicker Inc. Special Metal Finishing Guidebook; págs. 259279; Saddle Brook, New Jersey.

Eason, J. (1990) "Sources versas end of pipe ion exchange for waste treatment", págs. 45 - 47, Metal Finishing; Terryville, Connecticut; January.

Fabro, M. (1992) "Vacuum Distillation for the Recovery of Rinse Water and Concentrated Solutions in the Electroplating Process", Berkeley, California; págs. 45 - 47; Noviembre.

Filskov, P., Goldschmidt, G., Kragh, H.M., Hüglund, L., Johansen, T., Libak, P.C. y Wibroe, L. (1996); "Substitutes for Hazardous Chemicals in the Workplace"; ed. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida; págs. 4-15, 17-53, 62.

Freeman, R.A. (1990) Center Chemical Process (CCPS); "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis"; Plant Operations Progress; St. Louis Missouri; Vol. 9, N° 4; págs. 231-233, Octubre.

Fuchs, J.F. (1984) Blackstone Ultrasonic Inc. Metal Finishing; Jamestown, New York; págs. 15-18; January.

Galvao, L.A.C., Corey, G. (1987) "Serie Vigilancia 5 CROMO"; Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; Organización Mundial de la Salud; págs.21-23, 35-37; Metepec, México.

Ginocchio, J.C. (1992) "Removal of Metallic Ions During Drinking Water Treatment by Sulzer Technical Review; Switzerland.

Grebenyuk, V.D. et al. (1989) "Status and Prospects of Purification Methods for Electroplating plant Effluents"; Soviet Journal Water Chemical Technology; Vol 11; N° 5; págs. 407 - 421.

Hosea, M., Nelis, P., Mayne, M. (1988) "Metal Recovery by Ion Exchange Five Crucial Issues"; Metal Finishing; págs. 67 - 69; Las Cruces, New México; October.

ITSEMAP (1995) "Curso sobre Análisis de Riesgos"; editorial MAPFRE; la sección; págs 242; Madrid.

Jacobs, J.H. (1992) "Treatment and Stabilization of a Hexavalent Chromium Containing Waste Material"; Environmental Progress; Cleveland Ohio; Vol. 11, N° 2; págs 123 - 126; May, 1992.

Johnson J.C. (1995) Chemical Surface Preparation. Special Metal Finishing Guidebook; págs 102-112; Jane.

Kenneth, N. (1995) Functional Chromium Plating, Special Metal Finishing, pág. 213; Jane 1995.

Kirk – Othmer (1985) Concise Encyclopedia of Chemical Technology. Wiley Interscience Publication, pág. 1023.

Kirk-Othmer (1994) Encyclopedia of Chemical Technology; Vol. 6; 4ta. Edición; de. John Wiley and Sons; págs. 229-291.

Lagrega, B.E. (1994) "Hazardous Waste Management"; ed. McGraw-Hill; págs. 54-62 USA, 1994.

McAdams, J.P. et al. (1994) Tables and Data Sheets, Special Metal Finishing Guidebook; Department of Defense, Washington; págs. 769-791.

McGraw-Hill (1992) Encyclopedia of Science and Technology; Vol 6; 73. Edición; de. MacGraw-Hill; U.S.A.; págs. 261-265, 1992.

Mcketta, J.J.(1983) Encyclopedia of Chemical Processing and Design; Vol. 17; 1a. Edición; editorial Marcel Dekker Inc.; U.S.A.; págs. 375-379; 408425.

- Mertens, J.A. (1989) Metal Cleaning with 1,1, 1, Trichloroethane Metal Finishing; New York; págs 41 -44; May.
- Mohler, J.B. (1986) The Chromium Plating Bath, Finishing Pointer, Metal Finishing; págs. 17-18; Julio.
- Montague, D. F. (1990) "Process Risk Evaluation-What method to use?"; Reliability Engineering and System Safety; Vol. 29; Park Center, Knoxville, Tennessee; págs. 27-53, USA 1990.
- Mortimer, Ch. E. (1983); Química; la. Edición; editorial Grupo Editorial Iberoamérica; pág. 477; México D.F..
- Murphy, M. (1995) "Focas on Chromium"; Metal Finishing; ed. Elsevier; Saint Etienne, France; págs. 34-39, Agosto.
- Nichols, J.K. y Crawford P.J. (1983) "Managing Chemicals in the 1980's; OCDE French; págs 19-28, Paris.
- Opasker, V. and Crawford, D. (1991) "Trivalent Chromium Plating Bath using Ion Exchange", Metal Finishing, págs. 49 - 51, Ontario, Canadá; January.
- Pansini M., Colella C. y D Gennaro M. (1994) "Chromium Removal from Water by Ion Exchange Using Zeolite", Metal Finishing Special, págs. 145 - 157; Nápoles, Italia; 1994.
- Philipp C. T. (1995) "Wastewater Treatment"; Enviroscience Inc.; Metal Finishing Special; Págs. 724 - 745; Hot Springs, Arizona.
- Piplani, P.D. (1993) "Recognition and Control of Chemical Hazards in Plating Operations"; Metal Finishing; editorial Elsevier; págs 41-48; Tulsa Oklahoma, Nov.
- Ragosta, J. M. (1991) "Using Your Ion Exchange Waste Treatment Equipment", Metal Finishing, págs. 7 - 9; Tully, New York; November.
- Ramirez A. E., D'alessio D. F. (1994) "Design and Engineering of a Wastewater Pretreatment Facility"; Metal Finishing; Págs. 15 - 20; Plainfield, New Jersey; November.
- Rodriguez M. D. (1991) "Serie Vigilancia 10 NIQUEL"; Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; Programa de Salud Ambiental; Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud; págs. 31-33, 55-57; Metepec México.
- Santamaría, R. J.M. (1994) y Braña, A.P.A. (1994) "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química, Editorial MAPFRE, Esp.; págs. 5-22; Madrid, 1994.
- Seoanez C. M. (1995) "Auditorias Medioambientales y Gestion Medioambiental de la Empresa"; coeditado por: Ediciones Mundi-Prensa y Análisis y Trabajos Prospectivos; págs.103-107; Madrid, España.
- Sawyer D. T. and Martell A.E. (1992) "Industrial Environmental Chemistry"; edit. Plenum Press; New York; Págs. 78 - 87; USA.

Schoeman J.J. Van Staden J.F. and Saayman H.M. (1992) "Evaluation of Reverse Ósmosis for Electroplating effluent Treatment", Water Science Technology, Vol. 25 N° 10, págs. 79 - 93; Pretoria, Sudáfnca.

Serie Monografías N° 5 (1994) "Prevención y Preparación de la Respuesta en caso de Accidentes Químicos en México y en el Mundo"; SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología; Primero y Segundo listado de Sustancias Tóxicas; págs. 229-241; México D.F.

Shakhashiri B. Z (1992) Chemical Demonstrations. A Handbook for Teachers of Chemistry; Vol. 4; editorial The University of Wisconsin Press; págs. 228-231.

Srtyder D.L. (1995) Decorative Chromium Plating; Atotech U.S.A. Inc.; Metal Finishing Special; págs 205211; Cleveland Ohio, Jane 1995.

Steward F.A., Glover R. C. (1995) "Waste Minimization and Recovery Technologies"; Metal Finishing; Págs. 746-767; Pittsburgh, USA.

Suokas, J. (1988) "Evaluation of the Quality of Sabety and Risk Analysis in the Quemical Industry"; Risk Analysis ; val. 8 N° 4; págs. 581-591; USA.

Tharp J.W. (1989) "Wastewater Treatment of Chrominm"; A Production Approach Products Finishing; Págs. 78 - 81; Orlando, Florida; March.

The Canning Handbook on Electroplating (1978) published by W. Canuing Limited; G.T. Hampton, S.T. Birmingham U.K.; 22A. Edición; págs. 455-459; 462465.

Ullmans (1986) Encyclopedia of Industrial Chemistry; Vol A-7; 5ta edición; ed. VCH; págs. 433-495; Federal Rep. Of Germany.

Ullmans (1986) Encyclopedia of Industrial Chemistry; Vol A-9; 5a. Edición; de. VCH; págs. 133-173; Fed. Rep. Germany.

Vallejo, F.J. (1954); Galvanostegia Electroquímica Aplicada; de. Manuales Hobby N°. 3; Buenos Aires Argentina; Págs, 47-54.

Wiaux J.P. and Nguyen T. (1990) "Recovered Value from Electroplating Industry Waste"; Metal Finishing; Págs. 85 - 92; Switzerland.

Zaki, N. (1995) Electrocleaning. Special Metal Finishing Guidebook; págs. 125-126; Kearoy New Jersey; Junio.

Zehnder, A.J.B. (1995) "Fundamentals, Risk Assessment and Legislation"; Proceedings of the Scope Workshop on Soil and Groundwater Pollution; Kluwer Academic Publishers; Netherlands.

“Minimización de la peligrosidad en plantas y talleres de cromado”

Se terminó de imprimir en diciembre de 2001, en los Talleres Gráficos de México, Av. Canal del Norte N° 80, Col. Felipe Pescador, México, D.F. La edición en papel bond de 90 grs. en interiores y portada en cartulina sulfatada de 14 puntos, consta de 300 ejemplares más sobrantes para reposición.



**Coordinación General de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres**

Av. Delfín Madrigal No.665,
Col. Pedregal de Sto. Domingo,
Deleg. Coyoacán,
México D.F., C.P. 04360

www.cenapred.unam.mx