



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

---

DIRECCIÓN DE POSGRADO  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. Z.

**“MINIMIZACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  
EN LA INDUSTRIA DE GALVANOPLASTÍA”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN  
INGENIERIA AMBIENTAL**

P R E S E N T A

**VERÓNICA MOLINA GALLEGOS**

DIRECTORES:

**M.C. PINO DURÁN ESCAMILLA  
M.I. FELIPE LÓPEZ SÁNCHEZ**

**MÉXICO, D.F. 2011**





# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F. siendo las 13:00 horas del día 05 del mes de agosto del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A.-U.Z. para examinar la tesis titulada:

“Minimización del riesgo ambiental en la industria de galvanoplastía”

Presentada por el alumno:

Molina Gallegos Verónica  
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)

Con registro: 

A	0	9	0	6	8	5
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

M. en C. Pino Durán Escamilla

M. en I. Felipe López Sánchez

Dr. Jorge Meléndez Estrada

M. en C. Ricardo Contreras Contreras

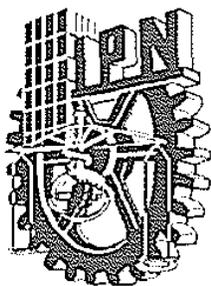
M. en C. Eva Margarita Melgar Paniagua

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

M. en C. Pino Durán Escamilla



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 10 de Julio de 2011, la que suscribe Verónica Molina Gallegos, alumna del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, con número de registro A960845, adscrita a la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. en C. Pino Durán Escamilla y el M. en I. Felipe López Sánchez y que cede los derechos del trabajo intitulado "**Minimización del riesgo ambiental en la industria de galvanoplastia**", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos sin el permiso expreso del autor o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección electrónica: [veronica.moliga@gmail.com](mailto:veronica.moliga@gmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

Verónica Molina Gallegos

# DEDICATORIA

*A mi hijo Maurilio:*

*Por darme la oportunidad de conocer el amor incondicional  
y por acompañarme desde el inicio de este proyecto.*

# AGRADECIMIENTOS

*A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Alma Máter.*

*Al Instituto Politécnico Nacional*

*A la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura*

*A mis directores:*

*M.C. Pino Durán Escamilla*

*M.I. Felipe López Sánchez*

*Por los conocimientos, experiencia y tiempo  
invertidos en la realización de este proyecto.*

*A los miembros de la Comisión Revisora:*

*M.C. Eva Margarita Melgar Paniagua*

*M.C. Ricardo Contreras Contreras*

*Dr. Jorge Meléndez Estrada*

*Por su valiosa colaboración.*

# MINIMIZACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA DE GALVANOPLASTÍA

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS.....	III
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	VII
OBJETIVO GENERAL.....	VII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	VII
JUSTIFICACIÓN.....	VIII
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.....	VIII
<b>CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES</b>	
1.1 Aspectos Generales.....	1
1.2 Panorama de la Industria en México.....	3
1.3 Emergencias ambientales.....	5
1.4 Riesgo ambiental.....	11
1.4.1. Actividades Altamente Riesgosas.....	11
1.5 Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.....	14
1.6 Legislación .....	19
1.7 La Industria de Galvanoplastía .....	21
1.7.1. Problemática ambiental originada por la Industria de Galvanoplastía.....	22
<b>CAPÍTULO 2 CASO DE ESTUDIO</b>	
2.1 Datos generales y descripción del caso de estudio .....	23
2.2 Descripción del proceso de Galvanoplastía .....	24
2.3 Materias primas requeridas .....	28
2.4 Productos.....	29
2.5 Residuos Generados.....	30
2.6 Aspectos del medio natural y socioeconómico.....	31



**CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE RIESGO**

3.1	Análisis de Riesgos.....	35
3.1.1	Selección del método de análisis.....	37
3.1.2	Antecedentes de incidentes y accidentes.....	39
3.1.3	División del proceso productivo.....	40
3.1.4	Identificación de riesgos en áreas de proceso.....	41
3.1.5	Jerarquización de riesgos.....	46
3.2	Radio de Afectación.....	48
3.2.1	Modelo matemático de simulación.....	48
3.2.2	Sustancias Altamente Riesgosas.....	53
3.2.3	Información que requiere ALOHA para su aplicación.....	54
3.2.4	Datos meteorológicos de la zona.....	56

**CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1	Valoración del riesgo.....	59
4.2	Jerarquización de riesgos.....	61
4.3	Determinación de los radios de afectación.....	62
4.4	Análisis de resultados.....	64

**CAPÍTULO 5 MINIMIZACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL**

5.1	Buenas prácticas.....	67
5.2	Mejoramiento de procesos.....	68
5.3	Sistemas de gestión ambiental.....	70
5.4	Seguridad y salud ocupacional.....	71
5.5	Acciones técnico operativas.....	72
5.6	Acciones para reducir riesgos.....	73
5.7	Uso de sustancias altamente riesgosas .....	74

**CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Conclusiones.....	77
6.2	Recomendaciones.....	78

<b>REFERENCIAS</b> .....	80
--------------------------	----

<b>GLOSARIO</b> .....	82
-----------------------	----

<b>ANEXOS</b> .....	85
---------------------	----



## ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Principales emergencias ocurridas en México.....	3
1.2	Emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA (1993-2009).....	6
1.3	Tipo de emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA (1993-2009).....	7
1.4	Lugar de origen de las emergencias ambientales reportadas a la PROFEPA.....	8
1.5	Sustancias químicas involucradas en las emergencias ambientales (1996-2002).....	9
1.6	Daños a la población reportados a la PROFEPA (1993-2009).....	10
1.7	Grupos de sustancias establecidos para clasificar el RETC.....	16
1.8	Numero de sustancias RETC reportadas por tipo para cada entidad federativa....	17
1.9	Entidades federativas con mayor número de sustancias RETC reportadas.....	18
1.10	Número de reportes de sustancias RETC a nivel nacional.....	18
2.1	Distribución de superficies en el caso de estudio.....	24
2.2	Insumos directos e indirectos que utiliza el caso de estudio.....	29
2.3	Producción anual del caso de estudio.....	30
2.4	Identificación y descripción de los residuos peligrosos.....	30
2.5	Medio Natural y Socioeconómico del entorno.....	31
3.1-A	Identificación de riesgos en soluciones activadoras.....	41
3.1-B	Identificación de riesgos en enjuagues y desengrases.....	42
3.1-C	Identificación de riesgos en reacciones de depósito metálico.....	43
3.1-D	Identificación de riesgos en tinas de filtración.....	43
3.1-E	Identificación de riesgos en calderas.....	44
3.2	Probabilidad de ocurrencia de riesgos.....	46
3.3	Severidad de las consecuencias para la vida y la salud.....	46
3.4	Severidad de las consecuencias para el medio ambiente.....	47
3.5	Identificación de sustancias altamente riesgosas.....	53
3.6	Condiciones meteorológicas de Tlalnepantla (1998-2007).....	56
3.7	Rosa de viento de Tlalnepantla (1998-2007).....	57
4.1-A	Valoración del riesgo en soluciones activadoras.....	59
4.1-B	Valoración del riesgo en enjuagues y desengrases.....	59
4.1-C	Valoración del riesgo en reacciones de depósito metálico.....	60
4.1-D	Valoración del riesgo en tinas de filtración.....	60
4.1-E	Valoración del riesgo en calderas.....	60
4.2-A	Criticidad del riesgo en soluciones activadoras.....	61
4.2-B	Criticidad del riesgo en enjuagues y desengrases.....	61
4.2-C	Criticidad del riesgo en reacciones de depósito metálico.....	61
4.2-D	Criticidad del riesgo en tinas de filtración.....	62
4.2-E	Criticidad del riesgo en calderas.....	62



	63
	63
4.3 Zonas de tratamiento por incidente con Ácido Nítrico.....	64
4.4 Zonas de tratamiento por incidente con Níquel.....	66
4.5 Resultados obtenidos de la aplicación del HAZOP.....	74
4.6 Radios de afectación obtenidos de la modelación matemática.....	
5.1 Acciones para reducir el riesgo.....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.1 Número de sustancias RETC reportadas por tipo para cada entidad federativa.....	16
2.1 Diagrama general de procesos en el caso de estudio.....	28
2.2 Atlas de riesgos en el entorno del caso de estudio.....	33
3.1 Metodología para el análisis de riesgos.....	36
3.2 Método para determinar el factor de Análisis de Riesgo.....	47
3.3 Metodología para los radios de afectación.....	48
3.4 Distribución y extensión gaussiana.....	51
3.5 Esparcimiento de la nube como resultado de la gravedad.....	51
3.6 Rosa de vientos de Tlalnepantla 1998-2007.....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

A Descripción de Líneas de proceso.....	85
B Características Meteorológicas.....	98
C Hojas de datos de seguridad.....	104
D Resultados de las Modelaciones.....	116
E Mapas de Zonas de Riesgo.....	120



## RESUMEN

El desarrollo industrial ha causado aumentos significativos en el número de procesos productivos que generan compuestos químicos contaminantes o de alto riesgo, o bien, que los requieren como materia prima o insumos intermedios. Estos procesos van acompañados de crecientes niveles de emisiones al aire, al agua y de una alta incidencia de residuos peligrosos.

La falta de información sobre las características de las sustancias que se utilizan en los procesos productivos puede llevar a los operadores a un manejo inapropiado que puede dar origen a una emergencia ambiental, por fuga, derrame o explosión.

Con la finalidad de tomar acciones tanto preventivas como correctivas a este respecto, se llevó a cabo un estudio de riesgo ambiental en una empresa de Galvanoplastia ubicada en el Estado de México, ya que por el volumen de las sustancias que maneja, sus actividades se encuentran clasificadas como altamente riesgosas.

Los procedimientos que se llevan a cabo en la industria de Galvanoplastia tienen como finalidad modificar las propiedades de la superficie de los metales y éstas pueden estar asociadas a motivos decorativos o funcionales. Por lo que se refiere a los aspectos ambientales, esta industria enfrenta problemas serios debido a que los residuos y emisiones que genera han sido considerados en su mayoría como peligrosos. Las sustancias peligrosas que se manejan en el caso de estudio son: ácido nítrico, cianuro de sodio y níquel, las cantidades de estas sustancias que se encuentran almacenadas en sus instalaciones rebasan considerablemente las cantidades de reporte establecidas para su clasificación como empresa altamente riesgosa.

Se llevó a cabo un análisis de riesgos y operabilidad con la técnica HAZOP (HAZard and OPerability analysis), para determinar la probabilidad de accidentes, su severidad y la criticidad del riesgo. Tanto los procesos que utilizan soluciones activadoras como las calderas reportaron un riesgo MODERADO.

La determinación de los radios potenciales de afectación, se realizó a través de la aplicación del modelo matemático de simulación ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) o Ubicaciones Zonales de Atmósferas Peligrosas, se modeló un derrame de ácido nítrico y se supuso la reducción del níquel a níquel carbonilo, en ambos casos se consideró la cantidad máxima de almacenamiento en el caso de estudio. Las zonas de alto riesgo en el peor de los escenarios se encontraron a 1.1 Km. para el ácido nítrico y 3.7 Km. para el níquel carbonilo.

Para minimizar el riesgo ambiental, se hacen las recomendaciones correspondientes, que se pueden aplicar a cualquier empresa del giro.



## **ABSTRACT**

The industrial development has caused significant increases in the number of production processes that generate chemical or hazardous pollutants, or chemical compounds that are required as raw materials or intermediate inputs. These processes are accompanied by increasing levels of air pollutants emissions, water pollutants and a high incidence of dangerous waste.

The lack of information about the physical and chemical characteristics of the substances used in production processes can lead to improper handling by the operators and also could produce an environmental emergency, leaking, spill or explosion.

In order to take action, both preventive and corrective, we made an environmental risk assessment in an electroplating plant located in Mexico State, due the amount of the substances handled in it; their activities are classified as highly hazardous by the national regulations.

Processes performed in the electroplating industry have the purpose to modify the surface metal's properties and this can be associated with decorative or functional designs. With regard to environmental issues, this kind of industry has serious problems, because the waste and emissions generated are considered dangerous to the environmental and to the human health. The hazardous substances handled in the electroplating industry are: nitric acid, sodium cyanide and nickel, the amounts of these substances stored in their facilities exceed the amounts established by national regulations and therefore it is classified as an industry with high-risk activities.

We carried out a risk analysis and technical operability with HAZOP (Hazard and Operability analysis), method for determining the accident's probability, risk severity and criticality. Results indicate that processes which are using active solutions and boilers have a moderate risk.

Potential damage radii were determinate using ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) mathematical model we simulated in separated way a spill of nitric acid and nickel carbonyl (reduced form of nickel) in both cases we considered the maximum amount of storage. Results indicated that the high-risk areas (considering the worst scenario) are found until 1.1 Km from the storage site in the plant, when we simulated the nitric acid and until 3.7 Km when nickel carbonyl was simulated.

In this study we propose several recommendations in order to minimize environmental risk, considering that these recommendations can be applied to any electroplating company.



## **INTRODUCCIÓN**

En México, al igual que en el resto del mundo, el número de emergencias ambientales en donde se involucran sustancias químicas peligrosas es desafortunadamente, cada vez mayor debido al incremento en la comercialización y a la falta de un manejo integral adecuado de las mismas.

De acuerdo con estadísticas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), cada año se presentan en México un promedio de 461 emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas [Sarmiento, et al, 2003].

Por lo anterior, es necesario que todas las instancias involucradas en la atención de emergencias ambientales dispongan de más y mejor información respecto de las acciones preventivas y correctivas a tomar ante este tipo de eventos.

Una de los sectores en México que maneja sustancias químicas peligrosas es la industria de galvanoplastía, cuya producción ha ido en aumento generando como consecuencia un incremento en los riesgos ambientales relacionados con su operación.

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar el origen de las emergencias ambientales en la industria de la Galvanoplastía mediante el estudio de un caso representativo, con la finalidad de establecer las recomendaciones pertinentes para minimizar el riesgo ambiental.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Seleccionar una empresa representativa del giro de galvanoplastía ubicada en la Zona Metropolitana del Valle de México como caso de estudio.
- ✓ Identificar las materias primas que consumen, los residuos peligrosos que generan y las sustancias altamente riesgosas que se manejan en el proceso.
- ✓ Analizar y jerarquizar los riesgos en líneas de producción y determinar mediante un modelo matemático los radios de afectación en caso de reacción química, fuga o derrame.
- ✓ Establecer recomendaciones para minimizar los riesgos.

## **JUSTIFICACIÓN**

Para minimizar la posibilidad de que ocurran accidentes mayores relacionados con el uso de las sustancias y materiales peligrosos que se manejan en la industria de galvanoplastia, cuyas actividades de operación se consideran altamente riesgosas y con el propósito de evitar que sus efectos trasciendan los límites de sus instalaciones y puedan afectar adversamente la salud de la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas, es necesario realizar estudios para conocer las áreas de mayor riesgo ambiental y con mayores efectos a la población expuesta, proponer estrategias de control y mitigación de riesgos, así como establecer las zonas de amortiguamiento y mayor peligro.

Para llevar a cabo lo anterior se seleccionó una empresa tipo como caso de estudio en donde se llevó a cabo la evaluación del riesgo ambiental.

La empresa seleccionada forma parte del sector de la industria química, en materia de emisiones a la atmósfera es considerada como fuente fija de jurisdicción federal, por el uso de metales como materia prima debe reportar a la SEMARNAT para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes y sus actividades productivas se consideran Altamente Riesgosas por la cantidad de ácido nítrico, cianuro de sodio y níquel metálico que maneja en el proceso y almacena en sus instalaciones.

## **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS**

Todos los accidentes ambientales se pueden prevenir.

El conocimiento de las sustancias que se utilizan en un proceso industrial, de las características de estas sustancias y de su forma adecuada de manejo y almacenamiento hace posible minimizar el riesgo de que ocurra un accidente o emergencia ambiental.

El análisis de riesgos y la determinación de los radios de afectación ofrecen la posibilidad de establecer un plan de acción preventivo para evitar accidentes y correctivo para minimizar los daños.



# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Aspectos Generales**

El 3 de diciembre de 1984 en la región de Bhopal, India, se originó una tragedia al producirse una fuga de 42 toneladas de isocianato de metilo en una fábrica de pesticidas propiedad de la compañía estadounidense Unión Carbide [Grazia,1985]. El accidente se produjo al no tomarse las debidas precauciones durante las tareas de limpieza y mantenimiento de la planta, lo que hizo que el agua a presión utilizada y los cristales de cloruro sódico, restos metálicos y otras impurezas que la misma arrastraba, entraran en contacto con el gas almacenado, iniciando una reacción exotérmica que provocó la apertura por sobrepresión de las válvulas de seguridad de los tanques y con ello la liberación a la atmósfera del gas tóxico; con el agravante de que el sistema de refrigeración de los tanques y el catalizador de gases previo a la salida a la atmósfera, se habían desactivado para reducir costos.

Al entrar en contacto con la atmósfera, el compuesto liberado comenzó a descomponerse en varios gases muy tóxicos (fosgeno, monometilamina y especialmente ácido cianhídrico, también conocido como ácido prúsico o cianuro de hidrógeno) que formaron una nube letal que, al ser más densos los gases que la formaban que el aire atmosférico, recorrió a ras de suelo toda la ciudad. Miles de personas murieron de forma casi inmediata asfixiadas por la nube tóxica y otras muchas fallecieron en accidentes al intentar huir de ella durante la desesperada y caótica evacuación de la ciudad.

Se estima que entre 6,000 y 8,000 personas murieron en la primera semana tras el escape tóxico y al menos otras 12,000 fallecieron posteriormente como consecuencia directa de la catástrofe, que afectó a más de 600,000 personas, 150,000 de las cuales sufrieron graves secuelas.

Además, perecieron también miles de cabezas de ganado y animales domésticos y todo el entorno del lugar del accidente quedó seriamente contaminado por sustancias tóxicas y metales pesados que tardarán muchos años en desaparecer. La planta química fue abandonada tras el accidente y Union Carbide no respondió por los daños causados [Grazia, 1985].



Las experiencias de tragedias ocurridas en el pasado demuestran la necesidad de que industria, trabajadores, ciudadanos, organizaciones no gubernamentales y autoridades; trabajen en equipo para prevenir y reducir los riesgos a la salud e integridad humana, al ambiente y a los bienes materiales; así como para planear la respuesta eficiente y oportuna a las emergencias que pueden derivarse de la liberación de sustancias químicas.

Las investigaciones realizadas después de la tragedia de Bhopal, revelan que las autoridades de salud de la India, no habían sido informadas acerca de la toxicidad de los compuestos químicos utilizados por la empresa Union Carbide, responsable del accidente. También se encontró que no existían planes o protocolos de respuesta a emergencias en el lugar y no se tenía conocimiento de cómo contrarrestar una nube de gases tóxicos.

La tragedia de Bhopal motivó que diversos países, especialmente los desarrollados, revisaran y fortalecieran su legislación en materia de prevención y control de accidentes industriales mayores. Por ejemplo, en 1986 el gobierno de los Estados Unidos de América promulgó la Ley conocida como "Acta de Planeación de Emergencias y Derecho a Saber de la Comunidad"; cuyo objetivo es promover y apoyar la respuesta organizada a emergencias químicas, proporcionando a los gobiernos locales y al público en general, información acerca de los posibles riesgos químicos existentes en sus comunidades.

En México, los accidentes por sustancias químicas, ocurridos en los últimos años [Sarmiento, et al, 2003], como la fuga de fosgeno en Poza Rica, Ver., en 1950 ocasionada por la falta de combustión en quemadores de campo; el incendio y derrame de petróleo del Pozo Ixtoc en la Sonda de Campeche en 1979 ocasionado por la salida de petróleo y gas a presión; la explosión de esferas de gas propano en San Juan Ixuatepec, Estado de México en 1984; el incendio de la empresa de agroquímicos Anaversa en Córdoba, Ver., en 1991; la explosión ocurrida en el drenaje de la Ciudad de Guadalajara, Jal., en abril de 1992; la explosión con etano plus en el Complejo Procesador de Gas en Reforma, Chis., en 1996 y el incendio de la terminal de Pemex, Satélite Norte, ubicada en San Juan Ixuatepec, Estado de México en 1996; dan una idea clara de las enormes proporciones que puede tomar una emergencia asociada con sustancias peligrosas, cuyas consecuencias en la mayor parte de los casos, se traducen en pérdidas humanas, afectaciones al medio ambiente y/o pérdidas materiales; cuando no se toman las medidas de prevención apropiadas y no se está preparado para responder rápida y eficazmente ante esta clase de eventos [Ortíz, 2006]. En la Tabla 1.1 se presentan las principales emergencias ocurridas en México asociadas con sustancias químicas.



**TABLA 1.1 PRINCIPALES EMERGENCIAS OCURRIDAS EN MÉXICO**

FECHA	EVENTO	UBICACIÓN	SUSTANCIAS INVOLUCRADAS	CAUSAS	DAÑOS
25/DIC/1950	POZA RICA	POZA RICA, VERACRUZ	FOSGENO	Fuga de gas ocasionado por falta de combustión en quemadores de campo.	17 Defunciones 300 Intoxicados
01/JUN/1979 AL 09/MAR/1980	IXTOC	SONDA CAMPECHE	PETRÓLEO CRUDO	Incendio ocasionado por la salida de petróleo y gas a presión.	Liberación de 3100,000 barriles de petróleo
19/NOV/1984	SAN JUAN IXHUATEPEC	ESTADO DE MÉXICO	GAS L.P.	Explosión de esferas de Gas L.P.	650 defunciones 2,500 lesionados
03/MAY/1991	ANAVERSA	CÓRDOBA, VERACRUZ	PLAGUICIDAS	Falla en el sistema de envasado con derrame de producto e incendio.	300 intoxicados 1,700 evacuados
22/ABR/1992	GUADALAJARA	JALISCO	GASOLINA	Presencia de gasolina en la red de alcantarillado.	190 defunciones 1,470 lesionados
26/JUL/1996	CACTUS	CHIAPAS	ETANO PLUS	Fuga de Hidrocarburos líquidos, ocasionando explosión e incendio.	6 defunciones 9 lesionados
11/NOV/1996	SAN JUAN IXHUATEPEC	ESTADO DE MÉXICO	GASOLINA	Derrame e incendio de gasolina en tanques de almacenamiento.	4 defunciones 15 lesionados

CENAPRED Centro Nacional de Prevención de Desastres 25 de septiembre de 2006.

## 1.2 Panorama de la industria en México

La industria reviste una enorme importancia para México, ya que ha sido en gran medida la impulsora de la urbanización del país, ha favorecido el surgimiento de un sector de servicios que ha consolidado a las metrópolis y ciudades medias, y en la actualidad representa uno de los principales elementos dinamizadores del desarrollo. No obstante, ello le exige superar sus límites y responder a los nuevos retos que le plantea la apertura externa y el nuevo contexto internacional, así como las demandas de la sociedad por un ambiente y una economía sanos, capaces de sostener niveles de bienestar creciente.

La industria utiliza materias primas, energía, capital y trabajo humano para generar bienes socialmente deseables, pero también, sus procesos productivos arrojan al ambiente subproductos indeseables para los cuales, generalmente, no hay precios positivos ni mercados. Entre ellos están las emisiones de contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y los residuos industriales y peligrosos.

En etapas incipientes del proceso de industrialización, el volumen de generación de residuos peligrosos era relativamente pequeño y permitía que éste fuera asimilado dentro de las capacidades de cargas de suelos, cuerpos de agua y drenajes urbanos.



Sin embargo, al avanzar el proceso, el volumen desborda las capacidades básicas de asimilación y manejo, convirtiéndose en un reto enorme de gestión industrial y de política ambiental.

En México, se sabe que hasta 1970 prácticamente no se aplicó ningún criterio ambiental para el desarrollo industrial, aunque había indicios de impactos crecientes, particularmente en términos de contaminación atmosférica y la generación de residuos. Se estima que entre 1950 y 1960 estos efectos se incrementaron conforme la industria fue recomponiéndose, aumentando la presencia de ciertas ramas y tecnologías más contaminantes. Adicionalmente, las afectaciones ambientales derivadas de la industria eran asumidas como efectos locales y eran percibidas a una escala que, se pensaba, no ameritaba una preocupación mayor. En cuanto al uso de recursos naturales, predominaba la idea de su explotación como fuente inagotable y por tanto, sin necesidad de imponerle restricciones.

La política de precios bajos de la energía propició su uso intensivo y un crecimiento de la demanda energética más acelerado que el del valor y volumen del producto industrial. A su vez, la protección externa, al favorecer la fijación de precios sin referencia internacional, indujo una estructura de costos en que la energía no tenía gran relevancia, ya que los precios públicos subsidiaban el consumo; esto distorsionó la estructura de precios relativos y alentó adicionalmente dicho crecimiento. De 1950 a 1970, el consumo de gas aumentó 33 veces, el de diesel 8.2, el de lubricantes 40, el de gasolinas cuatro y el de electricidad casi siete veces, al tiempo que la cantidad de vehículos automotores se sextuplicó en ese mismo período. Puede afirmarse, entonces, que los precios bajos de energía y transporte, el sistema de protección externa y de subsidios, la promoción del autotransporte de carga y pasajeros en detrimento del transporte ferroviario, y los estímulos implícitos a la concentración industrial, junto con la falta de una política ambiental, configuraron el cuadro para un rápido crecimiento de los índices de contaminación [INE, 1996].

Por otra parte, la reestructuración productiva de finales del período sustitutivo de importaciones hizo que cambiara el panorama en cuanto a las ramas más contaminantes y riesgosas. En general, la producción eléctrica, química y de derivados del petróleo se colocaron como las más dinámicas. A ello se sumó la producción de fibras sintéticas, resinas, fertilizantes, plásticos, pinturas, pigmentos y gases industriales. Algo similar sucedió con el papel, el hule, la metalmecánica, el cemento y la producción de maquinaria. Al mismo tiempo, el margen de acción dado por el auge petrolero y la deuda externa hizo que se acentuara todavía más el esquema de subsidios a la energía y al autotransporte.

Un dato importante es que la presencia de empresas públicas entre las más contaminantes y de mayor riesgo fue cada vez mayor [INE, 1996]. La ausencia de un



marco normativo y de control adecuado y el incumplimiento de las disposiciones existentes, hizo que éstas adquirieran una responsabilidad creciente en el impacto ambiental industrial en comparación con las empresas privadas. Dadas las dimensiones de varias de ellas, como son los casos de la Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos este dato resulta relevante para ser considerado al formular las políticas ambientales.

Las transformaciones que vive actualmente la economía mundial pueden caracterizarse por la acelerada presencia, a nivel de empresa y de las industrias, de innovaciones técnicas que llevan a la aparición de nuevas ramas industriales o de servicios y al surgimiento de sistemas tecnológicos más avanzados. Este encadenamiento de mejoras y de nuevos productos, procesos y sistemas tecnológicos está transformando las condiciones de trabajo, los patrones de consumo y de demanda y la estructura de producción de los distintos países que participan en el comercio mundial. Los niveles de interrelación de México con la economía internacional han permitido que su industria, en términos cuantitativos y cualitativos, siga determinadas pautas de modernización de su planta industrial.

### **1.3 Emergencias Ambientales**

El Instituto Nacional de Ecología periódicamente hace un diagnóstico general de las emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas [Sarmiento, et al, 2003]. A continuación se hace un análisis de la información estadística disponible, cabe mencionar que no se incluyen eventos de tipo doméstico o comerciales (incendios en cines, hoteles, explosiones de cilindros de gas LP o doméstico), ni accidentes con materiales radioactivos. Se registran aquellos que ocurren en plantas industriales asociados con sustancias químicas y que en la mayoría de los casos los daños ocasionados trascienden los límites del predio; así como los que ocurren al exterior por el transporte de estas sustancias, que pueden provocar daños a la población y/o al ambiente, requiriendo la movilización de los cuerpos de respuesta a emergencias como Protección Civil y Bomberos.

En la Tabla 1.2 se observa la ocurrencia de este tipo de eventos durante el periodo 1993-2009; donde, sin considerar los datos de 1993 (atípico), se puede decir que anualmente se registraron en México un promedio de 461 emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas; sin embargo, estas cifras sólo incluyen aquellos eventos que son del conocimiento de la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), por lo que debe haberse suscitado un número un poco mayor.



Por otro lado, en los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Tamaulipas, Chiapas y Guanajuato se presentaron más del 55% de las emergencias ambientales, concentrándose en Veracruz y Tabasco alrededor del 24% del total a nivel nacional.

Esto se debe a que, con excepción de Guanajuato y Coahuila, en ellos se concentra la mayor actividad petrolera, que provoca un gran movimiento de petróleo crudo y sus derivados. En el estado de Guanajuato, por su posición geográfica, se tiene un gran flujo de vehículos que transportan sustancias químicas. En el de Coahuila el mayor número de emergencias ocurrió en el transporte de sustancias químicas, aunque también se tuvieron en plantas industriales.

**TABLA 1.2 EMERGENCIAS AMBIENTALES REPORTADAS A LA PROFEPA (1993-2009)**

ESTADO	AÑO																		TOTAL		ACUMULADO (%)
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	No.	%		
Veracruz	6	39	66	105	121	167	131	143	83	73	94	118	85	63	65	44	46	1449	18.12	18.12	
Tabasco	69	96	140	113	116	40	110	98	93	92	60	65	63	46	59	26	29	1315	16.44	34.56	
Campeche	1	20	14	15	70	57	56	39	41	41	48	116	39	5	9	2	4	577	7.21	41.77	
Tamaulipas	1	28	23	17	10	6	19	10	33	30	41	44	32	44	44	58	36	476	5.95	47.72	
Chiapas	0	20	27	34	24	24	26	21	21	32	20	13	21	13	18	14	12	340	4.25	51.98	
Guanajuato	4	11	23	29	16	40	21	31	34	6	14	6	9	11	16	24	26	321	4.01	55.99	
Oaxaca	4	10	16	12	14	26	14	18	19	17	19	18	23	29	22	24	19	304	3.80	59.79	
México	3	22	17	25	10	23	26	25	19	21	23	9	23	15	11	14	12	298	3.73	63.52	
Nuevo León	0	15	18	19	20	29	18	18	21	25	4	7	5	16	9	13	20	257	3.21	66.73	
Jalisco	30	19	28	27	15	18	12	19	8	5	9	2	13	11	11	7	12	246	3.08	69.80	
Coahuila	9	11	28	25	27	16	14	25	19	12	9	7	6	7	5	6	14	240	3.00	72.81	
Puebla	1	5	17	15	22	16	9	12	16	20	30	11	19	8	7	7	22	237	2.96	75.77	
Sonora	2	15	14	20	25	8	13	13	15	4	6	13	15	10	18	12	4	207	2.59	78.36	
Hidalgo	7	8	13	2	17	24	21	22	20	13	8	8	11	8	7	9	9	207	2.59	80.95	
San Luis Potosí	1	6	13	11	15	2	13	11	16	17	13	2	17	2	8	7	7	161	2.01	82.96	
Chihuahua	6	15	22	17	11	5	8	4	8	3	0	1	6	13	13	12	8	152	1.90	84.86	
Distrito Federal	0	12	8	6	13	3	9	14	3	4	7	16	19	11	8	6	12	151	1.89	86.75	
Michoacán	1	2	7	15	11	19	6	11	14	13	11	7	3	7	6	6	7	146	1.83	88.57	
Baja California	7	17	9	10	18	11	9	7	10	10	2	2	4	5	11	2	6	140	1.75	90.32	
Morelos	0	6	10	10	7	4	8	8	1	2	2	5	1	4	4	5	7	84	1.06	91.37	
Querétaro	0	5	1	3	7	2	3	9	3	5	6	6	1	6	9	7	11	84	1.05	92.42	
Sinaloa	2	8	7	11	5	1	7	6	5	9	3	2	2	2	5	4	3	82	1.03	93.45	
Durango	0	5	2	2	4	6	3	5	10	4	3	5	9	1	9	4	0	72	0.90	94.35	
Tlaxcala	0	6	11	8	6	2	4	6	7	1	0	1	6	4	4	1	2	69	0.86	95.21	
Yucatán	0	0	1	2	5	6	3	3	5	2	7	7	2	4	5	6	7	65	0.81	96.02	
Aguascalientes	0	1	1	11	10	4	5	4	5	3	1	1	1	1	0	3	8	59	0.74	96.76	
Zacatecas	0	1	1	2	2	0	4	2	4	3	3	1	8	4	10	5	9	59	0.74	97.50	
Guerrero	2	3	2	10	5	2	2	2	3	0	5	4	2	2	1	6	7	58	0.73	98.22	
Colima	0	0	2	3	2	3	2	2	0	2	2	4	4	4	2	4	5	41	0.51	98.74	
Nayarit	1	6	1	3	2	0	2	5	3	1	4	0	4	3	3	2	0	40	0.50	99.24	
Baja California	0	3	4	2	1	2	2	0	5	0	3	0	0	0	1	6	4	33	0.41	99.65	
Quintana Roo	0	1	1	3	1	0	0	3	0	3	0	2	3	3	3	3	2	28	0.35	100.00	
Total	157	416	547	587	632	566	580	596	544	473	457	503	456	362	403	349	370	7998	100.00		
Eventos/Día	0.43	1.14	1.50	1.61	1.73	1.55	1.59	1.63	1.49	1.30	1.25	1.38	1.25	0.99	1.10	0.96	1.01	1.29			

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias (COATEA)/PROFEPA, 2010.

En función del tipo y ubicación de las emergencias ambientales, se puede observar en la Tabla 1.3, que las más frecuentes fueron las fugas (gases) y derrames (líquidos), habiéndose presentado en más del 86% de los casos, siguiéndole en orden de importancia, los incendios, las explosiones y otro tipo de eventos.



Es importante destacar que la mayor parte de estos eventos están constituidos por derrames; lo cual reviste especial importancia desde el punto de vista ambiental, ya que en general los productos derramados afectan al suelo y posiblemente al subsuelo, aguas subterráneas y cuerpos de agua superficiales.

**TABLA 1.3 TIPO DE EMERGENCIAS AMBIENTALES REPORTADAS A LA PROFEPA (1993-2009)**

AÑO	NÚMERO DE EVENTOS	LOCALIZACIÓN				TIPO							
		Terrestre		Marítima		Fuga o Derrame		Explosión		Fuego		Otro	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>1993</b>	157	154	98,1	3	1,9	141	89,8	9	5,7	3	1,9	4	2,5
<b>1994</b>	416	389	93,5	27	6,5	359	86,3	21	5,0	28	6,7	8	1,9
<b>1995</b>	547	540	98,7	7	1,3	428	78,2	35	6,4	53	9,7	31	5,7
<b>1996</b>	587	578	98,5	9	1,5	460	78,4	34	5,8	70	11,9	23	3,9
<b>1997</b>	632	574	90,8	58	9,2	541	85,6	49	7,8	26	4,1	16	2,5
<b>1998</b>	566	507	89,6	59	10,4	502	88,7	30	5,3	29	5,1	5	0,9
<b>1999</b>	580	523	90,2	57	9,8	527	90,9	25	4,3	24	4,1	4	0,7
<b>2000</b>	596	552	92,6	44	7,4	529	88,8	26	4,4	35	5,9	6	1,0
<b>2001</b>	544	502	92,3	42	7,7	505	92,8	14	2,6	21	3,9	4	0,7
<b>2002</b>	473	438	92,6	35	7,4	426	90,1	16	3,4	28	5,9	3	0,6
<b>2003</b>	457	414	90,6	43	9,4	408	89,3	20	4,4	21	4,6	8	1,8
<b>2004</b>	503	390	77,5	113	22,5	474	94,2	10	2,0	19	3,8	0	0,0
<b>2005</b>	456	414	90,8	42	9,2	390	85,5	28	6,1	38	8,3	0	0,0
<b>2006</b>	362	349	96,4	13	3,6	302	83,4	31	8,6	29	8,0	0	0,0
<b>2007</b>	403	382	94,8	21	5,2	344	85,4	25	6,2	34	8,4	0	0,0
<b>2008</b>	349	343	98,3	6	1,7	302	86,5	16	4,6	30	8,6	1	0,3
<b>2009</b>	370	356	96,2	14	3,8	313	84,6	23	6,2	34	9,2	0	0,0
<b>Total:</b>	7998	7405	92,6	593	7,4	6951	86,9	412	5,2	522	6,5	113	1,4

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias (COATEA)/PROFEPA, 2010.

En el caso de fugas de sustancias peligrosas, aunque estas también pueden afectar a los recursos naturales, la principal preocupación radica en el riesgo que representan para la integridad y salud de las poblaciones, dada la posible rapidez con que pueden propagarse a distancia, abarcando extensiones que pueden ser significantes como nubes tóxicas, inflamables y/o explosivas.

En cuanto al lugar de origen, la mayor parte de las emergencias ambientales con sustancias químicas ocurren durante el transporte y en menor medida en instalaciones industriales fijas.

Sin embargo, con relación a la modalidad del transporte, cuando es a través de ductos se presenta la mayor incidencia, siguiéndoles en orden de incidencia el transporte vía carretera, ferroviario, marítimo y otros medios (Tabla 1.4).



**TABLA 1.4 LUGAR DE ORIGEN DE LAS EMERGENCIAS AMBIENTALES REPORTADAS A LA PROFEPA (1993-2009)**

Año	Número de eventos	Ubicación						Medio de Transporte										
		Planta		Transporte		Otro		Total	FFCC		Carretero		Marítimo		Ducto		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
1993	157	38	24,2	107	68,2	12	7,6	107	3	2,8	27	25,2	5	4,7	69	64,5	3	2,8
1994	416	92	22,1	221	53,1	103	24,8	221	15	6,8	65	29,4	2	0,9	139	62,9	-	-
1995	547	110	20,1	322	58,9	115	21,0	322	13	4,0	90	28,0	7	2,2	212	65,8	-	-
1996	587	149	25,4	332	56,6	106	18,1	332	13	3,9	96	28,9	9	2,7	214	64,5	-	-
1997	632	145	22,9	447	75,5	10	1,6	477	8	1,7	132	27,7	58	12,2	279	58,5	-	-
1998	566	189	33,4	350	61,8	27	4,8	350	11	3,1	118	33,7	5	1,4	216	61,7	-	-
1999	580	119	20,5	419	72,2	42	7,2	419	16	3,8	110	26,3	2	0,5	290	69,2	1	0,2
2000	596	142	23,8	422	70,8	32	5,4	422	8	1,9	134	31,8	3	0,7	277	65,6	0	-
2001	544	112	20,6	406	74,6	26	4,8	406	10	2,5	149	36,7	4	1,0	243	59,9	0	-
2002	473	115	24,3	339	71,7	19	4,0	339	9	2,7	143	42,2	6	1,8	181	53,4	0	-
2003	457	129	28,2	304	66,5	24	5,3	304	7	2,3	125	41,1	2	0,7	170	55,9	0	0,0
2004	503	201	40,0	280	55,7	22	4,4	280	4	1,4	99	35,4	2	0,7	175	62,5	0	0,0
2005	456	140	30,7	279	61,2	37	8,1	279	11	4,0	121	43,5	1	0,4	143	51,1	3	1,1
2006	362	98	27,1	219	60,5	45	12,4	219	2	0,9	102	46,6	4	1,8	111	50,7	0	0,0
2007	403	95	23,6	268	66,5	40	9,9	268	8	3,0	118	44,0	3	1,1	139	51,9	0	0,0
2008	349	81	23,2	217	62,2	51	14,6	217	7	3,2	134	61,8	2	0,9	73	33,6	1	0,5
2009	370	139	37,6	220	59,5	11	3,0	220	6	2,7	139	63,2	3	1,4	72	32,7	0	0,0
<b>Total:</b>	7998	2094	26,2	5182	64,8	722	9,0	5182	151	2,9	1902	36,7	118	2,3	3003	58,0	8	0,2

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias (COATEA)/PROFEPA, 2010.

Las emergencias que ocurren en ductos, en gran parte se deben a actos vandálicos por el robo de los productos, principalmente gasolina y diesel, pero también se han presentado por corrosión y otras causas.

En cuanto al transporte por carretera, las causas frecuentemente involucradas con los accidentes están vinculadas con problemas de exceso de velocidad e imprudencia de los conductores; aunque también pueden ser por un trazo inapropiado de las carreteras o por mal estado de las mismas. Otras causas tienen que ver con el mal estado de las unidades vehiculares y de los tanques, así como fallas mecánicas y en algunos casos por exceso de peso e inadecuada selección del tipo de unidad requerida para el transporte de determinadas sustancias químicas.

Las principales causas de accidentes ferroviarios están relacionadas con problemas de mantenimiento, tanto de las vías férreas, como de los carros-tanque y en menor grado con la falta de pericia de los conductores o problemas relacionados con el peso de la carga que se transporta [Sarmiento, et al, 2003].

Los accidentes por vía marítima principalmente han ocurrido durante las maniobras de carga y descarga de buque-tanques con hidrocarburos; aunque se han presentado choques contra arrecifes, causando graves daños a estos importantes ecosistemas y provocando la pérdida de contención en los tanques.



Es relevante analizar cuáles han sido las sustancias involucradas con mayor frecuencia en las emergencias ambientales.

Conforme a lo señalado en la Tabla 1.5 los hidrocarburos constituyen las que con mayor frecuencia estuvieron presentes y en conjunto (Petróleo Crudo, Gasolina, Diesel, Combustóleo, Gas Natural y Gas LP) representan el 69.8% del total de las emergencias ambientales. Otras sustancias diferentes a los hidrocarburos, también frecuentes en las emergencias ambientales son: amoníaco, ácido sulfúrico, solventes orgánicos, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio y cloro.

**TABLA 1.5.- SUSTANCIAS QUÍMICAS INVOLUCRADAS EN LAS EMERGENCIAS AMBIENTALES (1996-2002)**

<b>NOMBRE DE LA SUSTANCIA</b>	<b>%</b>
PETROLEO CRUDO	42.08
GASOLINAS	7.83
DIESEL	6.80
COMBUSTOLEO	5.39
AMONIACO	4.05
GAS L.P.	3.19
GAS NATURAL	2.30
ACEITES	2.27
ACIDO SULFURICO	2.26
SOLVETES ORGÁNICOS	1.09
<b>SUBTOTAL</b>	<b>77.29</b>
OTRAS SUSTANCIAS	27.71
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias (COATEA)/PROFEPA, 2010.

Además, se pueden detectar factores regionales en cuanto al tipo de las emergencias ambientales; como es el caso de los derrames de ácido sulfúrico, que son comunes en el norte del país, principalmente en el estado de Sonora.

El conocimiento de las sustancias que están involucradas en las emergencias, resulta de vital importancia por múltiples razones: porque se pueden optimizar recursos para su atención; orientar los programas de capacitación; desarrollar marcos normativos específicos para determinados productos o giros industriales que manejen esas sustancias; saber hacia dónde dirigir la atención para la vigilancia; para predecir el probable comportamiento de las sustancias así como, las acciones inmediatas de control para minimizar los daños al ambiente y a la población.



No obstante lo anterior, existe un número muy grande y diverso de sustancias diferentes a las ya mencionadas que hace necesario que los grupos de respuesta, cuenten con suficiente información, equipo y personal para los diferentes tipos y escenarios a los que se enfrentan durante un evento.

Por otra parte, las emergencias ambientales ocurridas en México han ocasionado diversos daños al ambiente y lamentablemente a la población. En este sentido, durante el periodo 1993-2009 se produjeron 942 defunciones producto de 7,998 emergencias ocurridas [Sarmiento, et al, 2003].

También, se provocó un total de 3,373 personas heridas o lesionadas en algún grado; 6,609 personas intoxicadas y 230,861 personas tuvieron que ser evacuadas de sus domicilios (Tabla 1.6). Los costos que origina la movilización de tal cantidad de personas son significativos, sin contar los asociados con pérdidas de fuentes de empleo, reparación de servicios como energía eléctrica, agua, drenaje pavimento, entre otros.

**TABLA 1.6 DAÑOS A LA POBLACIÓN REPORTADOS A LA PROFEPA (1993-2009)**

<b>AÑO</b>	<b>NO. DE EMERGENCIAS</b>	<b>DEFUNCIONES</b>	<b>LESIONADOS</b>	<b>INTOXICADOS</b>	<b>EVACUADOS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1993</b>	157	22	60	71	1,500	1,653
<b>1994</b>	416	30	212	94	331	667
<b>1995</b>	547	46	133	809	12,056	13,044
<b>1996</b>	587	60	308	1,336	16,486	18,190
<b>1997</b>	632	50	188	207	9,868	10,323
<b>1998</b>	566	38	484	563	17,415	18,500
<b>1999</b>	580	133	458	866	12,386	13,843
<b>2000</b>	596	35	155	839	15,928	16,957
<b>2001</b>	544	47	184	330	8,263	8,824
<b>2002</b>	473	53	125	121	14,768	15,067
<b>2003</b>	457	49	106	397	13,255	13,807
<b>2004</b>	503	16	112	91	22,978	23,197
<b>2005</b>	456	107	195	149	29,231	29,682
<b>2006</b>	362	119	136	151	4,526	4,932
<b>2007</b>	403	73	253	255	32,342	32,923
<b>2008</b>	349	31	129	228	10,753	11,141
<b>2009</b>	370	33	135	102	8,765	9,035
<b>Total</b>	7,998	942	3,373	6,609	230,861	241,785
<b>/Año</b>	470.47	55.41	198.41	388.76	13580.06	14,222.65
<b>/Día</b>	1.29	0.15	0.54	1.07	37.21	38.97

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias (COATEA)/PROFEPA, 2010.



## **1.4 Riesgo Ambiental**

Es sumamente importante distinguir entre el proceso de evaluación de riesgos ambientales y el proceso de manejo de dichos riesgos en la toma de decisiones que las autoridades deben realizar para salvaguardar a los ciudadanos y al medio ambiente. Esto deberá lograrse dentro del marco del desarrollo sustentable en balance con la protección al ambiente y sin afectar la salud y seguridad de las comunidades.

El riesgo ambiental es la probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a materiales y sustancias peligrosas que se manejan en las actividades industriales, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas [Lichtinger, 2002].

Como el riesgo es función de la exposición a dichos materiales y sustancias peligrosas, todas las medidas regulatorias o de otra índole que se desarrollan están orientadas a evitar que se den condiciones durante su manejo que favorezcan su liberación al ambiente, el deterioro de los estratos ambientales (aire, agua, suelos) y daños a los seres vivos y los bienes que entren en contacto con ellos.

### **1.4.1 Actividades Altamente Riesgosas**

El criterio para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las misma o bien una explosión, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes [DOF, 1990].

Por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso, convierte su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o medios de transporte, y en el caso de la formación de nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.



Para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondiente.

La cantidad de reporte es la cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados.

Una sustancia peligrosa es aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes [DOF, 1990].

Una actividad se considera como altamente riesgosa cuando se maneja alguna de las sustancias contenidas en el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas [DOF, 1990] o en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas [DOF, 1992] en cantidades iguales o mayores a la cantidad de reporte.

El primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas que pueden producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte [DOF, 1990].

El segundo listado de actividades altamente riesgosas corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas provocaría la formación de nubes inflamables o explosivas [DOF, 1992].

En el caso de las actividades consideradas como altamente riesgosas, el enfoque normativo y de participación intersectorial se orienta a reducir al máximo la probabilidad de ocurrencia de accidentes mayores que trasciendan las instalaciones en las que se manejan grandes volúmenes de materiales y residuos peligrosos, y que puedan causar la muerte, lesiones graves y daños materiales o al ambiente, así como a promover el control de los usos del suelo en torno a los sitios donde se desarrollan tales actividades y a la preparación de la respuesta a los accidentes con la intervención de los sectores involucrados en la protección civil. Los instrumentos de gestión que se aplican al efecto son los Estudios de Riesgo, la Determinación de Zonas Intermedias de Salvaguarda y los Programas o Planes para la Prevención de Accidentes [SEMARNAT, 2005].



La formulación de Estudios de Riesgo por parte de quienes realizan actividades industriales altamente riesgosas responde a la determinación de que la gestión de los materiales y residuos peligrosos esté centrada principalmente en la administración de su riesgo, más que en la de su peligrosidad, puesto que lo que se norma es su forma de manejo y los límites de exposición permisibles.

La complejidad del Estudio de Riesgo está en función de la actividad propia de la instalación de acuerdo al diagrama que define el nivel de información necesaria para su evaluación. Actualmente en México se cuenta con una guía única que establece tres niveles de información (informe preliminar de riesgo, informe de riesgo y análisis detallado de riesgo) y un nivel específico para el caso de ductos terrestres [SEMARNAT, 2002]. Igualmente en función del nivel de estudio de riesgo que corresponda se deberá seleccionar el método y herramientas (modelos matemáticos de simulación para determinar las áreas de afectación) que permitan tanto identificarlos y jerarquizarlos como su evaluación.

Por lo anterior, tanto los nuevos proyectos de instalaciones, como las instalaciones en operación que realicen actividades altamente riesgosas, están obligados a sujetarse a la realización de un estudio de riesgo, el cual está en función de la actividad propia de la instalación.

En cualquier caso, un estudio de riesgo debe permitir que se determine:

- La probabilidad de que ocurran accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame que involucre materiales peligrosos.
- Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes.
- La severidad de la afectación en los distintos radios.
- Las medidas de seguridad a implantar para prevenir que ocurran los accidentes.
- El Plan para Prevención de Accidentes en caso de que ocurra un accidente.

Se considera accidente de alto riesgo ambiental una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos, en los que intervengan uno o varios materiales o sustancias peligrosos y que suponga un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes, el ambiente y los ecosistemas.

A este tipo de accidentes se les considera, también, como accidentes mayores e incluyen los tipos descritos a continuación:



- \* Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (cantidad de reporte o de control).
- \* Cualquier fuego mayor que dé lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación, que exceda de  $5 \text{ kW/m}^2$  por varios segundos.
- \* Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de  $1 \text{ lb/pulg}^2$ .
- \* Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
- \* Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana, en áreas aledañas a la fuente emisora.
- \* En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

## **1.5 Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes**

El rápido desarrollo industrial ha causado aumentos significativos en el número de procesos productivos que generan compuestos químicos contaminantes o de alto riesgo, o bien, que los requieren como materia prima o insumos intermedios. Estos procesos van acompañados de crecientes niveles de emisiones al aire y aguas, y de una alta incidencia de residuos peligrosos. En México aún se carece de información adecuada sobre dichos procesos y emisiones, así como de los riesgos asociados para la salud pública y el ambiente.



Para enfrentar este problema, es imprescindible desarrollar inventarios nacionales de emisiones y transferencias de contaminantes como herramienta básica para orientar la política ambiental a nivel nacional. Los lineamientos que deben seguirse para ello incluyen reportes periódicos de emisiones de contaminantes al aire, agua y suelos y el seguimiento de estas a todo lo largo de su ciclo de vida en el ambiente [SEMARNAT, 1996].

En este sentido el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) permite al gobierno y público en general, conocer las descargas y transferencias de sustancias peligrosas originados en plantas industriales y otras fuentes relevantes como son el de los servicios y cierto tipo de actividades agropecuarias. De acuerdo a la experiencia internacional, los RETC promueven la detección de procesos ineficientes en los establecimientos industriales y proveen al público y a las autoridades con datos e información útiles para establecer prioridades de prevención y control de la contaminación.

El RETC es un instrumento de recopilación, integración y difusión de información sobre las sustancias emitidas al ambiente o transferidas a sistemas de tratamiento o disposición y que pueden estar ocasionando un impacto adverso sobre la salud humana y la de los ecosistemas.

A nivel de establecimientos industriales, el reporte al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes permitirá conocer el balance de las sustancias peligrosas que entran como materia prima o insumos indirectos, que se generan dentro de los procesos productivos y que son emitidas al ambiente.

El Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente LGEEPA en materia de RETC en su artículo 18 define que las sustancias sujetas a reporte de competencia federal son aquellas sustancias y contaminantes del aire, agua, suelo, subsuelo, materiales y residuos peligrosos, así como compuestos orgánicos persistentes, gases de efecto invernadero y sustancias agotadoras de la capa de ozono, las cuales quedaron establecidas en el Acuerdo Secretarial del 31 de marzo del 2005, publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, en el que se determinó el listado de sustancias de reporte para el RETC [SEMARNAT, 2005].

Con base en lo anterior, se establece otro criterio para facilitar el análisis de datos, que consiste en clasificar en ocho tipos las sustancias RETC, en la Tabla 1.7 se muestran los grupos de sustancias.

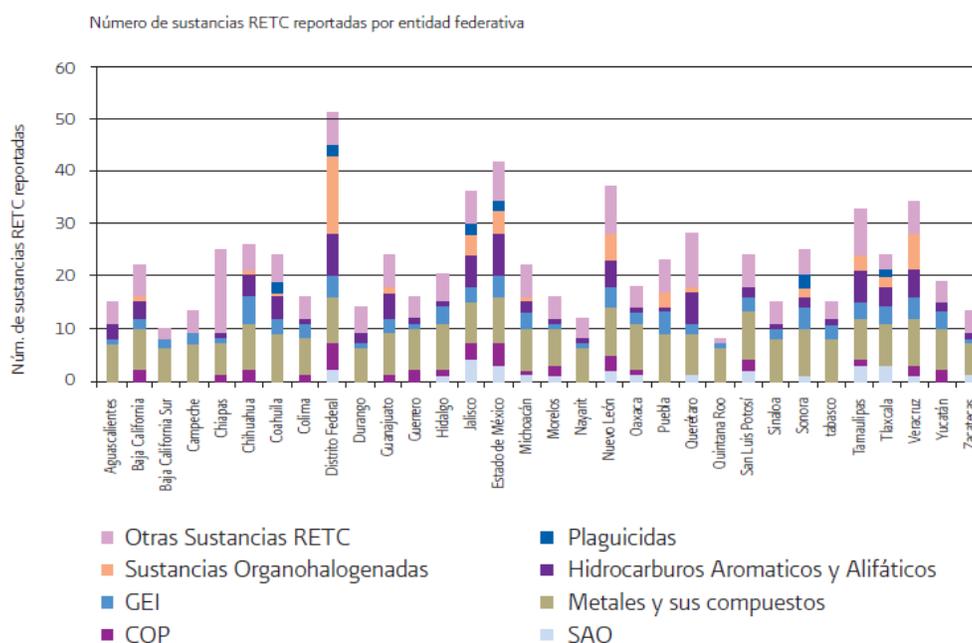


**TABLA 1.7 GRUPOS DE SUSTANCIAS ESTABLECIDOS PARA CLASIFICAR EL RETC**

TIPOS DE SUSTANCIAS	
<b>TIPO 1</b>	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO)
<b>TIPO 2</b>	Compuestos Orgánicos Persistentes (COP)
<b>TIPO 3</b>	Metales y sus compuestos
<b>TIPO 4</b>	Gases de Efecto Invernadero (GEI)
<b>TIPO 5</b>	Hidrocarburos aromáticos y alifáticos
<b>TIPO 6</b>	Sustancias Organohalogenadas
<b>TIPO 7</b>	Plaguicidas
<b>TIPO 8</b>	Otras sustancias tóxicas

DGGCARETC Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes /SEMARNAT, 2005

Para las entidades federativas se observa en la Figura 1.1 y en la Tabla 1.8, que el tipo de sustancias RETC más reportado son los metales y sus compuestos, seguidos de otras sustancias RETC, Gases de Efecto Invernadero, Hidrocarburos aromáticos y alifáticos y Sustancias halogenadas, para el resto de los tipos de sustancias su reporte fue mínimo.



DGGCARETC Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes /SEMARNAT, 2005

**FIGURA 1.1 NÚMERO DE SUSTANCIAS RETC REPORTADAS POR TIPO PARA CADA ENTIDAD FEDERATIVA**



**TABLA 1.8 NÚMERO DE SUSTANCIAS RETC REPORTADAS POR TIPO PARA CADA ENTIDAD FEDERATIVA**

ENTIDAD	TIPOS DE SUSTANCIAS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Aguascalientes			7	1	3			4
Baja California		2	8	2	3	1		6
Baja California Sur			6	2				2
Campeche			7	2				4
Chiapas		1	6	1	1			16
Chihuahua		2	9	5	4	1		5
Coahuila			9	3	4	1	2	5
Colima		1	7	3	1			4
Distrito Federal	2	5	9	4	8	15	2	6
Durango			6	1	2			5
Guanajuato		1	8	3	5	1		6
Guerrero		2	8	1	1			4
Hidalgo	1	1	9	3	1			5
Jalisco	4	3	8	3	6	4	2	6
Estado de México	3	4	9	4	8	5	1	8
Michoacán	1	1	8	3	2	1		6
Morelos	1	2	7	1	1			4
Nayarit			6	1	1			4
Nuevo León	2	3	9	4	5	5		9
Oaxaca	1	1	9	2	1			4
Puebla			9	4	1	3		6
Querétaro	1		8	2	6	1		10
Quintana Roo			6	1				1
San Luis Potosí	2	2	9	3	2			6
Sinaloa			8	2	1			4
Sonora	1		9	4	2	2	2	5
Tabasco			8	3	1			3
Tamaulipas	3	1	8	3	6	3		9
Tlaxcala	3		8	3	4	2	1	3
Veracruz	1	2	9	4	5	7		6
Yucatán		2	8	3	2			4
Zacatecas	1	2	6	1	1			4

DGGCARETC Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes /SEMARNAT, 2005

Las entidades federativas en las que se reportaron mayor cantidad de sustancias RETC fueron Distrito Federal con 51 sustancias, Estado de México con 42 sustancias, Nuevo León con 37 sustancias, Jalisco con 36 sustancias, Veracruz con 34 sustancias y Tamaulipas con 33 sustancias. En el resto de las entidades federativas se reportaron por debajo de 28 sustancias RETC, lo anterior se muestra en la Tabla 1.9.



Dado que la infraestructura de vigilancia mantiene recursos técnicos y humanos limitados, es importante enfocar aquellos estados, tipos de sustancias y sectores que resulten prioritarios por los riesgos ambientales implícitos.

**TABLA 1.9 ENTIDADES FEDERATIVAS CON MAYOR NÚMERO DE SUSTANCIAS RETC REPORTADAS**

ENTIDAD	TIPOS DE SUSTANCIAS								TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Distrito Federal</b>	2	5	9	4	8	15	2	6	<b>51</b>
<b>Estado de México</b>	3	4	9	4	8	5	1	8	<b>42</b>
<b>Nuevo León</b>	2	3	9	4	5	5		9	<b>37</b>
<b>Jalisco</b>	4	3	8	3	6	4	2	6	<b>36</b>
<b>Veracruz</b>	1	2	9	4	5	7		6	<b>34</b>
<b>Tamaulipas</b>	3	1	8	3	6	3		9	<b>33</b>
<b>Querétaro</b>	1		8	2	6	1		10	<b>28</b>

Con respecto al tipo de sustancias registradas para cada estado, los metales y sus compuestos presentaron 251 reportes a nivel nacional, seguidos de otras sustancias tóxicas con 174 reportes y 88 reportes para hidrocarburos aromáticos y alifáticos, principalmente. En la Tabla 1.10 se presentan los resultados para todas las sustancias.

**TABLA 1.10 NÚMERO DE REPORTE DE SUSTANCIAS RETC A NIVEL NACIONAL**

SUSTANCIAS	REPORTES
<b>Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO)</b>	27
<b>Compuestos Orgánicos Persistentes (COP)</b>	38
<b>Metales y sus compuestos</b>	251
<b>Gases de Efecto Invernadero (GEI)</b>	82
<b>Hidrocarburos aromáticos y alifáticos</b>	88
<b>Sustancias Organohalogenadas</b>	52
<b>Plaguicidas</b>	10
<b>Otras sustancias tóxicas</b>	174



## **1.6 Legislación**

La regulación de las actividades consideradas como altamente riesgosas, está fundamentada en los artículos 146 al 149 de la LGEEPA, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [DOF, 1988]. Esta regulación se realiza principalmente mediante la aplicación de dos instrumentos; El Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) y el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA).

De acuerdo con el artículo 147 de la LGEEPA, los establecimientos en operación que realicen actividades altamente riesgosas deben formular ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT el Estudio de Riesgo Ambiental y someter el PPA a la aprobación de la SEMARNAT y otras Secretarías.

El Capítulo V de la LGEEPA está dedicado a la atención de lo que define como "Actividades altamente riesgosas". Así, en el Artículo 146 establece que en la clasificación de estas actividades se deberán tomar en cuenta: "Las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (CRETIB) para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento".

A partir de 1988 cuando se publicó la LGEEPA, se han dado a conocer en el Diario Oficial de la Federación dos listados, que refieren las sustancias tóxicas [DOF, 1990] y a las sustancias explosivas e inflamables [DOF, 1992], cuya presencia en las actividades, en cantidad igual o superior a las cantidades de reporte, permiten considerarlas como altamente riesgosas.

En México el derecho a la información se incorporó en el artículo 159 BIS de la LGEEPA, durante las modificaciones de que fue objeto en 1996; por lo que se le da cada vez más importancia a este aspecto, efectuándose grandes esfuerzos para poner a disposición del público toda la información que pudiera ser de su interés, así como para dar transparencia a todos los programas de la SEMARNAT.

Los instrumentos de gestión que se aplican al efecto son los Estudios de Riesgo [SEMARNAT, 2002], la Determinación de Zonas Intermedias de Salvaguarda [Lemus, 1999] y los Programas o Planes para la Prevención de Accidentes [SEMARNAT, 2002].



En el Artículo 145, la LGEEPA especifica que la SEMARNAT promoverá que en la determinación de los usos del suelo se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente tomándose en consideración:

1. Las condiciones topográficas, meteorológicas, climatológicas, geológicas y sísmicas de las zonas;
2. Su proximidad a centros de población, previendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos;
3. Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio de que se trate;
4. La compatibilidad con otras actividades de las zonas;
5. La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas, y
6. La infraestructura para la dotación de servicios básicos.

En este mismo sentido, desde 1993 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, al observar las graves consecuencias que ocasionan los accidentes asociados con sustancias químicas para las poblaciones humanas y para los ecosistemas, recopiló información acerca de las emergencias asociadas con sustancias químicas que ocurren en el interior de la República Mexicana, con repercusiones ambientales; contando en la actualidad con una base de datos con información estadística de diez años para tener conocimiento de lo que ocurre en México al respecto y poder definir estrategias de prevención y control de accidentes.

Además se creó el "Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales" (COATEA), que cuenta y proporciona información actualizada en días y horas laborales sobre las sustancias químicas que se usan y transportan en mayor escala a nivel internacional, conforme a los contenidos de las hojas de seguridad: propiedades físicas, químicas y de riesgo; equipo de protección personal; acciones para control de derrames; forma de combate a fuego, entre otros.



## **1.7 La Industria de Galvanoplastía**

La industria de galvanoplastía en México es un sector importante en la economía del país, considerando el número de empresas y de empleos generados. La industria se centra principalmente en tres áreas: la zona metropolitana de la ciudad de México, Jalisco y Nuevo León [IPN, 1997].

En la esfera nacional, hasta el mes de junio de 1996, existían 794 establecimientos registrados, de los cuales 610 funcionaban como microempresas, 138 como empresas pequeñas, 29 como empresas medianas y 17 estaban clasificadas como empresas grandes, dado el número de empleados y el volumen anual de ventas. Del total de establecimientos 40% corresponden a la zona metropolitana de la ciudad de México, 28% a Jalisco, 19 % a Nuevo León y 12% al resto del país [IPN, 1997].

Por lo que se refiere a los aspectos ambientales, esta industria enfrenta problemas serios debido a que los residuos y emisiones que genera han sido considerados en su mayoría como peligrosos.

La industria de galvanoplastía en México ha realizado diversos esfuerzos encaminados a controlar sus propias emisiones de contaminantes en el medio ambiente, para cumplir así con la normatividad ecológica vigente. Sin embargo la mayoría de las empresas de este sector industrial han presentado serias dificultades, debido principalmente a los altos costos de instalación y operación de los sistemas de tratamiento, además de los elevados costos de disposición final de residuos. Esto representa un problema para las empresas porque es difícil cargar los costos ambientales al precio de sus productos finales.

De acuerdo al Artículo 17 Bis del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de prevención y control de la contaminación a la Atmósfera, la Industria de Galvanoplastía en piezas metálicas se encuentra clasificada dentro de la Industria Química en las fuentes fijas de jurisdicción federal.

El giro de galvanoplastía forma parte del sector de la industria química, sus actividades se consideran altamente riesgosas y en su proceso productivo se llevan a cabo actividades que involucran metales y sustancias tóxicas, que se reportan en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

### **1.7.1 Problemática ambiental originada por la Industria de Galvanoplastía**

La cantidades de sustancias como ácido nítrico, cianuro de sodio, cianuro de potasio y níquel metálico que manejan y almacenan las empresas del giro, generalmente rebasan las cantidades de reporte establecidas en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas [DOF, 1990, 1992].

Los compuestos de cromo, de níquel y de cianuro que utilizan en el proceso productivo, se encuentran en el listado de sustancias de reporte para el Registro de Emisiones y Trasferencia de Contaminantes [SEMARNAT, 2005].

A través del agua residual, esta industria genera principalmente metales pesados, grasas y aceites, cianuro, ácidos y álcalis. Los lodos que se obtienen en los procesos de tratamiento de estas aguas residuales constituyen un problema adicional ya que deben ser confinados debido a su naturaleza tóxica.

Por la naturaleza del proceso los residuos industriales que se generan, son en su mayoría peligrosos, como es el caso de aceites gastados, cartuchos, papel filtrante, bolsas de plástico, estopas, franelas y trapos que estuvieron en contacto con materiales y sustancias peligrosas, así como los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

En materia de atmósfera, emiten principalmente partículas sólidas totales provenientes del proceso de pulido, gases de combustión provenientes de las calderas y los hornos de secado y compuestos orgánicos volátiles provenientes de las casetas de pintura. En algunos casos cuando no se cuenta con equipo de control generan emisiones de gases ácidos o alcalinos provenientes de las tinas de proceso.



## CAPÍTULO 2

### CASO DE ESTUDIO

#### 2.1 Datos generales y descripción del caso de estudio

La actividad principal del caso de estudio es el recubrimiento de piezas metálicas y toda clase de maquilas a base de galvanoplastia y galvanostegia, está registrada con el número 381412 en la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) y pertenece a la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA).

Los procesos de acabados metálicos de la industria de la galvanoplastia incluyen las operaciones de limpieza, desengrase, decapado, abrillantado, fosfatizado, estañado, anodizado, cromado, galvanizado y otros descritos en los procesos que forman parte del Anexo A.

A continuación se detallan algunas características del caso de estudio:

#### **Principales usos del suelo que se presentan en las colindancias con el predio**

Al sur el uso de suelo es industrial y habitacional, al norte, este y oeste es únicamente industrial.

#### **Superficie**

El terreno donde se localiza la planta tiene una superficie total de 6,129.70 m<sup>2</sup>, la superficie ocupada por cada una de las áreas construidas y su porcentaje de distribución, se muestran en la Tabla 2.1.

#### **Número de personal necesario para la operación de la instalación**

En el caso de estudio laboran 110 empleados administrativos y 195 obreros en planta, de lunes a viernes el proceso productivo trabaja las 24 horas del día y el sábado únicamente 8 horas, el domingo no se labora. El personal administrativo trabaja de lunes a sábado.



**TABLA 2.1 DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES EN EL CASO DE ESTUDIO**

SECCIONES	SUPERFICIE	
	m <sup>2</sup>	%
Oficinas	149.26	2.43
Comedor	49.00	0.80
Vestidores y Sanitarios	131.18	2.14
Áreas Verdes	209.30	3.41
Estacionamiento y corredor principal	1180.71	9.26
Área de producción	4410.22	70.52
<b>Área total del predio.</b>	<b>6129.68</b>	<b>100.00</b>

**Especificación de las autorizaciones iniciales con que se cuenta para realizar la actividad en el caso de estudio**

El caso de estudio cuenta con los siguientes documentos vigentes:

- ✓ Acta Constitutiva
- ✓ Registro Federal de Contribuyente
- ✓ Licencia de funcionamiento
- ✓ Permiso de uso de Suelo
- ✓ Licencia Ambiental Única
- ✓ Registro de Descarga de Agua Residual
- ✓ Generador de Residuos Industriales No Peligrosos
- ✓ Autodeterminación de Gran Generador de Residuos peligrosos
- ✓ Cédula de Operación Anual
- ✓ Cédula de Operación Integral

**2.2 Descripción del proceso de galvanoplastía**

Este proceso tiene como finalidad modificar las propiedades de la superficie de los metales y éstas pueden estar asociadas a motivos decorativos o funcionales dentro de los cuales se encuentran:



- ✓ Aumento de resistencia a la corrosión
- ✓ Aumento de resistencia al ataque de sustancias químicas
- ✓ Incremento de la resistencia a la fricción y al rayado
- ✓ Mejoramiento de propiedades eléctricas
- ✓ Mejoramiento de propiedades ópticas
- ✓ Ofrecer sustrato de anclaje de pinturas

Los procesos de recubrimiento electrolítico, también denominados galvanoplastia, consisten en depositar por vía electroquímica delgadas capas metálicas sobre la superficie de las piezas a recubrir. Estas piezas por lo general son de hierro, acero o aluminio.

El principio básico de los procesos de recubrimientos electrolíticos consiste en la conversión del metal del ánodo en iones metálicos, que se distribuyen en la solución (electrolito). Luego, estos iones metálicos en solución se reducen sobre las piezas a recubrir, las cuales actúan como cátodos al aplicarles corriente eléctrica proveniente de una fuente externa. También existen procesos de recubrimiento por inmersión, en los que el metal se deposita sin fuente externa de corriente eléctrica.

Las propiedades; del recubrimiento metálico dependen de factores físicos y químicos. Entre estos factores, destacan:

- La densidad de corriente aplicada
- La concentración de los iones metálicos
- El tipo y la concentración de los aniones y/o aditivos
- El pH y la temperatura de la solución
- El tipo y la concentración de aditivos específicos para conseguir las propiedades del recubrimiento deseadas (brillo, dureza).

Una línea de recubrimientos electrolíticos está compuesta por numerosas operaciones que, en función de las exigencias de calidad y del campo de aplicación seleccionado, pueden clasificarse en operaciones de pre tratamiento y electrodeposición.

### **OPERACIONES DE PRETRATAMIENTO:**

- a) **Decapado.** El objetivo del decapado es eliminar las capas de óxido, formadas en la superficie de las piezas metálicas debido al contacto entre éstas y la atmósfera. El decapado se realiza sumergiendo las piezas en una solución que puede ser Ácida o alcalina, dependiendo del tipo de proceso.



- b) Pulido y abrillantado.** El pulido elimina asperezas o defectos; de las superficies de las piezas, mientras que el abrillantado mejora la apariencia y acondiciona la pieza para su recubrimiento.
- c) Desengrase.** El desengrase elimina las grasas y los aceites (provenientes del pulido) de la superficie de las piezas y puede efectuarse básicamente de dos maneras: utilizando disolventes; orgánicos o soluciones alcalinas con poder emulsificador.
- d) Activado.** El proceso de activado se utiliza para asegurar que no se forme una capa de óxido sobre la superficie del metal, antes de pasar a los baños de recubrimiento electrolítico. Esa capa de óxido puede dar lugar a una mala conducción eléctrica. En esta operación se emplean soluciones ácidas, diluidas, que además de eliminar la capa de óxido, permiten eliminar manchas generadas por compuestos, orgánicos y/o inorgánicos, adheridos; a las piezas.

### **OPERACIONES DE RECUBRIMIENTO ELECTROLÍTICO:**

Los procesos más comunes son: cobre-níquel-cromo, galvanizado y anodizado.

#### **Cobre-níquel-cromo**

Los procesos involucrados en esta etapa se describen a continuación:

**Cobrizado** El cobrizado cianurado es el primer recubrimiento de los sistemas multicapas, de gran protección anticorrosiva, que se realizan habitualmente sobre zamac (aleación de zinc, aluminio, magnesio y cobre) y/o acero como materiales base. Los electrolitos de cobre más usados son los de base cianuro y de base sulfato. El electrolito cianurado (cianuro de potasio o sodio) contiene pocos aditivos orgánicos.

**Niquelado** Los recubrimientos de níquel son una base muy apropiada para la mayoría de los recubrimientos decorativos, como el cromo, el latón, la plata y el oro. Existen diferentes variedades clasificadas en función de sus aditivos y abrillantadores. Los principales son níquel semibrillante y níquel brillante. El electrolito de níquel más empleado en México contiene cloruro, sulfato, ácido bórico y aditivos orgánicos en su composición.



**Cromado** Este tipo de acabado posee excelentes características de brillo, dureza y poder anticorrosivo. Los electrolitos de cromo contienen ácido crómico, pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y, según su composición, catalizadores, por lo general fluorados. Cuando se aplica en bajos espesores sobre depósitos de níquel se denomina cromo decorativo. Cuando se aplica sobre acero en grandes espesores, como es el caso de los amortiguadores y similares, se denomina cromo duro.

### **Galvanizado**

Los recubrimientos; de zinc o galvanizado tienen propiedades anticorrosivas, y de manera muy ocasional, decorativas. Tradicionalmente, los electrolitos de zinc más utilizados son los cianurados, de media y alta concentración de cianuro; estos electrolitos poseen una gran tolerancia a la contaminación orgánica y permiten trabajar con pretratamientos no optimizados.

Por otro lado, se están imponiendo los galvanizados ácidos, que se caracterizan por ser muy brillantes y tener un alto rendimiento; el uso de estos electrolitos ácidos reducen de manera considerable el costo de tratamiento de las aguas residuales.

Por último, existen galvanizados alcalinos, exentos de cianuro, que combinan una gran parte de las cualidades de los electrolitos cianurados con un tratamiento de bajo costo para las aguas residuales.

### **Anodizado**

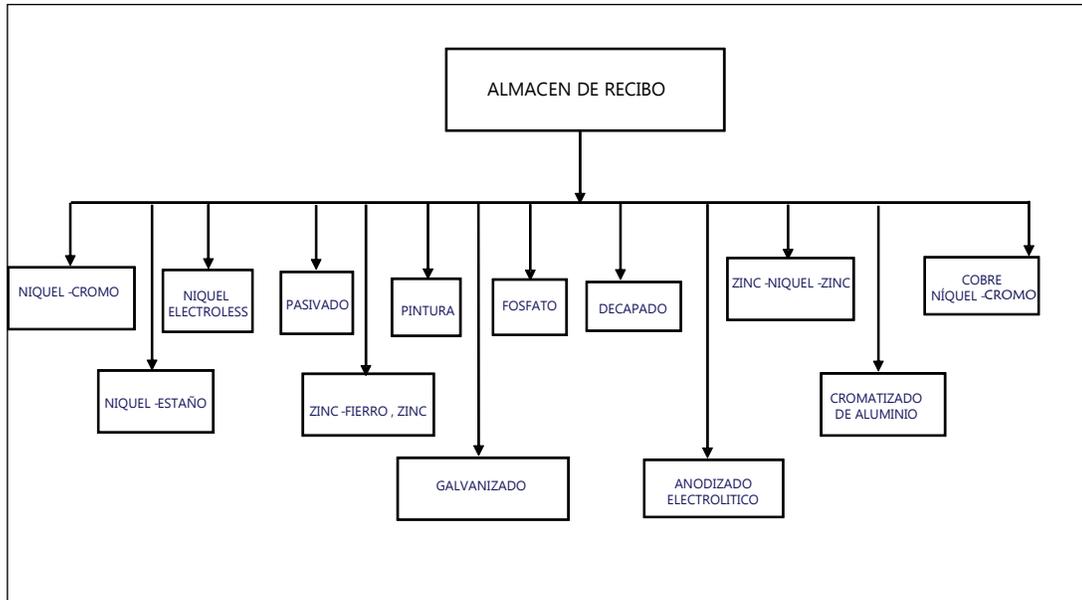
La reacción básica en cualquier proceso de anodizado es la conversión de la superficie de aluminio a óxido de aluminio. Las ventajas del anodizado son las siguientes:

- Aumenta la resistencia a la corrosión y a la abrasión
- Aumenta la adherencia a la pintura
- Permite recubrimientos subsecuentes
- Proporciona aislamiento eléctrico

Existen dos tipos de anodizado, el *Anodizado decorativo* con ácido sulfúrico y ácido crómico, a temperatura de 20-30°C. y el *Anodizado duro* con ácido sulfúrico, a temperatura de 0-10 °C. 10 [IPN, 1997].



El caso de estudio cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo los procesos que se describen en la Figura 2.1. Sin embargo, la producción se encuentra en función de los requerimientos de los clientes, por lo que es poco probable encontrar el total de las líneas operando simultáneamente.



Cédula de Operación Industrial del caso de estudio, Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, 2008

**FIGURA 2.1 DIAGRAMA GENERAL DE PROCESOS EN EL CASO DE ESTUDIO**

Cuando se realizó el presente Estudio no se encontraban operando las líneas de cobre-níquel-cromo, pasivado, pintura y cromatizado de aluminio. Sin embargo, La descripción de cada uno de los procesos y los diagramas de bloques de los mismos, se presentan en el Anexo A.

### 2.3 Materias primas requeridas

En la Tabla 2.2 se presentan los insumos que se requieren para las actividades productivas así como la forma de almacenamiento.



TABLA 2.2 INSUMOS DIRECTOS E INDIRECTOS QUE UTILIZA EL CASO DE ESTUDIO

NOMBRE	ALMACENAMIENTO
CLORURO DE NIQUEL	SACOS
DESENGRASES	SACO
HIPOSFITO DE SODIO	TAMBO
NIQUEL METAL	TAMBO
PERCLOROETILENO	PORRONES
BISULFITO DE SODIO	SACOS
CLORURO DE POTASIO	BOLSAS
HIPOCLORITO DE SODIO	PORRONES
HIDROXIDO DE SODIO	BOLSAS
ANODOS DE ZINC	SACOS
ACIDO CLORHIDRICO	PORRONES
ACIDO SULFURICO	PORRONES
ACIDO NITRICO	PORRONES
ACIDO CROMICO	TAMBOS
CIANURO DE COBRE	TAMBOS
CIANURO DE SODIO	CP,TAMBOS
SULFATO DE NIQUEL	SACOS
ACIDO BORICO	BOLSAS
DIN OIL No. 7	TAMBO
ESTAÑO PURO	LINGOTE
CROMATO NEGRO	TAMBOS-CUBETAS
ABRILLANTADOR DE NIQUEL	CONTENEDOR PLÁSTICO
ABRILLANTADOR DE ZINC	CONTENEDOR PLÁSTICO
ABRILLANTADOR PARA ZINC-NIQUEL	CONTENEDOR PLÁSTICO
CROMATOS TRIVALENTES	CONTENEDOR PLÁSTICO
CROMATOS HEXAVALENTES	SACOS
FOSFATO	CONTENEDOR PLÁSTICO
SELLADORES	CONTENEDOR PLÁSTICO
PINTURA EN POLVO	BOLSA DE PLÁSTICO

Cédula de Operación Industrial del caso de estudio, Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México, 2008

## 2.4 Productos

Debido a que el caso de estudio no se dedica a la fabricación de productos, por la variedad de formas y tamaños de las piezas recubiertas, resulta difícil cuantificar la producción, por lo tanto ésta se expresa como metros cuadrados de recubrimiento sobre las piezas metálicas que se reciben de los clientes. En la Tabla 2.3 se muestra la producción anual por tipo de recubrimiento.



**TABLA 2.3 PRODUCCIÓN ANUAL DEL CASO DE ESTUDIO**

Nombre del producto	Producción anual	
	Cantidad	Unidad
ZINC NIQUEL	71680	m <sup>2</sup> de recubrimiento
NIQUEL CROMO	6233	m <sup>2</sup> de recubrimiento
ZINC FIERRO	110260	m <sup>2</sup> de recubrimiento
NIQUEL ELECTROLESS	25084	m <sup>2</sup> de recubrimiento
ZINC	23705	m <sup>2</sup> de recubrimiento
ESTANO	12	m <sup>2</sup> de recubrimiento
NIQUEL	304	m <sup>2</sup> de recubrimiento
ANODIZADO	31487	m <sup>2</sup> de recubrimiento
FOSFATO	105336	m <sup>2</sup> de recubrimiento
PINTURA	18251	m <sup>2</sup> de recubrimiento

Cédula de Operación Industrial del caso de estudio, SMA del Estado de México, 2008

## 2.5 Residuos Generados

El caso de estudio se encuentra clasificado como gran generador de residuos peligrosos de acuerdo al Artículo 28 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, ya que generan una cantidad mayor a 10 toneladas de residuos peligrosos al año.

En la Tabla 2.4 se presentan los residuos peligrosos que se generan diariamente en el caso de estudio así como sus características de peligrosidad.

**TABLA 2.4 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS**

RESIDUO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD	FUENTE GENERADORA	CANTIDAD GENERADA (Kg/día)	DESTINO
LODOS RESIDUALES	Lodos provenientes de la Planta de tratamiento de aguas Residuales	Tóxico	Servicios Auxiliares	148.5	Disposición final
ACEITE GASTADO	Aceites	Tóxico e Inflamable	Área de mantenimiento	11.0	Disposición final
BASURA INDUSTRIAL	Cartuchos Papel Filtrante Bolsas de plástico Estopas, Franelas Trapos	Tóxico e Inflamable	Filtraciones de baños o soluciones químicas Contuvieron material o sustancias químicas Líneas de producción y mantenimiento	97.0	Disposición final
<b>TOTAL</b>				<b>256.5</b>	

Cédula de Operación Anual del caso de estudio, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008



Estos residuos se almacenan temporalmente en el caso de estudio y posteriormente se dispone de ellos a través de una empresa autorizada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales para su manejo y disposición final, el caso de estudio cuenta con los manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos que acreditan su manejo de acuerdo a la legislación vigente.

## 2.6 Aspectos del medio natural y socioeconómico

En la Tabla 2.5 se describen las características del entorno ambiental a la instalación en un área de influencia de 500 m.

**TABLA 2.5 MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO DEL ENTORNO**

<b>MEDIO AMBIENTE</b>	<b>CALLES</b>
Actividades antropogénicas	Terracería 5 %
Río	Empedradas 5 %
<b>USO DE SUELO</b>	Pavimentadas 90 %
Industrial y habitacional	<b>DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES</b>
<b>EXTRACCIÓN DE AGUA</b>	Descarga a Cuerpos de Agua 5 %
Es para consumo Humano	Red de Drenaje Municipal 95 %
<b>DENSIDAD DE POBLACIÓN</b>	<b>CALLES Y VÍAS DE COMUNICACIÓN</b>
Alta ( > 5000 habs/km <sup>2</sup> )	Pavimentadas 100 %
<b>TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS</b>	<b>DOTACIÓN DE AGUA POTABLE</b>
Carretero y por ductos	De pipas 20 %
<b>ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	Entubada 80 %
Dotación Domiciliaria	<b>TIPO DE CONSTRUCCIONES</b>
Alumbrado Público	Materiales diversos 2 %
<b>RESIDUOS</b>	Material, acabado convencional 98 %
Tratamiento de residuos peligrosos	<b>VÍAS DE COMUNICACIÓN</b>
Acopio de residuos peligrosos	Carretera Local 80 %
<b>TRANSPORTE</b>	Carretera Estatal 15 %
Autobuses foráneos, Transporte colectivo	Carretera Federal 5 %
Ferrocarril y Taxis	<b>SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES</b>
<b>COMUNICACIONES</b>	Gas portátil, estacionario y entubado
Servicio de internet, Servicio postal y Telégrafo	Gasolineras
Telefonía celular y local	<b>SERVICIOS DE EMERGENCIA</b>
Estación de radio, Televisión y TV por cable	Protección civil, Ambulancia y Bomberos
Servicio de mensajería	<b>SERVICIOS DE SALUD</b>
<b>SERVICIO DE LIMPIA</b>	Hospitales públicos y privados
Barrido de calles y Recolección de Basura	Clínicas particulares y públicas
<b>CENTROS CULTURALES Y DEPORTIVOS</b>	Consultorios médicos
Públicos y privados	

Plan de desarrollo 2006-2009 del Municipio de Tlalnepantla



## Análisis de riesgos externos al establecimiento

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2006-2009 del Municipio de Tlalnepantla el caso de estudio está ubicado en una zona susceptible a fenómenos perturbadores de tipo Químico, Sanitario y Socio-Organizativo como se muestra en la Figura 2.2. A continuación se presentan los tipos de riesgos.



Plan de desarrollo 2006-2009 de Municipio de Tlalnepantla

**FIGURA 2.2 ATLAS DE RIESGOS EN EL ENTORNO DEL CASO DE ESTUDIO**

### Riesgo Químico:

Es la calamidad que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas y radiaciones.

En este fenómeno se consideran las 27 estaciones de servicio o gasolineras, 9 plantas almacenadoras y distribuidoras de gas LP, 3 empresas productoras de gases industriales, 2 plantas de Petróleos Mexicanos, así como un centenar de industrias que manejan materiales con características de peligrosidad. A pesar de la aplicación de tecnologías avanzadas, estas empresas exhiben en su análisis de riesgo, radios críticos de posibles daños de gran magnitud.

También podemos considerar de alto riesgo, la red de Ductos de Petróleos Mexicanos que en Tlalnepantla abastecen al ramo industrial y a más de 15 unidades habitacionales de la zona. Otro factor de riesgo es el alto tránsito de camiones y auto tanques que transportan sustancias peligrosas. Asimismo, la terminal ferroviaria del Valle de México en sus patios se manejan sustancias peligrosas que se distribuyen o provienen de distintas partes del país [PDMT, 2006].



### **Riesgo Sanitario–Ecológico**

Es la calamidad que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que atacan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de la salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación se ubica la contaminación de aire, agua, suelo y alimentos.

La gran cobertura de servicios públicos hace que los problemas originados por epidemias y plagas no existan en el municipio; sin embargo los causados por la contaminación y la lluvia acida, permanecen latentes como un mal generalizado del área metropolitana. El Río de los Remedios, el Río San Javier, así como el Río Tlalnepantla bajo la Av. Mario Colín se han convertido en drenajes a cielo abierto de desechos industriales desde hace más de 20 años, siendo estos los principales focos de contaminación [PDMT, 2006].

### **Riesgo Socio-Organizativo**

Es la calamidad generada por motivos de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, así como accidentes aéreos, carreteros y ferroviarios, y actos de terrorismo.

El Municipio de Tlalnepantla está constituido geográficamente en dos secciones: Zona Oriente y Zona Poniente, esta situación por sí misma ha generado insuficiencia en infraestructura, equipamiento y servicios públicos, incidiendo dichas carencias en la Zona Oriente, paradójicamente la más pobre y con alta densidad de población, principalmente en las zonas de alto riesgo como son las cañadas, así como las zonas receptoras de los escurrimientos de aguas superficiales.

La Zona Poniente también registra puntos vulnerables como son las pendientes pronunciadas en las colonias San Lucas Patoni, El Puerto, La Arboleda Amp., La Sideral, La Cantera, El Tenayo Sur, Cuauhtémoc, Independencia, Amp. Gustavo Baz Prada, ExEjido de Sta. Cecilia, Los Pirules Amp. Robles Patera, Lomas de Atlaco, Tlayacampa, La Blanca, San Miguel Chalma, Reforma Urbana, Franja Municipal y Lomas y San Andrés Amp. Y la ubicación de instalaciones de alto riesgo como tres plantas distribuidoras de Gas L.P., Plantas Productoras de Gases Industriales, Fábricas de Pinturas y de Solventes, Fábricas de Aceites Vegetales, etc.

Aunado a lo anterior, es importante señalar que al territorio municipal lo cruzan los Ríos San Javier, actualmente parcialmente saneado, Tlalnepantla y los Remedios ya embovedado, y las Zanjas Santa María Tlayacampa, San Pedro Barrientos, La Presa, La Canaleta y Santa Cruz, así como las autopistas México–Querétaro, México–Pachuca, y Lechería–Chamapa–Toluca, por las que transitan vehículos con materiales peligrosos y



la Terminal Ferroviaria del Valle de México. Asimismo se cuenta con la Unidad habitacional El Rosario, considerada la más grande de Latinoamérica, con alta densidad de población, ubicada en una zona de alto riesgo sísmico de acuerdo con la zonificación sísmica [PDMT, 2006].

### **Integración al programa de desarrollo urbano local**

En lo que se refiere al Plan Nacional de Desarrollo 2006-2009, el punto de vinculación directa con el caso de estudio es el Apartado 2 referente a las Demandas Sociales. Éstas se captaron a través de los siguientes mecanismos: Portal de Internet, Sistema Integral de Atención a la Gestión Ciudadana, periódico Reforma, Buzón del Candidato Lic. Marco Antonio Rodríguez Hurtado y encuestas de evaluación de la administración 2003-2006, también se incluye la demanda social captada en la campaña del candidato a la presidencia municipal Ing. Alfonso Malpica Cárdenas. En lo que respecta a este rubro, medio ambiente, el 10.6% demanda atención a dicho servicio.

### **Criterios de diseño de la instalación**

Las instalaciones del caso de estudio desde su inicio se han venido desarrollando, adaptando e implementando de acuerdo a la demanda de los clientes, tecnologías existentes y normatividad para su cumplimiento. Así el diseño de las instalaciones en su inicio en julio de 1968 se basó en que la planta estaba situada en una zona despoblada y contaba únicamente con dos líneas de producción, en ese momento se tomaron las medidas necesarias para no provocar afectación alguna a la población.

Sin embargo, como se disponía de un área considerable, a partir del desarrollo de las tecnologías en el área de acabados metálicos con mejor calidad, duración y procesos menos contaminantes, a la par que los clientes han demandado estos cambios positivos el caso de estudio ha desarrollado estos cambios en su crecimiento adaptando, mejorando e implementando sus instalaciones y líneas de producción para dar el servicio demandado hoy día.

Respecto a los efectos meteorológicos de la zona, no se tomaron consideraciones especiales, ya que no existen fenómenos hidrometeorológicos adversos registrados en la zona.

Con relación a la legislación ambiental, el caso de estudio se constituyó e inició sus operaciones el 29 de julio de 1968, en ese entonces no existía la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, cuya publicación fue hasta el 28 de enero de 1988; veinte años después de su inicio de operaciones, por esta razón no se presentó el Estudio de Riesgo en ese año.



## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE RIESGO**

#### **3.1 Análisis de riesgos**

El análisis de riesgos es una herramienta que se utiliza para estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales, en términos de cuantificar la magnitud del daño y la probabilidad de ocurrencia, por lo tanto trata de estudiar, evaluar, medir y prevenir los fallos y las averías de los sistemas técnicos y de los procedimientos operativos que pueden iniciar y desencadenar accidentes [Gutiérrez, 2004].

Los objetivos principales del Análisis de Riesgos son:

- Identificar y medir los riesgos que representa una instalación industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- Deducir los posibles accidentes graves que pudieran producirse.
- Determinar las consecuencias en el espacio y el tiempo de los accidentes, aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- Analizar las causas de dichos accidentes.
- Discernir sobre la aceptabilidad o no de las propias instalaciones y operaciones realizadas en el establecimiento industrial.
- Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.

Los aspectos de un análisis sistemático de los riesgos que implica un determinado establecimiento industrial, desde el punto de vista de la prevención de accidentes, están íntimamente relacionados con los objetivos que se persiguen. Son los siguientes:

1. Identificación de sucesos no deseados, que pueden conducir a la materialización de un peligro.

**¿Qué puede ocurrir?** Es propiamente la identificación de los riesgos mediante técnicas adecuadas.



2. Análisis de las causas por las que estos sucesos tienen lugar.

**¿Cuáles son las consecuencias?** Se trata de aplicar métodos matemáticos de análisis de consecuencias.

3. Valoración de las consecuencias y de la frecuencia con que estos sucesos pueden producirse.

**¿Cuál es la frecuencia de que ocurra?** Se trata de aplicar métodos que puedan determinar la frecuencia de ocurrencia mediante métodos semicualitativos o bien mediante análisis cuantitativos de riesgo que impliquen aspectos cualitativos y cuantitativos junto con análisis de consecuencias.

En la Figura 3.1 se presentan los pasos que se siguieron para la aplicación del análisis de riesgos en el caso de estudio.



FIGURA 3.1 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS



### 3.1.1 Selección del Método de Análisis

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos: los métodos *semicualitativos* y los métodos *cualitativos*.

Los métodos **semicualitativos**: introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso y se denominan métodos para la determinación de frecuencias, o bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños: índices de riesgo.

Los métodos **cualitativos**: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.

#### Métodos comparativos

Se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos los existentes:

- Manuales técnicos o códigos y normas de diseño
- Listas de comprobación o "Safety check lists"
- Análisis histórico de accidentes
- Análisis preliminar de riesgos o PHA

#### Métodos generalizados

Los métodos generalizados de análisis de riesgos, se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.

Existen varios métodos generalizados. Los más importantes son:

- Análisis "What if ...?" ¿Qué pasa si...?
- Análisis funcional de operabilidad, HAZOP (HAZard and OPerability analysis)
- Análisis de árbol de fallos, FTA (Fault Tree Analysis)
- Análisis de árbol de sucesos, ETA (Event Tree Analysis)
- Análisis de modo y efecto de los fallos, FMEA (Failure Mode Effects Analysis)



En la práctica, cuando se analiza desde el punto de vista de la seguridad una determinada instalación lo que se hace es combinar un conjunto de métodos, desde los análisis históricos, combinados con listas de comprobación para después realizar un análisis sistemático mediante HAZOP (HAZard and OPerability analysis). En determinados casos también se realizan métodos de estimación de frecuencias.

De la revisión de los métodos anteriores, se seleccionó el Análisis de Riesgo y Operabilidad HAZOP para llevar a cabo el Análisis de Riesgo en el caso de estudio por las siguientes razones:

- ✓ Cumple con los objetivos generales para el análisis de riesgos.
- ✓ Es una técnica sistemática que puede crear hábitos metodológicos útiles, desde el punto de vista de la seguridad.
- ✓ No requiere recursos adicionales.

## **ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP**

El método HAZOP ("HAZard and OPerability" Riesgo y Operabilidad) o Análisis de Riesgo y de Operabilidad de los Procesos, fue desarrollado por ingenieros de "ICI Chemicals" de Inglaterra a mediados de los años 70 [AICE, 1985].

El método involucra, la investigación de desviaciones del intento de diseño o propósito de un proceso, por un grupo de personas con experiencia en diferentes áreas tales como; ingeniería, producción, mantenimiento, química y seguridad. El grupo es guiado, en un proceso estructurado de tormenta de ideas, por un líder, que crea la estructura, al utilizar un conjunto de palabras guías o claves (no, mayor, menor, etc.) para examinar desviaciones de las condiciones normales de un proceso en varios puntos clave (nodos) de todo el proceso.

Estas palabras guías, se aplican a parámetros relevantes del proceso, tales como; flujo, temperatura, presión, composición, etc. para identificar las causas y consecuencias de desviaciones en estos parámetros de sus valores normales, las palabras guías se dividen en dos clases:

**Palabras primarias** que enfocan la atención en un aspecto particular del intento de diseño o una condición o parámetro asociado con el proceso.

**Palabras secundarias** que cuando se combinan con las palabras primarias sugieren posibles desviaciones.



Finalmente, la identificación de las consecuencias inaceptables, resulta en recomendaciones para mejorar el proceso. Estas pueden indicar modificaciones en el diseño, requerimientos en los procedimientos operativos, modificaciones en la documentación, mayor investigación, etc.

Esencialmente, el procedimiento del HAZOP, involucra tener una descripción y documentación completa de la planta y sistemáticamente cuestionar cada parte, para identificar como se pueden producir desviaciones del intento de diseño. Una vez identificados, se hace una evaluación, para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias, pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación eficiente de la planta. Si se considera necesario, se establecen acciones para remediar la situación. En resumen, el método consta de las siguientes etapas:

- Revisar la intención (propósito) de cada una de las partes de un proceso.
- Analizar las posibles desviaciones en los propósitos.
- Identificar las causas de esas desviaciones.
- Analizar las consecuencias y riesgos, problemas operativos.

Con respecto a las palabras primarias que reflejan tanto el propósito como los aspectos operacionales de la planta y que en las tablas de identificación de riesgos de expresan como parámetro o elemento de análisis, se determinaron las siguientes:

- Temperatura
- Mantenimiento
- Presión
- Contenedores
- Fluido (Agua)
- Fluido (Combustible)

Cuando las palabras secundarias se combinan con las primarias, sugieren desviaciones o problemas potenciales, en este caso las palabras secundarias que se utilizaron para el análisis, identificadas como palabras guía, fueron:

- Más
- Menos
- Otro

### **3.1.2 Antecedentes de incidentes y accidentes**

Se presentan fallas en las grúas automáticas de las líneas de proceso, cuando esto sucede, la grúa se detiene y los tiempos de enjuague o desengrase se ven afectados, por lo que los operadores tienen que subirse al borde de las tinajas y efectuar la reparación de las grúas.



Este incidente que se presenta con una frecuencia de al menos una vez a la semana se ha reportado al área de mantenimiento, por ello el mantenimiento preventivo a los rieles y sensores de las grúas se lleva a cabo una vez a la semana.

Debido a esto se han reportado tres caídas de los operadores a las tinas que contienen ácidos, provocando leves quemaduras que requieren atención médica e incapacidad del accidentados por al menos una semana. No se han reportado accidentes fatales.

El área de procesos y de seguridad está implementando un sistema de andamio que se colocará sobre las tinas para que los operadores que realicen reparaciones no se caigan a las tinas. Además se solicitó al área de mantenimiento que se realice el mantenimiento preventivo de las grúas, rieles y sensores al menos dos veces a la semana.

El otro tipo de accidente se ha presentado al manejar las líneas de vapor de baja presión, dos operadores se han quemado las manos en los últimos dos años. Los accidentes han ocurrido al realizar operaciones de reemplazo de piezas, por lo que se ha propuesto un sistema de "lista de control" que se utiliza cada vez que un operador vaya a realizar una reparación, de tal manera, que el operador llene un formato y lo firme de consentimiento, así como deberá contener la firma del supervisor, en ese formato se deberá especificar si el operador tiene la capacidad para realizar el trabajo, si cuenta con el equipo de protección adecuado, y si conoce el procedimiento establecido para el reemplazo de piezas.

En el área de calderas no se ha presentado ni reportado ningún accidente.

### **3.1.3 División del proceso productivo**

Para aplicar el método HAZOP en el caso de estudio se dividió el proceso productivo en 5 secciones manejables (nodos) y son las siguientes:

- Enjuagues y desengrasas
- Soluciones activadoras
- Reacciones de depósito metálico
- Tinas de filtración
- Calderas



### 3.1.4 Identificación de riesgos en áreas de proceso

Para la identificación de riesgos se aplicó el método HAZOP en el caso de estudio a los nodos en que se dividió el proceso productivo, en las Tablas 3.1 se presenta el análisis para cada uno de ellos.

**TABLA 3.1-A IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN SOLUCIONES ACTIVADORAS**

Soluciones activadoras (soluciones ácidas que se manejan a temperatura ambiente)					
Palabra guía	Parámetro/ elemento	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>Menos</b>	Mantenimiento	Falla mecánica de grúas (rack automático)	Caída de los operadores dentro de las tinas de ácidos	Capacitación al personal de mantenimiento	Capacitar al personal sobre los equipos de seguridad necesarios y sobre el daño potencial al que se exponen al caer a las tinas
		Falta de mantenimiento preventivo	Quemaduras por exposición a ácido e irritación de vías respiratorias por las emanaciones ácidas	Programa de mantenimiento preventivo diario en rieles y sensores	Poner andamios para que los operadores de mantenimiento realicen su trabajo, hacer simulacros de mantenimiento supervisados por el encargado de seguridad
		Equipo en condiciones anormales de funcionamiento	Problemas de calidad en el producto terminado.		Al llevar a cabo las revisiones diarias se evitan pérdidas de productividad debido a fallas en el producto terminado



**TABLA 3.1-B IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN ENJUAGUES Y DESENGRASES**

**Enjuagues y Desengrases**  
**(se proporciona la temperatura con serpentines de vapor de baja presión, únicamente manejan agua en las tinas)**

Palabra guía	Parámetro/ elemento	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>Más</b>	Temperatura	Mal funcionamiento del controlador de temperatura	Emanación de gases tóxicos	Instalación de controladores de temperatura	Realización de mantenimiento preventivo
				Uso de equipo de protección personal	Instalación de un dispositivo de alerta de alta temperatura
			Evaporación de agua	Instalación de electroniveles	Instalación de sistemas de extracción de aire ambiente en la planta
				Plan de atención a contingencias	
<b>Menos</b>	Mantenimiento	Mal funcionamiento del serpentín	Quemaduras al cambio de piezas	Capacitación al personal de mantenimiento.	Realización de mantenimiento preventivo. En caso de reparaciones, verificar con seguridad que el técnico cumple con la capacitación necesaria y cuenta y tiene puesto el equipo de seguridad requerido
		Tuberías y accesorios en mal estado	Probable fuga de vapor de agua	Programa de mantenimiento preventivo	Identificación de las piezas reemplazadas
		Equipo en condiciones anormales de funcionamiento	Salpicadura de desengrase	Programa de mantenimiento preventivo	Mejorar las inspecciones de mantenimiento preventivo por línea.



**TABLA 3.1-C IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN REACCIONES DE DEPÓSITO METÁLICO**

Reacciones de depósito Metálico					
Palabra guía	Parámetro/ elemento	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>Mas</b>	Temperatura	Mal funcionamiento del controlador de temperatura	Emanaciones de gases ácidos que provocarían irritación en vías respiratorias o sofocación de los operadores	Uso de equipo de protección personal	Instalación de sistemas de extracción de aire ambiente en la planta
			Problemas de calidad en los productos	Instalación de controladores de temperatura.	Instalación de un dispositivo de alerta de alta temperatura Mantenimiento preventivo.

**TABLA 3.1-D IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN TINAS DE FILTRACIÓN**

Tinas de Filtración					
Palabra guía	Parámetro/ elemento	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>Mas</b>	Presión	Filtro sucio	Desenrosque de mangueras por la alta presión	Mantenimiento preventivo a filtros y abrazaderas de mangueras	Programa de Calendarización de mantenimientos preventivos en coordinación con el área de seguridad
			Problemas de calidad en los productos	Alarma de advertencia de presión alta	
<b>Otro</b>	Contenedores	Caducidad de la vida útil	Derrame de sustancia tóxicas	Mantenimiento preventivo periódico	Programa de Calendarización de mantenimientos preventivos en coordinación con el área de seguridad



**TABLA 3.1-E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN CALDERAS**

Calderas					
Palabra guía	Parámetro/ elemento	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>Mas</b>	Temperatura	Falta de mantenimiento Falla de controlador de temperatura	Una explosión, por la rotura de partes de la caldera que están a presión.	Control automático de temperatura Alarma de sobrepresión Cierre automático de válvulas de alimentación de combustible	<p>Capacitación del personal que opera las calderas</p> <p>Programa de mantenimiento preventivo continuo</p> <p>Plan de emergencia en caso de contingencias</p> <p>Sistema de contra incendio</p> <p>Sistema de aspersión de agua</p>
<b>Más</b>	Presión	Falta de mantenimiento Falla de controlador de presión Aumento de temperatura	Rotura de las partes internas Incendio o Explosión	Control automático de Presión Alarma de sobrepresión. Cierre automático de válvulas de alimentación de combustible Válvulas de Venteo o Alivio	
<b>Menos</b>	Fluido (Agua)	Falta de mantenimiento Cierre de válvula de alimentación	Alta temperatura incrustaciones Explosión	Control automático de Alimentación de agua Alarma de Nivel Cierre automático de válvulas de alimentación de combustible	
<b>Menos</b>	Fluido (Combustible)	Falla de los detectores de flama	Fuga de gas Intoxicaciones al personal Explosión	Alarma de falla de detectores de flama. Cierre automático de alimentación de combustible	
<b>Menos</b>	Mantenimiento	No capacitación del personal Ampliación de la vida de funcionamiento de las válvulas de seguridad y tanque de almacenamiento No inspección in situ de la instalación	Incorrectas reparaciones. Deterioro y mal funcionamiento de válvulas de seguridad y tanque de almacenamiento Deterioro del equipo o accesorios de la instalación	Supervisión de la instalación por una Unidad de Verificación acreditada por la entidad competente. Cambio de válvulas de seguridad cada 5 años y del tanque de almacenamiento cada 10 años Programa de mantenimiento preventivo	



De acuerdo a los resultados del Análisis HAZOP, se puede observar que la operación de las Calderas, presenta muchos riesgos para los trabajadores, siendo los principales:

- ☼ Explosión
- ☼ Quemaduras
- ☼ Caídas de distinto nivel
- ☼ Atrapamientos
- ☼ Golpes

A continuación se analizará el Riesgo de Explosión:

**Riesgo de Explosión.-** El principal riesgo que presentan las calderas son las explosiones. Estas explosiones se pueden clasificar en:

- ☼ *Explosiones físicas:* por rotura de las partes a presión: Se produce por la vaporización instantánea y la expansión brusca del agua contenida en la caldera, como efecto de la rotura producida en un elemento sometido a presión.
- ☼ *Explosión química en el hogar:* Se produce por la combustión instantánea de los vapores del combustible acumulados en el hogar o por la reacción del agua con sales fundidas.

Estas explosiones se producen por distintos motivos:

- Una presión superior a la de diseño puede provocar una rotura de las partes a presión. Por ello, hay que mirar los manómetros y utilizar los presostatos (que paran la aportación calorífica) y las válvulas de seguridad (para liberar vapor).
- Una temperatura superior a la de diseño también puede provocar una explosión, por la rotura de partes de la caldera que están a presión.
- La falta de agua, la alta temperatura del fluido, incrustaciones internas, etc.; pueden aumentar la temperatura.
- Por una disminución del espesor de las partes sometidas a presión puede provocar una rotura de las mismas. Esta disminución puede ser causada por la corrosión y/o la erosión.

### 3.1.5 Jerarquización de riesgos

Uno de los métodos cualitativos más utilizados por su simplicidad para estimar el riesgo es el Programa de Prevención y Administración del Riesgo, *RMPP: Risk Management and Prevention Program (USA)* que consiste en determinar la matriz de análisis de riesgos a partir de los valores asignados para la probabilidad y las consecuencias. Dichos criterios son un factor común independientemente de la metodología a aplicar [EMA, 2007].

La probabilidad de ocurrencia de riesgos, tomando como base la frecuencia aproximada en que se presentan los eventos se muestra en la Tabla 3.2

**TABLA 3.2 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE RIESGOS**

CATEGORÍA	VALOR	FRECUENCIA
Improbable	<b>1</b>	Menos de una vez cada 1000 años
Poco probable	<b>2</b>	Una vez cada 100 a 1000 años
Probable	<b>3</b>	Una vez cada 10 a 100 años
Bastante probable	<b>4</b>	Una vez cada 1 a 10 años
Muy probable	<b>5</b>	Más de una vez por año

Guía para el diseño e implementación de los Planes de emergencia empresariales [Ruiz, 2007].

La asignación del valor de severidad para cada tipo de consecuencia relacionada con la vida y la salud, clasificándolas de acuerdo a su importancia, se presenta en la Tabla 3.3

**TABLA 3.3 SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS PARA LA VIDA Y LA SALUD**

CLASE	VALOR	CONSECUENCIAS
Poco importantes	<b>1</b>	Padecimientos ligeros durante un día o menos.
Limitadas	<b>2</b>	Lesiones menores, malestar que perdura por una semana o menos.
Graves	<b>3</b>	Algunas heridas graves, serias complicaciones.
Muy graves	<b>4</b>	Muerte de al menos una persona, y/o varios heridos (20) de gravedad y/o hasta 50 evacuados.
Catastróficas	<b>5</b>	Varias muertes, cientos de heridos graves y/o más de 50 evacuados.

Guía para el diseño e implementación de los Planes de emergencia empresariales [Ruiz, 2007].



En el caso de las consecuencias para el medio ambiente, se asigna un valor de severidad para cada tipo de consecuencia en función de la contaminación y sus efectos en el equilibrio ecológico como se muestra en la Tabla 3.4

**TABLA 3.4 SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS PARA EL MEDIO AMBIENTE**

CLASE	VALOR	CONSECUENCIAS
Poco importantes	<b>1</b>	No hay contaminación.
Limitadas	<b>2</b>	Hay baja contaminación y sus efectos están contenidos.
Graves	<b>3</b>	Hay baja o media contaminación y sus efectos están muy difundidos.
Muy graves	<b>4</b>	Hay alta contaminación y sus efectos están contenidos
Catastróficas	<b>5</b>	Hay muy alta contaminación y sus efectos están muy difundidos.

Guía para el diseño e implementación de los Planes de emergencia empresariales [Ruiz, 2007].

Para determinar la criticidad de las tareas, se relacionan tanto la probabilidad de ocurrencia (A), como la severidad de las consecuencias (B). De ésta forma se obtiene el factor de Análisis de Riesgo (AxB) que se presenta en la Figura 3.1

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ALTA (3)	MODERADO	IMPORTANTE	INTOLERABLE
	MEDIA (2)	TOLERABLE	MODERADO	IMPORTANTE
	BAJA (1)	TRIVIAL	TOLERABLE	MODERADO
Valoración Del Riesgo		LEVE (1)	GRAVE (2)	MUY GRAVE (3)
		SEVERIDAD		

**FIGURA 3.2 MÉTODO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE ANÁLISIS DE RIESGO**



## 3.2 Radios de Afectación

Una parte de la información contenida en el estudio de riesgo ambiental es la evaluación de riesgos o de consecuencias; en la cual, para los riesgos identificados y jerarquizados se determina las áreas de afectación a través de modelos matemáticos de simulación.

Para la determinación de los radios de afectación se siguieron los pasos que se presentan en la Figura 3.3.

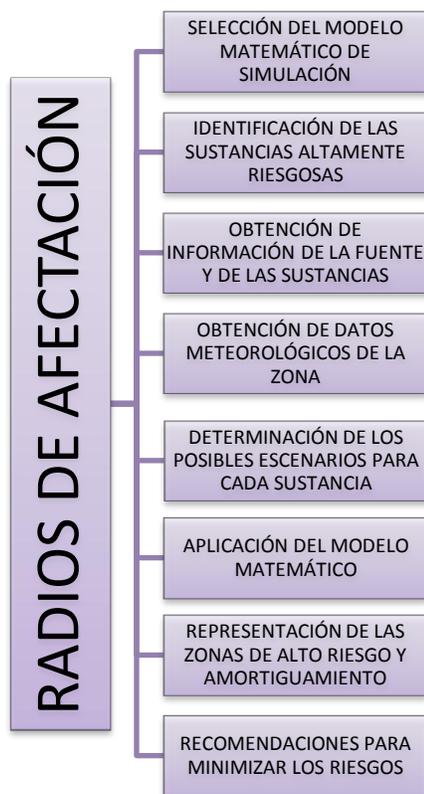


FIGURA 3.3 METODOLOGÍA PARA LOS RADIOS DE AFECTACIÓN

### 3.2.1 Modelo matemático de simulación

El proceso de reproducir matemáticamente un fenómeno observado se realiza mediante los modelos matemáticos, los cuales son un conjunto de soluciones de las ecuaciones o de algoritmos deducidos del conjunto de leyes que rigen un fenómeno. La modelación matemática es una herramienta muy útil para el estudio de emisiones de sustancias químicas peligrosas.

Los modelos de dispersión señalan que la evolución de la concentración de una sustancia en un lugar va a depender de:

1. Dónde y con qué intensidad se está emitiendo.
2. El campo de vientos como responsable del transporte y otras variables meteorológicas que nos informen de la estabilidad de la atmósfera y cómo va a afectar a la dispersión. Los modelos meteorológicos, tanto predictivos como de diagnóstico, son los que estiman esos campos.
3. Cómo reacciona con otros compuestos. Los modelos químicos son los que incorporan las ecuaciones químicas representativas de las reacciones implicadas.

Los modelos operan con datos de entrada relativos a la emisión por fuga o derrame, topografía y meteorología. Como resultado, calculan la distribución de la sustancia y su evolución. Por tanto, hacen una estimación y una predicción de la zona de afectación.

Los modelos que actualmente se utilizan para la evaluación de riesgos, son entre otros, los siguientes:

SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales)  
ARCHIE (Automated Resource for Chemical Hazard Evaluation)  
ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)  
TSCREEN (Toxics Screening Model)

Una vez que se revisaron los modelos anteriores se seleccionó el ALOHA para calcular los radios de afectación en el caso de estudio por las siguientes razones:

- ✓ La base de datos del programa contiene los contaminantes a evaluar.
- ✓ El programa puede elegir automáticamente el método de cálculo a partir del peso molecular, el tamaño de la descarga y la temperatura de la nube de gas. Así puede determinar si predice la dispersión como una descarga gaussiana o como un gas pesado.
- ✓ Se esperan resultados precisos al tener conocimiento de que la velocidad del viento no es muy baja y la atmósfera es inestable.
- ✓ El programa se puede descargar sin costo del sitio electrónico de la EPA (Environmental Protection Agency) [ALOHA, 2007].



## MODELACIÓN EN ALOHA

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) o Ubicaciones Zonales de Atmósferas Peligrosas, es un programa de computación diseñado especialmente para uso de personas que deben responder a accidentes químicos, se ejecuta rápidamente en computadoras personales y portátiles, está diseñado para facilitar su aplicación y produce buenos resultados., su base de datos contiene información sobre las propiedades físicas de aproximadamente 1,000 compuestos químicos peligrosos.

Fue desarrollado conjuntamente entre *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) y la *Environmental Protection Agency* (EPA).

Puede modelar tres categorías de riesgo: la dispersión de gases tóxicos, incendios y explosiones, emplea varios modelos diferentes, incluyendo un modelo de dispersión de aire que utiliza para calcular el movimiento y dispersión de nubes químicas. Con este modelo se puede estimar la dispersión de gases tóxicos, nubes explosivas y nubes de vapor provenientes de incendios.

Modela la dispersión de una nube de gas contaminante en la atmósfera y presenta un diagrama que muestra una vista aérea de la zona en la que predice que las concentraciones de gas alcanzarán niveles peligrosos.

ALOHA se ejecuta con dos modelos de dispersión separados, el Gaussiano y el de gases pesados.

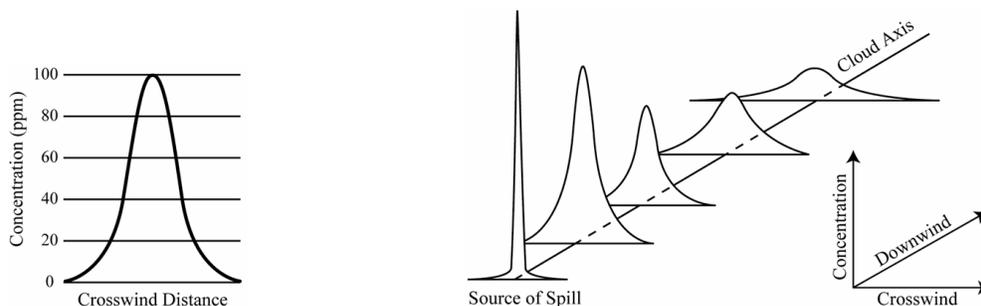
### La ecuación Gaussiana

ALOHA usa el modelo Gaussiano para predecir cómo los gases que son tan ligeros como el aire se dispersarán en la atmósfera. Estos gases tienen más o menos la misma densidad que el aire, según este modelo el viento y la turbulencia atmosférica son las fuerzas que mueven por el aire las moléculas de un gas descargado, de modo que a medida que una nube se mueve empujada por el viento, la mezcla turbulenta la obliga a esparcirse en las direcciones del viento cruzado y hacia arriba.

Según el modelo Gaussiano una gráfica de concentración gaseosa dentro de cualquier capa de viento cruzado de una nube contaminante en movimiento, tiene aspecto de curva acampanada, alta en el centro, dónde es más alta la concentración y más baja en los lados, donde la concentración es más baja.



En el punto preciso de una descarga, la concentración de gas contaminante es muy alta y el gas no se ha difundido muy lejos en la dirección del viento cruzado y hacia arriba, a medida que la nube contaminante va derivando con el viento se va extendiendo y la forma acampanada se vuelve más ancha y más plana, como se muestra en la figura 3.4.

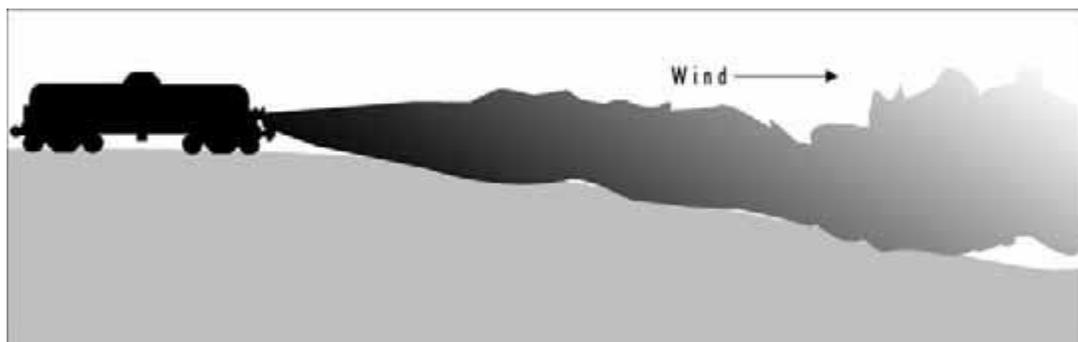


ALOHA® User's Manual, February 2007, U.S. Environmental Protection Agency,

**FIGURA 3.4 DISTRIBUCIÓN Y EXTENCIÓN GAUSSIANA**

### Gases Pesados

Cuando se libera un gas que es más pesado que el aire, en primer lugar se desplomará o se hundirá porque es más pesado que el aire circundante. Conforme la nube de gas se desplaza con el viento, la gravedad la obliga a extenderse y esto puede causar que cierta parte del vapor se desplace contra el viento desde su punto de descarga. En el caso de muchas descargas pequeñas esto ocurre en pocos metros, para mayores descargas puede ocurrir mucho más lejos en la dirección del viento, como se muestra en la figura 3.5



ALOHA® User's Manual, February 2007, U.S. Environmental Protection Agency,

**FIGURA 3.5 ESPARCIMIENTO DE LA NUBE COMO RESULTADO DE LA GRAVEDAD**

Para obtener una estimación de la zona de peligro se debe elegir al menos un LOC (Level of Concern) o **Nivel de Alerta** o preocupación.

Para escenarios de dispersión de gases tóxicos como es el caso, un LOC es una concentración umbral del gas- usualmente la concentración arriba de la cual puede existir un peligro o daño-. Para cada LOC que se elija, ALOHA estima la región, o zona de tratamiento, en donde la concentración del contaminante a nivel de superficie puede exceder el nivel elegido de concentración en un tiempo determinado después de que inicia la liberación o carga atmosférica del contaminante.

ALOHA superpone esas zonas de amenaza estimadas y las muestra en un solo gráfico compuesto, cada zona de tratamiento es mostrada en diferente color. La zona de tratamiento en color rojo representa el peor peligro, las zonas de color naranja y amarillo representan áreas de peligro decreciente.

Al decidir los valores de LOC que se quieren, permite al modelo ALOHA definir las zonas de tratamiento. Se pueden dejar los valores que por *default* el modelo establece para la sustancia en estudio, y que tiene almacenado en su biblioteca, estos valores son: Niveles Guía de Exposición Aguda AEGL's por sus siglas en inglés. El nivel de AEGL incrementa cuando se incrementa el peligro, por ello el modelo utiliza el AEGL-3 para estimar la zona de tratamiento roja.

ALOHA permite elegir de hasta tres LOC para un solo escenario.

**AEGL-1:** La concentración en el aire de una sustancia, arriba de la cual se predice que la población en general, incluyendo población susceptible podría experimentar notable malestar, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Sin embargo, los efectos no son discapacitantes, además son transitorios y reversibles al cese de la exposición.

**AEGL-2:** La concentración en el aire de una sustancia, arriba de la cual se predice que la población en general, incluyendo población susceptible podría experimentar efectos dañinos duraderos, irreversibles u otros efectos serios, o la imposibilidad de librarse de ellos.

**AEGL-3:** La concentración en el aire de una sustancia, arriba de la cual se predice que la población en general, incluyendo población susceptible podría poner la vida en peligro o incluso causar la muerte.



Líneas de puntos a lo largo y de ambos lados de la zona de amenaza amarilla indican incertidumbre en la dirección del viento. El viento rara vez sopla constantemente en un solo sentido. Cada vez que el viento cambia de dirección, se forma una nube de contaminación en una nueva dirección. Las "líneas de incertidumbre" en torno a la zona de tratamiento incluyen o indican la región dentro de la cual, aproximadamente el 95 por ciento del tiempo, se espera que la nube de gas se mantenga.

### 3.2.2 Sustancias Altamente Riesgosas

Para determinar si las actividades que se llevan a cabo en el caso de estudio se consideran altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte establecidas en el primer y segundo listados de Actividades Altamente Riesgosas [DOF, 1990, 1992].

Analizando la relación de materias primas manejadas en el caso de estudio, así como las cantidades que se utilizan en los procesos y que se encuentran almacenadas, se determinó que las sustancias descritas en la Tabla 3.5 rebasan considerablemente la cantidad de reporte mencionado en los listados descritos anteriormente, por lo que se considera que el caso de estudio se realizan actividades altamente riesgosas.

**TABLA 3.5 IDENTIFICACIÓN SUSTANCIAS ALTAMENTE RIESGOSAS**

<b>NOMBRE QUÍMICO</b>	<b>CONSUMO ANUAL, Kg</b>	<b>ESTADO FÍSICO</b>	<b>CANTIDAD DE REPORTE</b>	<b>CANTIDAD DE ALMACENAMIENTO</b>
<b>ACIDO NITRICO</b>	11480	LÍQUIDO	100 Kg (LIQ)	700 Kg
<b>CIANURO DE SODIO</b>	2373	SÓLIDO	1 Kg (SOL)	100 Kg
<b>NIQUEL METAL</b>	3790	SÓLIDO	10 Kg (SOL)	100 Kg

En el interior de la nave industrial del caso de estudio se localiza el almacén de materias primas, dentro de éste se encuentra el almacén de sustancias peligrosas en donde se almacenan el níquel metálico y el cianuro de sodio, ambos en sus correspondientes contenedores metálicos.

En el exterior, a un lado del almacén de residuos peligrosos se localiza el almacén de ácidos, este almacén está completamente ventilado y cuenta con diques de contención, el ácido nítrico se encuentra en contenedores plásticos.



### **3.2.3 Información que requiere ALOHA para su aplicación**

A continuación se detalla la información que se debe alimentar al programa obtener los radios de afectación.

1. **Descripción del tiempo y el espacio:** Se debe especificar la fecha y hora del incidente, así como el lugar del escenario.
2. **Tipo de Edificio:** El modelo utiliza información acerca del tipo de edificios, así como información de velocidad del viento y temperatura ambiente para determinar la tasa de infiltración en interiores y así estimar la concentración de interiores en un sitio de interés. Para estimar la tasa de infiltración dentro de un edificio, el modelo ALOHA supone que todas las puertas y ventanas del edificio están cerradas.
3. **Información de la sustancia química:** Se elige la sustancia pura o en solución que se requiere modelar:

El modelo considera que no habrá reacción con agua. Se ingresan las características químicas: Peso Molecular, ERPG-1, ERPG-2, ERPG-3; IDLH; temperatura de ebullición y temperatura de congelamiento.

#### **ERPG(s)**

Emergency Response Planning Guidelines(s). Valores destinados a proveer los rangos de concentración estimada por encima de la cual se puede anticipar la observación de efectos adversos a la salud.

#### **ERPG-1**

Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta 1 hora experimentando sólo efectos adversos ligeros y transitorios o percibiendo un olor claramente definido.

#### **ERPG-2**

Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos serios o irreversibles o síntomas que pudieran impedir la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.



### **ERPG-3**

Es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos que amenacen su vida.

### **IDLH**

Immediately Dangerous to Life or Health, es la concentración máxima de sustancia peligrosa expresada en ppm o en  $\text{mg}/\text{m}^3$  a la cual, en caso de falla o inexistencia de equipo respiratorio, se podría escapar del ambiente en un plazo de 30 minutos sin experimentar síntomas graves ni efectos irreversibles para la salud.

4. **Datos Atmosféricos:** Se alimentan los datos de diversos parámetros meteorológicos presentes en el sitio del escenario a modelar:

- ✓ Velocidad promedio del viento
- ✓ Dirección predominante del viento
- ✓ Altura del anemómetro
- ✓ Rugosidad
- ✓ Cubierta de nubes
- ✓ Temperatura ambiente media anual
- ✓ Clase de estabilidad de la atmósfera
- ✓ Altura de la capa de inversión
- ✓ Humedad relativa

5. **Fuente:** Se especifica el tipo de fuente de emisión: Directa, Charco, tanque de almacenamiento y de qué tipo, y tubería de gas.

6. **Opciones de cálculo:** De las tres opciones se elige la que menciona que el modelo decidirá de acuerdo a los datos alimentados el tipo de simulación que ejecutará.

7. **Zona de tratamiento:** Para obtener la zona de tratamiento, se deberá primero elegir al menos un Nivel de Alerta o preocupación.



### 3.2.4 Datos meteorológicos de la zona

A continuación se presentan las características del clima, con base en el comportamiento histórico de 10 años (1998-2007), temperatura máxima, mínima y promedio; dirección y velocidad del viento; humedad relativa; precipitación pluvial, reportados por la estación meteorológica de Tlalnepantla.

Para obtener el comportamiento histórico de la temperatura y de la precipitación pluvial para las cuatro estaciones del año durante diez años, se consultó la base de datos del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México [SIMAT, 2008], en donde se obtuvieron los valores horarios correspondientes de 1998 a 2007 de la RAMA (Red Automática de Monitoreo Atmosférico) de la estación meteorológica de Tlalnepantla Estado de México, posteriormente se realizó la estadística básica de los datos, obteniendo los valores máximos, medios y mínimos de los parámetros antes mencionados como se muestra en la Tabla 3.6

**TABLA 3.6 CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE TLALNEPANTLA 1998-2007**

	<b>Primavera</b>	<b>Verano</b>	<b>Otoño</b>	<b>Invierno</b>
<b>Temperatura °C</b>				
<b>Promedio</b>	<b>18.54</b>	<b>16.93</b>	<b>14.88</b>	<b>15.65</b>
<b>Mínima</b>	6.2	8.4	0.4	1.04
<b>Máxima</b>	33.5	29.9	27.38	29.01
<b>Precipitación</b>				
<b>Promedio</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>73.9</b>	<b>63.4</b>
<b>Máxima</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	100
<b>Días soleados</b>	<b>245</b>	<b>Días totalmente nublados</b>		<b>120</b>

Estación de monitoreo de Tlalnepantla de la RAMA [SIMAT, 2008].

### Rosa de vientos

Una rosa de vientos nos permite conocer la frecuencia de ocurrencia de los vientos en cada uno de los sectores de dirección y rangos de velocidad del viento, previamente definidos para una localidad y periodo de tiempo determinados.



Para modelar la rosa de vientos se utilizó el programa WRPLOT View distribuido por Lakes Environmental y se alimentó la información meteorológica horaria de 1998 a 2007 para la estación meteorológica de Tlalnepantla.

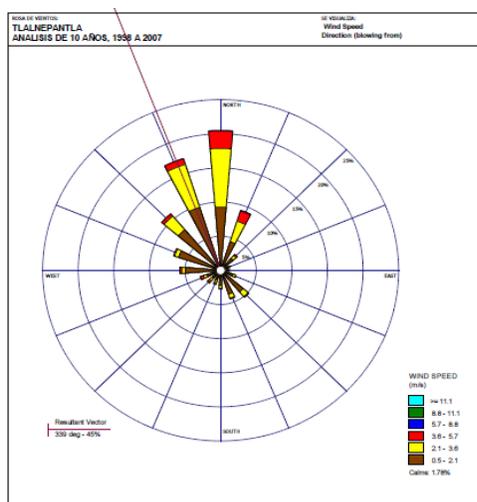
En el Anexo B se presentan las gráficas de rosas de vientos por año y el promedio de los 10 años. Así como las gráficas de frecuencia de dirección del viento y estadísticas de temperatura ambiente: máxima, mínima y promedio anual.

En la Tabla 3.7 se presentan los promedios de la dirección y velocidad del viento obtenidos para el periodo 1998-2007 y en la Figura 3.6 la gráfica correspondiente.

**TABLA 3.7 ROSA DE VIENTO DE TLALNEPANTLA 1998-2007**

ROSA DE VIENTO		
Dirección	Velocidad m/s	Frecuencia
N	3.6	2207
S	1.6	364
E	1.4	261
O	1.9	938
NE	1.3	333
NO	2.5	2080
SE	1.9	713
SO	1.8	408
PROM (10 AÑOS)	<b>2.0</b>	

Estación de monitoreo de Tlalnepantla de la RAMA [SIMAT, 2008].



**FIGURA 3.6 ROSA DE VIENTO DE TLALNEPANTLA 1998-2007**

## **Determinación de parámetros para la aplicación del programa ALOHA**

A continuación se presentan los datos correspondientes al caso de estudio, que se ingresaron al programa para su ejecución:

País	México
Diferencia con el tiempo local estándar GMT	6 horas
Altura sobre el nivel del mar	2,240 m.
Tipo de edificio	Construcción de un solo piso
Tipo de entorno	Protegido
Rugosidad	Urbana
Velocidad predominante del viento	2 m/seg.
Altura del anemómetro	10 m.
Dirección predominante del viento	From NNW
Temperatura ambiente media anual	16.5 °C
Cubierta de nubes (escala 0-10)	3
Inversión térmica	No se presenta
Humedad relativa	25 %
Estabilidad de la atmósfera	El peor escenario

Además de los datos anteriores, para cada sustancia a modelar, se incluyen la siguiente información:

Tipo de fuente  
Directa, charco o tanque de almacenamiento  
Altura de la fuente  
Duración de la liberación a la atmósfera  
Tasa de liberación  
Cantidad total liberada  
Opción de cálculo  
Zonas de tratamiento



## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

#### 4.1 Valoración del riesgo

Para valorar el riesgo, el proceso productivo se dividió en 5 secciones: Soluciones activadoras, Enjuagues y desengrases, Reacciones de depósito metálico, Tinas de filtración y Calderas. En las Tablas 4.1 se presenta la probabilidad de ocurrencia de los riesgos así como la severidad de las consecuencias para la vida, la salud y el medio ambiente y los factores del riesgo para cada sección.

**TABLA 4.1-A VALORACIÓN DEL RIESGO EN SOLUCIONES ACTIVADORAS**

Palabra guía	Parámetro/elemento	Consecuencias	Severidad	Probabilidad	Criticidad del riesgo
Menos	Mantenimiento	Caída de los operadores dentro de las tinas de ácidos	1	4	MODERADO
		Quemaduras por exposición a ácido e irritación de vías respiratorias por las emanaciones ácidas	1	4	MODERADO
		Problemas de calidad en el producto terminado	1	2	TOLERABLE

**TABLA 4.1-B VALORACIÓN DEL RIESGO EN ENJUAGUES Y DESENGRASES**

Palabra guía	Parámetro/elemento	Consecuencias	Severidad	Probabilidad	Criticidad del riesgo
Más	Temperatura	Emanación de gases tóxicos	1	2	TOLERABLE
		Evaporación de agua	1	2	TOLERABLE
Menos	Mantenimiento	Quemaduras al cambio de piezas	1	2	TOLERABLE
		Probable fuga de vapor de agua	1	2	TOLERABLE
		Salpicadura de desengrase	1	2	TOLERABLE



**TABLA 4.1-C VALORACIÓN DEL RIESGO EN REACCIONES DE DEPÓSITO METÁLICO**

Palabra guía	Parámetro/elemento	Consecuencias	Severidad	Probabilidad	Criticidad del riesgo
Mas	Temperatura	Emanaciones de gases ácidos que provocarían irritación en vías respiratorias o sofocación de los operadores	1	2	TOLERABLE
		Problemas de calidad en los productos	1	2	TOLERABLE

**TABLA 4.1-D VALORACIÓN DEL RIESGO EN TINAS DE FILTRACIÓN**

Palabra guía	Parámetro/elemento	Consecuencias	Severidad	Probabilidad	Criticidad del riesgo
Mas	Presión	Desenrosque de mangueras por la alta presión	1	2	TOLERABLE
		Problemas de calidad en los productos	1	2	TOLERABLE
Otro	Contenedores	Derrame de sustancia tóxicas	1	2	TOLERABLE

**TABLA 4.1-E VALORACIÓN DEL RIESGO EN CALDERAS**

Palabra guía	Parámetro/elemento	Consecuencias	Severidad	Probabilidad	Criticidad del riesgo
Mas	Temperatura	Una explosión, por la rotura de partes de la caldera que están a presión	3	1	MODERADO
Más	Presión	Rotura de las partes internas	3	1	MODERADO
		Incendio o Explosión	3	1	MODERADO
Menos	Fluido (Agua)	Alta temperatura, incrustaciones	3	1	MODERADO
		Explosión	3	1	MODERADO
Menos	Fluido (Combustible)	Fuga de gas	3	1	MODERADO
		Intoxicaciones al personal	3	1	MODERADO
		Explosión	3	1	MODERADO
Menos	Mantenimiento	Reparaciones incorrectas	3	1	MODERADO
		Deterioro y mal funcionamiento de válvulas de seguridad y tanque de almacenamiento	3	1	MODERADO
		Deterioro del equipo o accesorios de la instalación	3	1	MODERADO



## 4.2 Jerarquización de riesgos

La criticidad del riesgo para cada una de las consecuencias derivadas de la aplicación del análisis de riesgo y operabilidad HAZOP, se presentan en las Tablas 4.2, en dónde se establecen los factores o criticidad del riesgo para cada sección.

**TABLA 4.2-A CRITICIDAD DEL RIESGO EN SOLUCIONES ACTIVADORAS**

CONSECUENCIAS	CRITICIDAD DEL RIESGO
Caída de los operadores dentro de las tinas de ácidos	MODERADO
Quemaduras por exposición a ácido e irritación de vías respiratorias por las emanaciones ácidas	
Problemas de calidad en el producto terminado	TOLERABLE

**TABLA 4.2-B CRITICIDAD DEL RIESGO EN ENJUAGUES Y DESENGRASES**

CONSECUENCIAS	CRITICIDAD DEL RIESGO
Emanación de gases tóxicos	TOLERABLE
Evaporación de agua	
Quemaduras al cambio de piezas	
Probable fuga de vapor de agua	
Salpicadura de desengrase	

**TABLA 4.2-C CRITICIDAD DEL RIESGO EN REACCIONES DE DEPÓSITO METÁLICO**

CONSECUENCIAS	CRITICIDAD DEL RIESGO
Emanaciones de gases ácidos que provocarían irritación en vías respiratorias o sofocación de los operadores	TOLERABLE
Problemas de calidad en los productos	



**TABLA 4.2-D CRITICIDAD DEL RIESGO EN TINAS DE FILTRACIÓN**

CONSECUENCIAS	CRITICIDAD DEL RIESGO
Desenrosque de mangueras por la alta presión	TOLERABLE
Problemas de calidad en los productos	
Derrame de sustancia tóxicas	

**TABLA 4.2-E CRITICIDAD DEL RIESGO EN CALDERAS**

CONSECUENCIAS	CRITICIDAD DEL RIESGO
Una explosión, por la rotura de partes de la caldera que están a presión	MODERADO
Rotura de las partes internas	
Incendio o Explosión	
Alta temperatura, incrustaciones	
Explosión	
Fuga de gas	
Intoxicaciones al personal	
Explosión	
Incorrectas reparaciones	
Deterioro y mal funcionamiento de válvulas de seguridad y tanque de almacenamiento	
Deterioro del equipo o accesorios de la instalación	

### 4.3 Determinación de los radios de afectación

Con los resultados de la metodología empleada para la identificación de los riesgos, y considerando los resultados de la jerarquización de los riesgos inherentes del proceso, se realizó la evaluación de los radios potenciales de afectación empleando el modelo matemático ALOHA, por medio del cual se calculó la afectación por difusión de vapores de **Níquel Carbonilo y Ácido Nítrico**,

En el Anexo D se presentan los resultados de las modelaciones. Los mapas de afectación de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento se encuentran en el Anexo E.



## ÁCIDO NÍTRICO

Se simuló una fuga de 700 Kg. de ácido nítrico que es la cantidad máxima de almacenamiento, la zonas afectadas en dirección sureste de la planta se presentan en la Tabla 4.3.

En los archivos del caso de estudio, éste tipo de incidente, derivado del ácido nítrico no se ha presentado desde que la planta inició sus operaciones, hace aproximadamente 40 años.

**TABLA 4.3 ZONAS DE TRATAMIENTO POR INCIDENTE CON ÁCIDO NÍTRICO**

<b>ESCENARIO.-</b> Niveles establecidos por el programa ALOHA		
Zona	Distancia (Km.)	Concentración (ppm)
Alto riesgo	1.1	78
Amortiguamiento	2.7	6
Mínimo Riesgo	4.9	1

## NÍQUEL CARBONILO

La ocurrencia de un incidente con níquel metálico es aún menos probable, ya que se requiere que el níquel se reduzca y en presencia de CO se convierta en níquel carbonilo, el cual es un gas extremadamente tóxico. Sin embargo se consideró una fuga de 100 Kg. de Níquel carbonilo que representa la reducción de la cantidad máxima de níquel en el almacén. En la Tabla 4.4 se presentan los resultados de la simulación.

**TABLA 4.4 ZONAS DE TRATAMIENTO POR INCIDENTE CON NÍQUEL**

<b>ESCENARIO.-</b> Niveles establecidos por el programa ALOHA		
Zona	Distancia (Km.)	Concentración (ppm)
Alto riesgo	3.7	0.16
Amortiguamiento	7	0.036
Mínimo Riesgo	7	0.036

## 4.4 Análisis de Resultados

### ANÁLISIS DE RIESGO

Como resultado de la aplicación del Análisis de Riesgo y Operabilidad HAZOP se determinó la probabilidad de accidentes, su severidad y la criticidad del riesgo. Los resultados por sección, se presentan en la Tabla 4.5.

**TABLA 4.5 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DEL HAZOP**

SECCIONES	SEVERIDAD	PROBABILIDAD	CRITICIDAD DEL RIESGO
Soluciones activadoras	LEVE	ALTA	MODERADO
Enjuagues y desengrases	LEVE	MEDIA	TOLERABLE
Reacciones de depósito metálico	LEVE	MEDIA	TOLERABLE
Tinas de filtración	LEVE	MEDIA	TOLERABLE
Calderas	MUY GRAVE	BAJA	MODERADO

#### Soluciones activadoras

Es bastante probable la caída de los operadores dentro de las tinas de ácidos y de quemaduras por exposición al ácido e irritación de vías respiratorias por las emanaciones ácidas ya que se puede presentar una vez en un periodo de 1 a 10 años. La severidad de las consecuencias es poco importante, produce padecimientos ligeros durante un día o menos, en el medio ambiente no hay contaminación, por lo tanto el riesgo es MODERADO.

Es poco probable que se presenten problemas de calidad en el producto terminado, la probabilidad es de una vez en un periodo de 100 a 1000 años y la severidad es poco importante ya que produce padecimientos ligeros durante un día o menos y no hay contaminación ambiental, el riesgo es TOLERABLE, no se requiere mejorar la acción preventiva.



### **Enjuagues y desengrases**

Es poco probable la emanación de gases tóxicos, evaporación de agua, quemaduras al cambio de piezas, fuga de vapor de agua y salpicadura de desengrase ya que se puede presentar una vez en un periodo de 100 a 1000 años. La severidad de las consecuencias es poco importante, produce padecimientos ligeros durante un día o menos, en el medio ambiente no hay contaminación, por lo tanto el riesgo es TOLERABLE, no se requiere mejorar la acción preventiva.

### **Reacciones de depósito metálico**

Tanto las emanaciones de gases ácidos que provocarían irritación en vías respiratorias o sofocación de los operadores como los problemas de calidad en los productos tienen una ocurrencia poco probable ya que se puede presentar una vez en un periodo de 100 a 1000 años. La severidad de las consecuencias es poco importante, produce padecimientos ligeros durante un día o menos, en el medio ambiente no hay contaminación, por lo tanto el riesgo es TOLERABLE, no se requiere mejorar la acción preventiva.

### **Tinas de filtración**

Es poco probable el desenrosque de mangueras por la alta presión, problemas de calidad en los productos y derrame de sustancia tóxicas ya que se puede presentar una vez en un periodo de 100 a 1000 años. La severidad de las consecuencias es poco importante, produce padecimientos ligeros durante un día o menos, en el medio ambiente no hay contaminación, por lo tanto el riesgo es TOLERABLE, no se requiere mejorar la acción preventiva.

### **Calderas**

En el caso de las calderas, el aumento de temperatura o de presión, la disminución de agua o de combustible y la ausencia de mantenimiento podrían tener como consecuencias: una explosión por la rotura de partes de la caldera que están a presión, rotura de las partes internas, incendio o explosión, alta temperatura, incrustaciones, explosión, fuga de gas, intoxicaciones al personal, explosión, reparaciones incorrectas, deterioro y mal funcionamiento de válvulas de seguridad y tanque de almacenamiento y deterioro del equipo o accesorios de la instalación. Sin embargo, es poco probable que esto ocurra ya que se puede presentar una vez en un periodo de 100 a 1000 años. La severidad de las consecuencias es **grave**, puede producir algunas heridas graves con serias complicaciones, en el medio ambiente la contaminación puede ser baja o media y sus efectos difundidos, por lo tanto el riesgo es MODERADO.



## RADIOS DE AFECTACIÓN

En el caso de estudio se manejan 3 sustancias que se encuentran en el listado de actividades altamente riesgosas, **Ácido Nítrico, Níquel Metal y Cianuro de Sodio**, con un consumo anual de 11,480 Kg, 3790 Kg y 2373 Kg, respectivamente.

Se modeló un derrame de ácido nítrico de la cantidad máxima de almacenamiento en el caso de estudio.

En el caso del Níquel se consideró que en el almacén se tienen guardados hasta 100 Kg de Níquel es cual se reduce a Níquel carbonilo.

Los radios de afectación del peor escenario en cada caso, obtenidos de la aplicación del Modelo Matemático de Simulación ALOHA, se presentan en la Tabla 4.7.

El Cianuro de Sodio no se modeló, se encuentra en estado sólido, el riesgo para la salud de los trabajadores y el medio ambiente se presentaría en el caso de que reaccionara con un ácido fuerte para formar ácido cianhídrico. En el caso de estudio no hay probabilidad de que esta reacción se lleve a cabo ya que el almacén de ácidos se encuentra al exterior de la nave industrial y el cianuro de sodio en el almacén de materiales al interior de la nave.

**TABLA 4.6 RADIOS DE AFECTACIÓN OBTENIDOS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA**

SUSTANCIA	ZONA		
	ALTO RIESGO (Km)	AMORTIGUAMIENTO (Km)	MÍNIMO RIESGO (Km)
<b>Ácido Nítrico</b>	1.1	2.7	4.9
<b>Níquel carbonilo</b>	3.7	7	7



## **CAPÍTULO 5**

### **MINIMIZACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL**

#### **5.1 Buenas prácticas**

En general, la implementación de buenas prácticas de gestión de operaciones al interior de una empresa como el caso de estudio se basa en la puesta en práctica de una serie de procedimientos o políticas organizacionales y administrativas, destinadas a mejorar y optimizar los procesos productivos y a promover la participación del personal en actividades tendientes a lograr la minimización de los riesgos ambientales.

Dentro de estas prácticas se incluyen:

- ✓ Las políticas de personal

Capacitación y entrenamiento permanente del personal que trabaja en un proceso industrial, referida específicamente a mantener las condiciones del proceso ambientalmente confiables, opciones de separación de residuos, seguridad industrial, uso óptimo de equipos, manejo de materiales y salud ocupacional. Es vital que los empleados sepan por qué se les exige una forma de trabajo y qué se espera de ellos. La experiencia de los empleados es vital. Normalmente, los empleados con mayor antigüedad en el servicio comprenden el proceso muy bien y los errores que resulten en la generación de residuos son pocos e infrecuentes.

Uso de incentivos al personal, no solamente monetarios. Los empleados se comprometen más con la aplicación de medidas de prevención si saben que obtendrán algún beneficio.

- ✓ Medidas para incluir mejoras en los procedimientos, es decir, desarrollo de manuales y procedimientos.

Sistemas de documentación adecuados, para procedimientos, manuales de operación, partiendo desde listas de chequeo o figuras de llamado de atención para los operadores, hasta manuales dirigidos al personal profesional, destinados éstos a clarificar y/o modificar operaciones para hacerlas más eficientes y controlar pérdidas.



Optimización de operaciones de manejo, almacenamiento de materias primas y control de inventario. Se trata de mantener stock mínimo de materiales, sobre todo si éste es perecible, para evitar pérdidas innecesarias.

Utilizar materias primas en cantidades exactas para cada trabajo. Evitar tráfico excesivo en las zonas de almacenamiento y producción.

Programación de la producción y mantenimiento preventivo de los equipos con el fin de evitar emergencias, accidentes, escapes y derrames o fallas de los equipos, mediante chequeo y revisión.

Establecer un manual centralizado de catálogos y documentos relacionados con los equipos de proceso. Verificar periódicamente que las partes y piezas de los equipos se encuentran en buen estado.

✓ Reparación de pisos

En las empresas de Galvanoplastia es habitual encontrar infiltraciones de piso y suelo, por falta de protección o por falta de mantenimiento de éstos. Los pisos han sido corroídos en su mayoría por la naturaleza química de los compuestos que drenan a estas superficies ya sea con ocasión de arrastre de electrolito desde las piezas, al ser transportadas o bien por derrames de las tinas. Así entonces, a largo plazo se producen contaminaciones peligrosas de los suelos y los mantos freáticos debido a la acumulación de metales pesados y otras especies químicas.

Se recomienda mantener en buen estado el piso o recubrimiento del suelo, apoyado por la implementación de buenas prácticas y modificaciones de proceso. Sin embargo, de ser económicamente factible, es más recomendable la utilización de pisos recubiertos con material epóxico.

## **5.2 Mejoramiento de Procesos**

La reducción en origen implica dentro de otros aspectos, cambios en proceso: sustitución de materias primas e insumos contaminantes; cambios tecnológicos, introducción de tecnologías limpias; mejoramiento de las prácticas de operación; y cambios en productos: diseño con menor impacto ambiental, incremento de la vida útil del producto.



Como opciones factibles de implementar en empresas de Galvanoplastía se encuentran:

✓ **Modificación de diseño**

El proceso de Galvanoplastía está constituido por distintas etapas que se suceden. Lo ideal es que estas etapas estén dispuestas en lo que podría llamarse una línea de producción, es decir, que las tinas o baños se encuentren unos a continuación de los otros, de modo que las piezas no deban recorrer un largo camino entre una etapa y otra. Esto disminuirá las pérdidas de líquido durante los traslados y permitirá por ejemplo, implementar técnicas de enjuague que optimicen la recuperación de materiales minimizando las pérdidas y disminuyendo el volumen de efluentes generados durante el proceso.

✓ **Mejoramiento del manejo en el consumo de agua y de sustancias químicas**

Implementar tinas de lavado en contracorriente o cascada con el fin de reducir el consumo de agua. En este sistema la pieza se mueve en dirección opuesta a la calidad de flujo de agua de lavado. Esto consiste en que agua limpia es alimentada en la tina más alejada del baño de proceso y luego esta agua alimenta por rebalse la tina de lavado más cercano al baño de proceso. El agua por rebalse disminuye el consumo de agua de lavado. La pieza es sumergida primero en la tina con agua menos pura y en la tina con agua más limpia, después y al final, dependiendo del número de tinas.

Introducir un enjuague sin entrada y salida de agua, con el fin de reducir el consumo de sustancias químicas y disminuir el arrastre de estas entre los baños. El electrolito acumulado en esta tina se utiliza para regenerar el baño de electrodeposición, es decir se regresa electrolito (recicla) al baño de electrodeposición manteniendo su nivel.

Implementar sistemas sencillos de apertura y cierre de válvulas, para el control de suministro de agua.

Implementar lavado intermitente del material con pulverizadores de agua, lo que sustituiría unas etapas en cascada.

Dejar escurrir el electrolito y el agua de enjuague en los baños, desde la superficie de las piezas, antes de transportarlas al baño siguiente, con el fin de evitar la contaminación de los baños siguientes y con ello reducir el consumo de químicos y agua.



Instalar puentes de polipropileno, en posición inclinada, entre tinas, a fin que el electrolito escurra a la tina desde donde proviene, disminuyendo el arrastre. Esto es válido para tinas de electrolito como de enjuague.

Dosificar los baños con el contenido necesario de sustancias químicas, con el objetivo de reducir la generación de lodos y de productos químicos para neutralizar los residuos líquidos.

### **5.3 Sistemas de Gestión Ambiental**

Para que las empresas sean realmente eficaces en su comportamiento ambiental, las acciones deben ser conducidas dentro de un sistema de gestión estructurado e integrado a la actividad general de la industria. Ello con el objeto de ayudar al cumplimiento de sus metas ambientales y económicas basados en el mejoramiento continuo. A nivel internacional los estándares ISO 14,000 regulan la gestión ambiental, en lo que respecta a la implementación de un sistema de gestión ambiental y auditorías ambientales, entre otros. En particular, la Norma ISO 14.000 "Sistemas de Gestión Ambiental", especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Esta norma se aplica a toda organización que desee:

- ✓ Mejorar la calidad de procesos y productos aumentando la eficiencia.
- ✓ Disminuir los costos, producto de un uso más eficiente de la energía y los recursos.
- ✓ Aumento de la competitividad.
- ✓ Acceso a nuevos mercados.
- ✓ Reducción de riesgos.
- ✓ Mejoramiento de las condiciones laborales y de salud ocupacional.
- ✓ Mejora de las relaciones con la comunidad, autoridades y otros establecimientos.

La implementación de sistemas de gestión ambiental, permitirá a la empresa anticiparse a las regulaciones ambientales más estrictas, permitiendo que el ajuste a la nueva realidad legislativa se realice de manera gradual y mediante cambios en los procesos de producción.



## **5.4 Seguridad y salud ocupacional**

Las medidas para mejorar la salud ocupacional y las condiciones de trabajo son las siguientes:

- ✓ Entrenamiento y capacitación a los trabajadores.
- ✓ Mecanización del trabajo pesado.
- ✓ Cubrimiento de los baños con espuma plástica, esferas, chips que reduzcan los procesos de evaporación de líquidos contaminantes.
- ✓ Mantener los baños de cianuro y las materias primas de este compuesto, lejos de los ácidos, así se evita la generación de gases de ácido cianhídrico, que puede ocasionar muerte.
- ✓ Al efectuar mezclas de ácido-agua, siempre adicionar el ácido sobre el agua, nunca adicionar agua sobre ácido, pues es una reacción exotérmica, con gran generación de energía.
- ✓ Al efectuar mezclas de álcalis (bases), siempre agregar primero el agua a la tina en no más de  $\frac{2}{3}$  de su capacidad y luego adicionar el álcali sobre el agua, lentamente con agitación forzada de aire.
- ✓ Distribución de ropa de protección (guantes, máscaras, botas), tapones para los oídos, etc.
- ✓ Entrenamiento e instrucción de los trabajadores en las técnicas y principios de un trabajo seguro.
- ✓ Rotación de trabajos y mejoramiento de la organización.
- ✓ Pisos ásperos antideslizantes, para evitar resbalones y protección de seguridad de las máquinas.



## **5.5 Acciones técnico-operativas**

Las siguientes recomendaciones resultan de la aplicación de la metodología para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos.

### **En las líneas de procesos**

- ✓ Realización de mantenimiento preventivo.
- ✓ Instalación de un dispositivo de alerta de alta temperatura
- ✓ Instalación de sistemas de extracción de aire ambiente en la planta.
- ✓ En caso de reparaciones, verificar con seguridad que el técnico cumple con la capacitación necesaria y cuenta y tiene puesto el equipo de seguridad requerido.
- ✓ Identificación de las piezas reemplazadas, sobre todo los serpentines.
- ✓ Aumentar la eficiencia de las inspecciones de mantenimiento preventivo por línea.
- ✓ Capacitar al personal sobre los equipos de seguridad necesarios y sobre el daño potencial al que se exponen al caer a las tinas.
- ✓ Poner andamios para que los operadores de mantenimiento realicen su trabajo, hacer simulacros de mantenimiento supervisados por el encargado de seguridad.
- ✓ Al llevar a cabo las revisiones diarias se evitan pérdidas de productividad debido a fallas en el producto terminado.

### **En las Calderas:**

- ✓ Capacitación del personal que opera las calderas.
- ✓ Plan de emergencia en caso de contingencias.
- ✓ Sistema de contra incendio.
- ✓ Sistema de aspersión de agua.
- ✓ Realización de mantenimiento preventivo.



- ✓ Cerrar las válvulas y detener el fuego cuando se produzca una ebullición violenta del agua.
- ✓ Reducida la presión de vapor, dejar enfriar las calderas durante ocho horas como mínimo.
- ✓ Mantener en perfecto estado las calderas para evitar corrosiones que pueden provocar explosiones.
- ✓ Para que el funcionamiento de estos aparatos sea seguro, deberán estar dotados de los elementos de regulación, control y seguridad, cuya misión es evitar los riesgos de explosión.
- ✓ Los elementos de regulación son:
  - Un indicador de presión (manómetro).
  - Un indicador de temperatura.
  - Un indicador de nivel de fluido.
  - Los reguladores de estas variables.
  - Una válvula de seguridad o alivio de la presión (esencial para evitar una sobrepresión peligrosa).
  - Controlar permanentemente el estado de los dispositivos de seguridad de los aparatos.

**En el manejo y almacenamiento de las sustancias altamente riesgosas:**

- ✓ Capacitación del personal que opera las sustancias riesgosas.
- ✓ Letreros visibles que adviertan de la peligrosidad de las sustancias.
- ✓ Simulacros de evacuación en caso de accidente.

## **5.6 Acciones para reducir riesgos**

Una vez que se lleva a cabo la jerarquización de riesgos para las secciones seleccionadas del proceso, sometidas al análisis de Riesgo y Operabilidad HAZOP, el criterio para tomar acciones se presenta en la tabla 5.1, estas acciones están en función de la valoración del riesgo.



**TABLA 5.1 ACCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO**

<b>RIESGO</b>	<b>ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN</b>
<b>TRIVIAL</b>	No se requiere acción específica.
<b>TOLERABLE</b>	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se debe considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren inspecciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
<b>MODERADO</b>	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implementarse en un periodo determinado.
<b>IMPORTANTE</b>	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Pueden que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
<b>INTOLERABLE</b>	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

## **5.7 Uso de Sustancias Altamente Riesgosas**

Las Sustancias Altamente Riesgosas que se utilizan en el caso de estudio son: Ácido Nítrico, Cianuro de Sodio y Níquel Metal. Sin embargo, es necesario que cada establecimientos elabore una lista de sus materias primas con sus correspondientes cantidades de consumo y almacenamiento y las busque en en el primer y segundo listados de Actividades Altamente Riesgosas [DOF, 1990, 1992], para determinar en su caso particular cuáles son las sustancias peligrosas que maneja.

Una vez que se definen las Sustancias Altamente Riesgosas, es necesario solicitar a su proveedor las Hojas de Seguridad o Fichas Técnicas de cada sustancia para conocer su composición, componentes de riesgo, propiedades físicas, riesgo de fuego o explosión, datos de reactividad, riesgos para la salud, indicaciones en caso de fuga o derrame y precauciones especiales.



Dar a conocer a los trabajadores que tendrán acceso a las sustancias el riesgo que corren al manejarlas y cómo pueden evitar sufrir accidentes, es necesario que estén capacitados para interpretar las indicaciones de las Hojas de Seguridad. En el Anexo C se presentan las Hojas de Seguridad de las sustancias peligrosas del caso de estudio.

A continuación se presentan las características de las Sustancias Altamente Riesgosas del caso de estudio.

## **ÁCIDO NÍTRICO**

El Ácido Nítrico no es combustible, pero facilita la combustión de otras sustancias, reacciona explosivamente, con polvos metálicos, carburos, sulfuro de hidrógeno, alcohol y carbón. Incrementa la inflamabilidad de combustibles orgánicos y materiales oxidados, pudiendo causar su ignición. Con agua y vapor genera calor y humos corrosivos y venenosos, con agentes reductores poderosos explota. Puede generar óxidos de nitrógeno muy tóxicos, cuando se calienta.

**En caso de fuga o derrame:** Evacuar la zona de peligro. Ventilar, recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes de polietileno con tapa intermedia, neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico y eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en aserrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).

## **CIANURO DE SODIO**

El cianuro de sodio es altamente corrosivo a muchos metales, reacciona violentamente con agentes oxidantes que liberan gases tóxicos, ocurren reacciones químicas cuando entra en contacto con ácidos fuertes o bases fuertes. Con ácidos reacciona para liberar ácido cianhídrico que es venenoso, también puede formar óxidos de nitrógeno.

No usar extintores de dióxido de carbono ya que se puede liberar ácido cianhídrico.

**En caso de fuga o derrame:** Neutralizar cuidadosamente el residuo con solución de hipoclorito de sodio, eliminarlo a continuación con agua abundante, no permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.



## **NÍQUEL METÁLICO**

Es posible que explote si se encuentra en forma de polvo y mezclado con el aire en forma de polvo o granular. Reacciona violentamente en forma de polvo, con el polvo de titanio, perclorato potásico y oxidantes tales como el nitrato amónico originando peligro de incendio y explosión.

En incendios se pueden producir gases y vapores tóxicos como el níquel carbonilo.

Bajo condiciones especiales el níquel puede reaccionar con monóxido de carbono en atmósfera reducida a la forma de níquel carbonilo que es un gas extremadamente tóxico.

**En caso de fuga o derrame:** Recoger con aspirador el material derramado, barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, recoger el residuo y trasladarlo al almacén de residuos peligrosos.

Es muy importante que las características de los tres compuestos sean analizadas para transportarlos de una manera segura, verificar que se encuentren almacenados considerando las recomendaciones del proveedor, principalmente lejos de compuestos incompatibles con los que puedan reaccionar.

Las personas que se encuentren en contacto con las sustancias, deberán conocer sus características para manejarlas de forma segura durante su transporte del almacén a las líneas de proceso que correspondan.

Los establecimientos que realizan Actividades Altamente Riesgosas deberán contar con un Programa de Prevención de Accidentes y un Programa Interno de Protección Civil, el establecimiento debe formar parte de un Comité de Ayuda Mutua con la finalidad de que las empresas instaladas en los alrededores conozcan la naturaleza de sus procesos productivos y estén preparados para enfrentar una contingencia en caso de ser necesario.



## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

##### Del Análisis de Riesgo:

Las secciones que presentaron mayor riesgo fueron las soluciones activadoras y las calderas.

Se determinó que la probabilidad de accidentes es ALTA para soluciones activadoras y la severidad de las consecuencias es MUY GRAVE para el caso de las calderas.

En general el caso de estudio presenta un factor de riesgo de TOLERABLE a MODERADO.

##### De los radios de Afectación:

Los posibles accidentes que pueden ocurrir en cualquier instalación del giro de galvanoplastía, relacionados con el uso, manejo y almacenamiento de sustancias altamente riesgosas son:

☛ *Derrame de ácido nítrico.*

Las zonas de impacto se encuentran ubicadas en un intervalo de 1.1 a 4.9 Km. En dirección al sur sureste de la planta.

☛ *Fuga de níquel carbonilo.*

Durante un incendio el níquel carbonilo afectaría una zona de 3.7 a 7 Km. en la misma dirección.

☛ *Fuga de ácido cianhídrico.*

El cianuro de sodio se encuentra en un almacén diferente al de los ácidos, no es probable la formación de ácido cianhídrico.



## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda a todas las empresas que lleven a cabo actividades de recubrimiento metálico:

- Realizar un estudio de riesgo.
- Poner en práctica de manera inmediata las medidas preventivas determinadas en el estudio.
- Conocer que actividades se llevan a cabo en las inmediaciones de su establecimiento.
- Dar a conocer a todo el personal de la empresa los riesgos a los que están expuestos.
- Elaborar programas de protección civil y realizar simulacros.
- Dar cumplimiento a la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad e higiene y protección civil.
- Informar a las instancias correspondientes.
- Formar comités de ayuda mutua.

Con respecto a las medidas preventivas, una opción viable para los establecimientos de galvanoplastia lo constituyen la implementación de un sistema de producción más limpia y ahorro de energía de manera continua, disminuyendo el consumo de materias primas, minimizando los residuos, disminuyendo los costos de tratamiento, y disposición final, y aumentando la calidad del producto.

Respecto a las acciones recomendadas para minimizar los riesgos en el caso de estudio, se requiere entre otras cosas, lo siguiente:

### **1. Uso eficiente de agua y materiales:**

- ✓ Recuperación del arrastre de las soluciones del proceso, esto disminuiría el uso de materias primas incluyendo las clasificadas como altamente riesgosas.
- ✓ Agitación de los enjuagues, esto disminuiría la contaminación de las soluciones del proceso, aumenta la calidad del recubrimiento.
- ✓ Reducir la concentración de materias primas en las soluciones de procesos, que a la vez disminuiría el consumo de materias primas por reducción de arrastres de las soluciones de proceso.
- ✓ Reducción del consumo del agua de enjuague, que al mismo tiempo minimiza el consumo de agua.



## 2. Sustitución de materiales:

- ✓ Utilizar productos no grasos para el pulido de las piezas.
- ✓ Cambiar la solución de galvanizado por una solución alcalina sin cianuros, de tal manera que se mejora la calidad del producto terminado.
- ✓ Cambiar las soluciones de cromo para sellado de galvanizado, que sean menos tóxicas.

## 3. Buenas prácticas de manufactura:

- ✓ Mejorar o automatizar los controles del proceso: pH, concentración y temperatura.
- ✓ Reducir tiempos entre pulido y desengrase.
- ✓ Aprendizaje y conciencia de los empleados.
- ✓ Compra adecuada de productos químicos, buen manejo, uso y almacenaje.
- ✓ Mejorar el control en el manejo interno de los productos químicos y de las sustancias altamente riesgosas.
- ✓ Prevención de goteras y escurrimientos, adecuado programa de mantenimiento preventivo, mejoramiento de las condiciones generales de los equipos de trabajo.

## 4. Información continua:

Apoyarse en la información que proporciona el "Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales" (COATEA), que cuenta y proporciona actualizada en días y horas laborales sobre las sustancias químicas que se usan y transportan en mayor escala a nivel internacional, conforme a los contenidos de las hojas de seguridad: propiedades físicas, químicas y de riesgo; equipo de protección personal; acciones para control de derrames; forma de combate a fuego, entre otros.

El COATEA proporciona información, orientación y asesoría técnica para la atención y respuesta a emergencias ambientales, asociadas con el manejo de sustancias químicas. Además de información técnica relacionada con:

- ✓ Propiedades, manejo y compatibilidad de las sustancias químicas.
- ✓ Estrategias de control de fugas, derrames, incendios y explosiones de sustancias químicas.
- ✓ Efectos a la salud de las sustancias químicas y primeros auxilios.
- ✓ Información y análisis estadístico de las emergencias en México.
- ✓ Centro de comunicación y enlace con otros organismos públicos y privados, nacionales y/o internacionales, involucrados en la atención de emergencias.



## REFERENCIAS

1. ALOHA® User's Manual, February 2007, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency Management, Washington, D.C.
2. American Institution of Chemical Engineers, Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 1985.
3. Centers for Disease Control and Prevention, Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLHs), The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
4. Diario oficial de la Federación, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 28 de enero de 1988. Última reforma publicada el 5 de julio de 2007.
5. Diario Oficial de la Federación, Primer listado de actividades altamente riesgosas, 28 de marzo de 1990.
6. Diario Oficial de la Federación, Segundo listado de actividades altamente riesgosas, 7 de mayo de 1992.
7. Emergency Management Agency, Accidental Release Prevention, California, USA, 2007.
8. Grazia Alfred, 1985. *"A Cloud over Bhopal - Causes, Consequences and Constructive Solutions"*, ISBN 0-940268-09-9. published by Kalos Foundation for the India - America Committee for the Bhopal Victims. Metron Publications.
9. Gutiérrez V. Edgar, "Ingeniería de Riesgos en la Prevención de Accidentes", Guayaquil, Ecuador, 2004.
10. Instituto Politécnico Nacional, Producción más limpia en el sector de galvanoplastia, 1997.
11. Lemus Cázares, Pedro Roberto; Rábago Villaseñor, Jesús; Riveros Cruz, Fernando Antonio. Compiladores. Promoción de la Prevención de Accidentes No. 2 Instituto Nacional de Ecología, Primera Edición, 1999. México. Págs. 124-132.



12. Lichtinger Waisman, Víctor. 2002. Secretario de Medio Ambiente y recursos Naturales, compendio de estadísticas ambientales 2002.
13. Ortiz Espinosa, Enrique. 2006. Director de Emergencias ambientales. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Seminario para al Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, en fecha 25 de septiembre de 2006.
14. Plan de desarrollo Urbano del Municipio de Tlalnepantla,2006.
15. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 30 de noviembre de 2006. México.  
[http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Reglamentos/REGLAMENTO\\_LEY\\_RESIDUOS\\_30\\_NOV\\_06.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Reglamentos/REGLAMENTO_LEY_RESIDUOS_30_NOV_06.pdf)
16. Ruiz Hernández, Fabio, Guía para el diseño e implementación de los planes de Emergencias empresariales, Bogotá, 2007.
17. Sarmiento Torres, María del Rocío; Ortiz Espinosa, Enrique; Alvarez Rosas, José. 2003. Emergencias ambientales asociadas a sustancias químicas en México. Instituto Nacional de Ecología. Gaceta Ecológica 66, págs. 54-63.
18. SEMARNAT, Acuerdo por el que se determina el listado de sustancias sujetas a reporte de competencia federal para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Diario Oficial de la federación, 3 de marzo de 2005. México.
19. SEMARNAT, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, México, 2005.
20. SEMARNAT, Guía para la presentación del estudio de Riesgo Ambiental, México, 2002.
21. SEMARNAT, Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000. Instituto Nacional de Ecología. Primera Edición 1996. México.
22. SIMAT, Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México Bases de datos de parámetros meteorológicos.. <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/>
23. Software ALOHA. Environmental Protection Agency. Programa obtenido de: <http://www.epa.gov/oem/content/cameo/aloha.htm>



## GLOSARIO

### **AEGL's**

Acute Exposure Guideline Levels  
Niveles Guía de Exposición Aguda

### **ALOHA**

Areal **L**ocations of **H**azardous **A**tmospheres  
Ubicaciones Zonales de Atmósferas Peligrosas

### **CENAPRED**

Centro Nacional de Prevención de Desastres

### **COATEA**

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias

### **CRETIB**

Características Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Inflamables o Biológico-  
Infecciosas

### **DGGCARETC**

Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y  
Transferencia de Contaminantes

### **EPA**

Environmental Protection Agency

### **ERA**

Estudio de Riesgo Ambiental

### **ERPG**

Emergency Response Planning Guidelines  
Valores destinados a proveer los rangos de concentración estimada por encima de la  
cual se puede anticipar la observación de efectos adversos a la salud.

### **HAZOP**

**HAZ**ard and **OP**erability analysis  
Análisis de Riesgos y Operabilidad



**IDLH**

Immediately Dangerous to Life or Health

**INE**

Instituto Nacional de Ecología

**LGEEPA**

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

**LOC**

Level of Concern

Nivel de Alerta o preocupación

**NIOSH**

National Institute for Occupational Safety and Health

**NOAA**

National Oceanic and Atmospheric Administration

**NÍQUEL ELECTROLESS**

Depósito químico de Níquel sin flujo eléctrico

**PDMT**

Plan de Desarrollo del Municipio de Tlalnepantla

**PPA**

Programa de Prevención de Accidentes

**RAMA**

Red Automática de Monitoreo Atmosférico

**RETC**

Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

**RMPP**

Risk Management and Prevention Program (USA)

Programa de Prevención y Administración del Riesgo

**PROFEPA**

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente



**SEMARNAT**

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

**SIMAT**

Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México

**TEEL**

Temporary Emergency Exposure Limit

Límite Temporal de Exposición de Emergencia

**TLV**

Threshold Limit Values

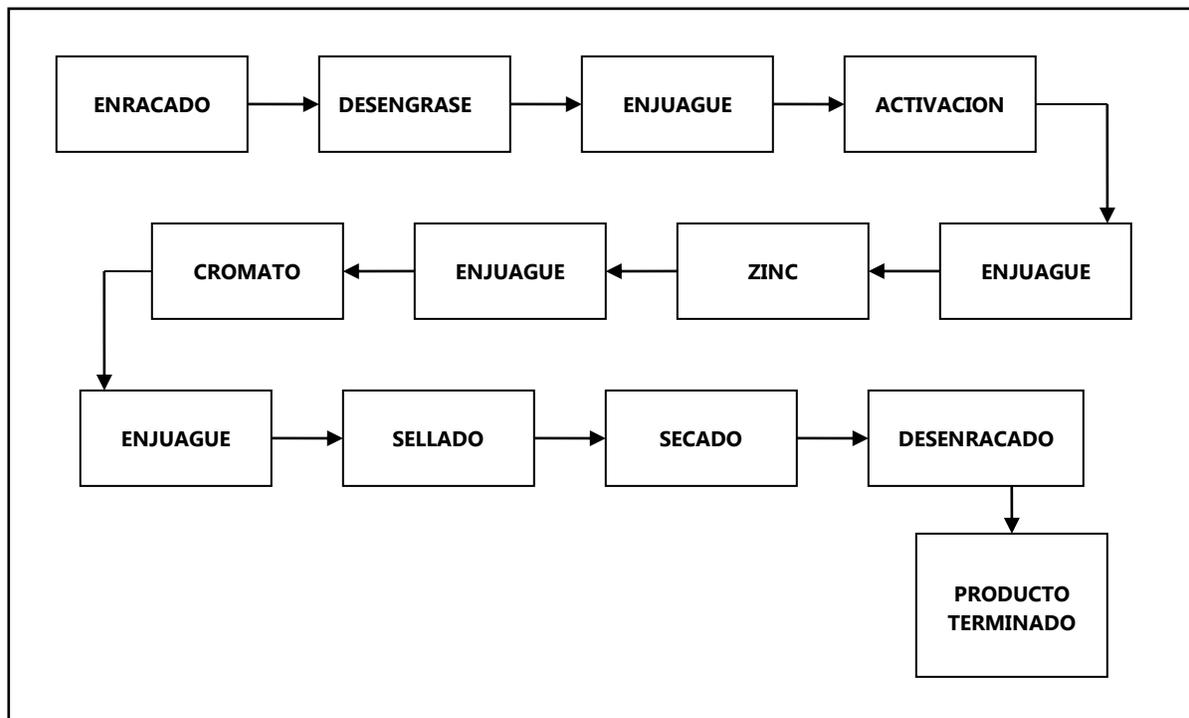
Valores Límite de Umbral

**ZMCM**

Zona Metropolitana de la Ciudad de México



## PROCESO 1 GALVANIZADO

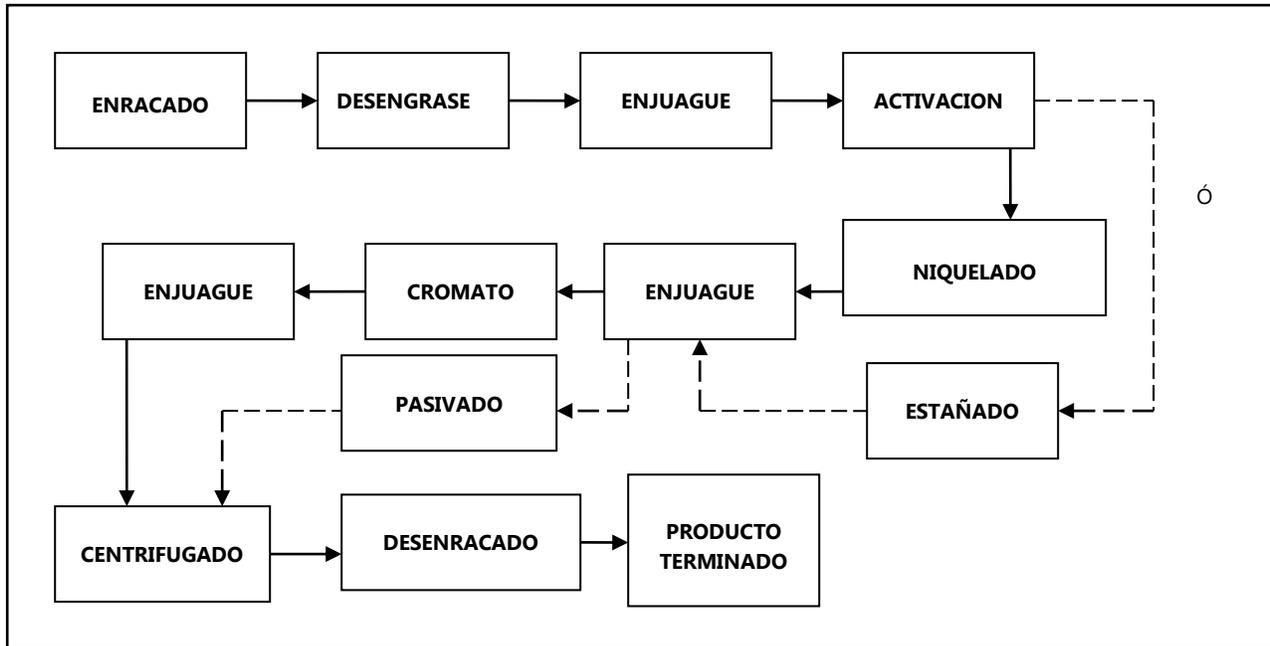


### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y son colocadas en el rack o barril de proceso o barril para granel, estas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones de soluciones desengrasantes; después son enjuagadas con agua a temperatura ambiente; posteriormente se introducen a soluciones activadoras, pasan por otro enjuague de agua a temperatura ambiente; enseguida se introducen a soluciones electrolíticas, donde se lleva a cabo el depósito metálico por reacción de sustitución constituidas principalmente por zinc metálico, hidróxido de sodio y carbonatos; se pasa por otro proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente, para después ser sometidas a un proceso de cromatizado (blanco, azul, verde, etc.), seguido por enjuagues de agua a temperatura ambiente y un proceso de sellado.

Los tiempos a tratar dentro de las soluciones son variables, ya que dependen de los espesores solicitados en los acabados.

**PROCESO 2. NÍQUEL - ESTAÑO**



**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:**

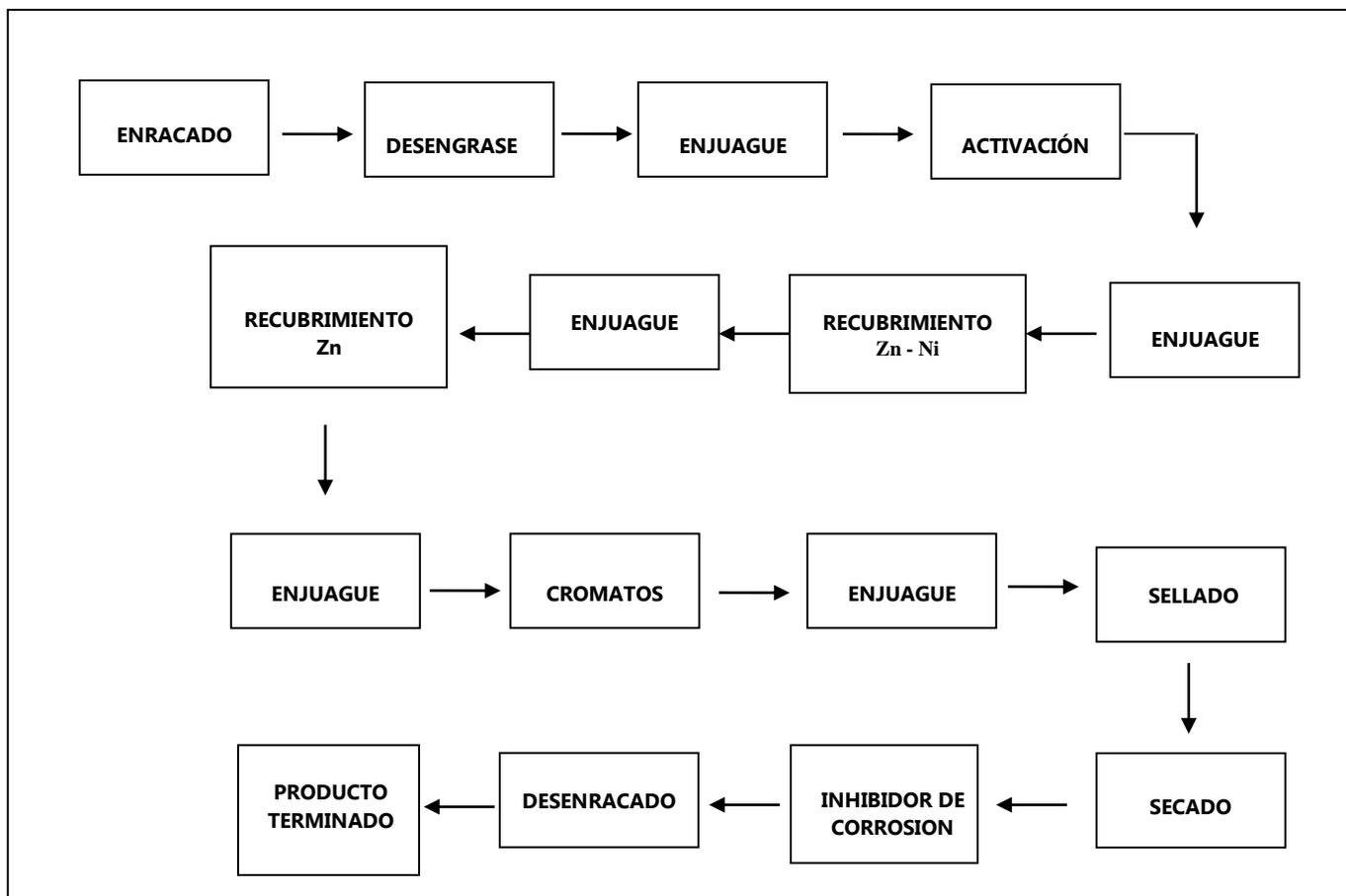
Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y son colocadas en un rack o barril de proceso, estas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones en soluciones desengrasantes; después son enjuagadas con agua a temperatura ambiente; posteriormente se introducen a soluciones activadoras de ácido sulfúrico diluido en agua a temperatura ambiente, enseguida se introducen a una solución electrolítica, donde se lleva a cabo el depósito metálico por reacción de sustitución, (opción 1) que se encuentra compuesta de níquel metal, sulfatos de níquel y cloruros de níquel; se pasa por otro proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente para después ser sometidas a un proceso de cromatizado a temperatura ambiente y finalmente pasan por enjuague con agua a temperatura ambiente y un centrifugado a temperatura ambiente.

En lugar del niquelado (opción 2).

Las piezas son sometidas a procesos de estañado compuestas de sulfato estañoso, posteriormente pasan por un proceso de enjuague a temperatura ambiente seguido de un pasivado y finalmente por un centrifugado.



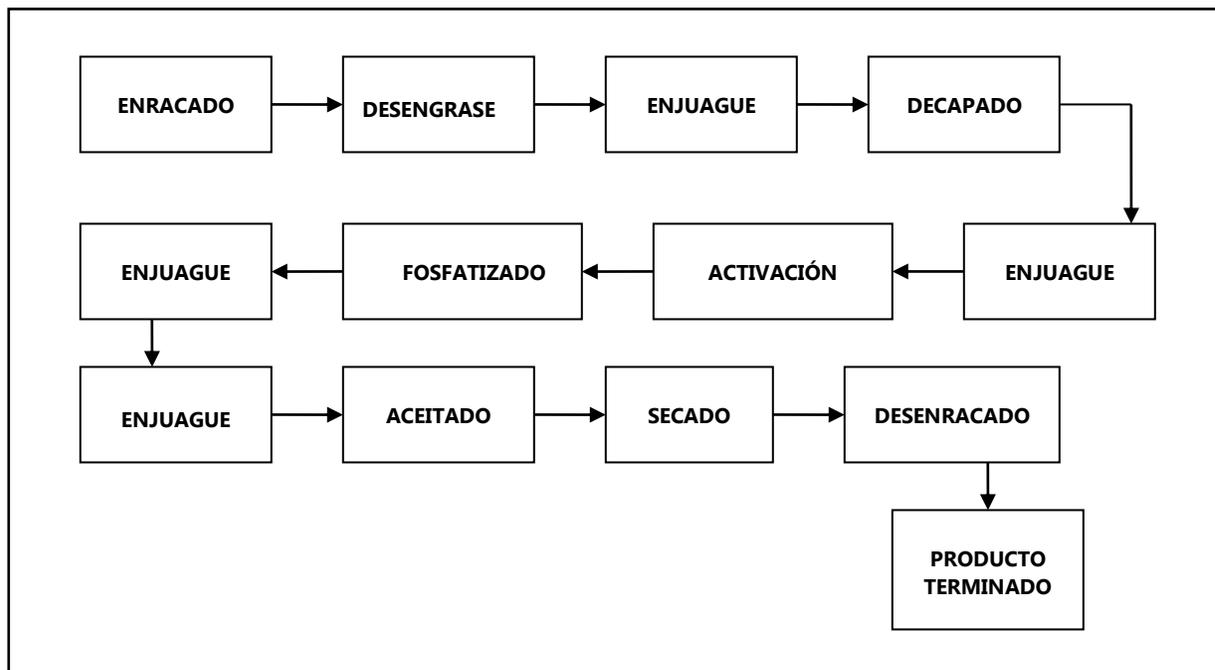
### PROCESO 3. ZINC - NIQUEL, ZINC.



#### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y son colocadas en el rack, estas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones de agua caliente y soluciones desengrasantes; después son enjuagadas con agua a temperatura ambiente; posteriormente se introducen a soluciones activadoras, enseguida se introducen a soluciones electrolíticas, donde se lleva a cabo el depósito metálico por reacción de sustitución, se pasa por otro proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente para después ser sometidas a soluciones de cromato; siguiendo de un enjuague con agua a temperatura ambiente para pasar a un proceso de sellado, secado con aire y protección a la corrosión.

## PROCESO 4. FOSFATO

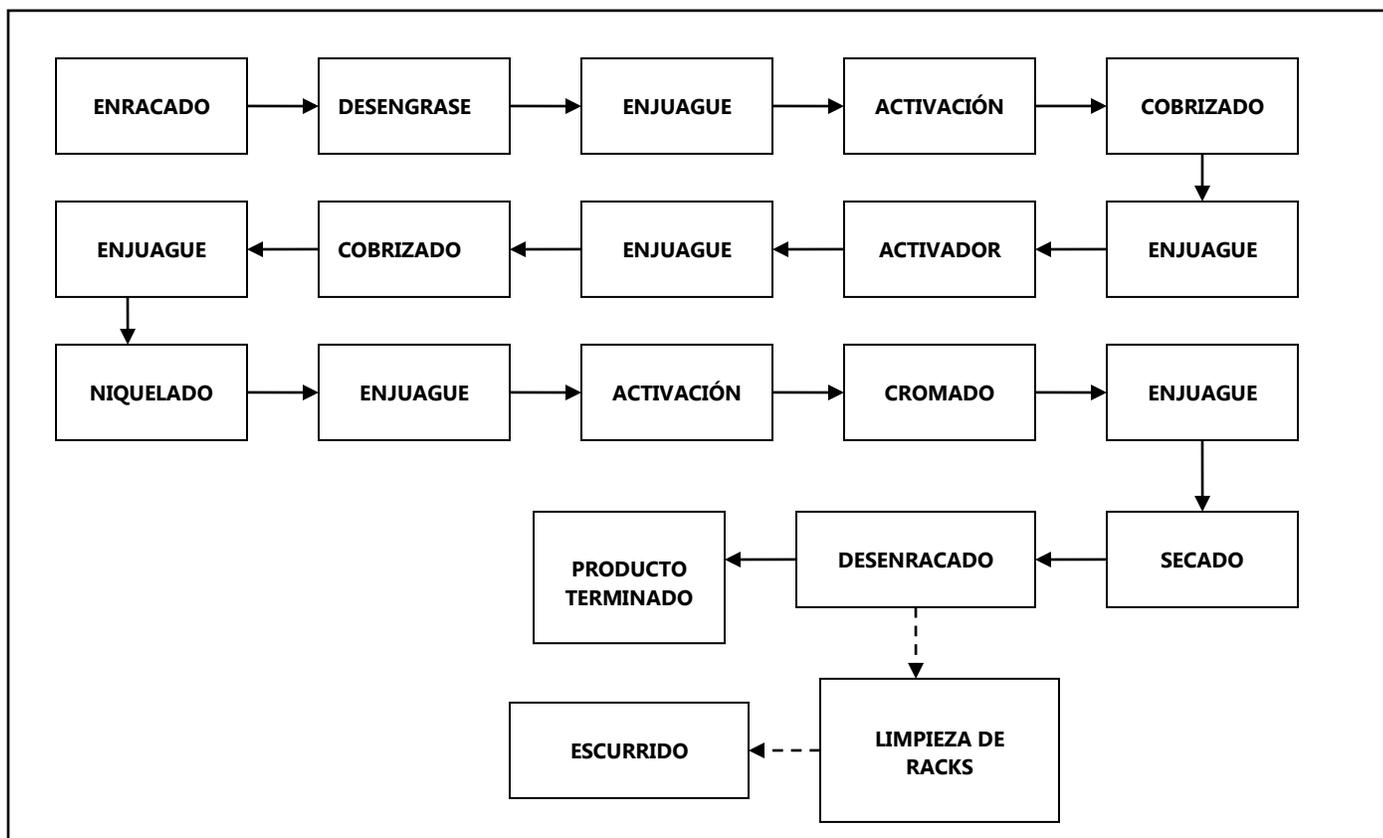


### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack, éstas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones en soluciones desengrasantes con agua, de ahí pasan a enjuague con agua a temperatura ambiente, posteriormente se introduce a un proceso de decapado, seguido de un enjuague con agua a temperatura ambiente, en seguida pasan por un proceso de activación para fosfato de zinc o manganeso para ser sometidas a soluciones de fosfato de zinc o manganeso, donde se recubre el material; en seguida son sometidas a enjuague con agua a temperatura ambiente y enjuague con agua caliente; finalmente se aceitan las piezas y prosiguen a un proceso de secado.



## PROCESO 5. COBRE - NIQUEL - CROMO

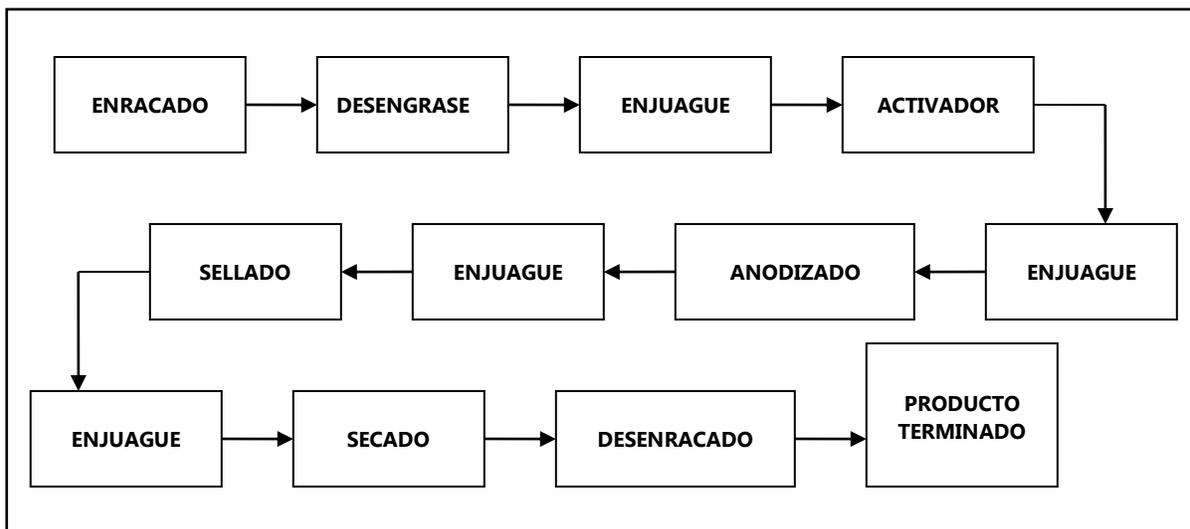


### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y son colocadas en el rack de proceso, estas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones soluciones desengrasantes y enjuague de agua a temperatura ambiente; después pasan por un proceso soluciones activadoras a temperatura ambiente; posteriormente se someten a un proceso de enjuague, para ser depositadas en una solución electrolítica donde se lleva a cabo el depósito metálico de cobre, de ahí pasa a un enjuague de agua a temperatura ambiente y a otro proceso de activación para depósito de segunda capa de cobre, se enjuagan para pasar al depósito metálico de níquel, se enjuaga con agua y se activa con ácido crómico para pasar a cromado, se enjuaga, pasa al secador para finalmente desenracarse la piezas y vueltas al almacén para su envío al cliente.



## PROCESO 6. ANODIZADO ELECTROLITICO

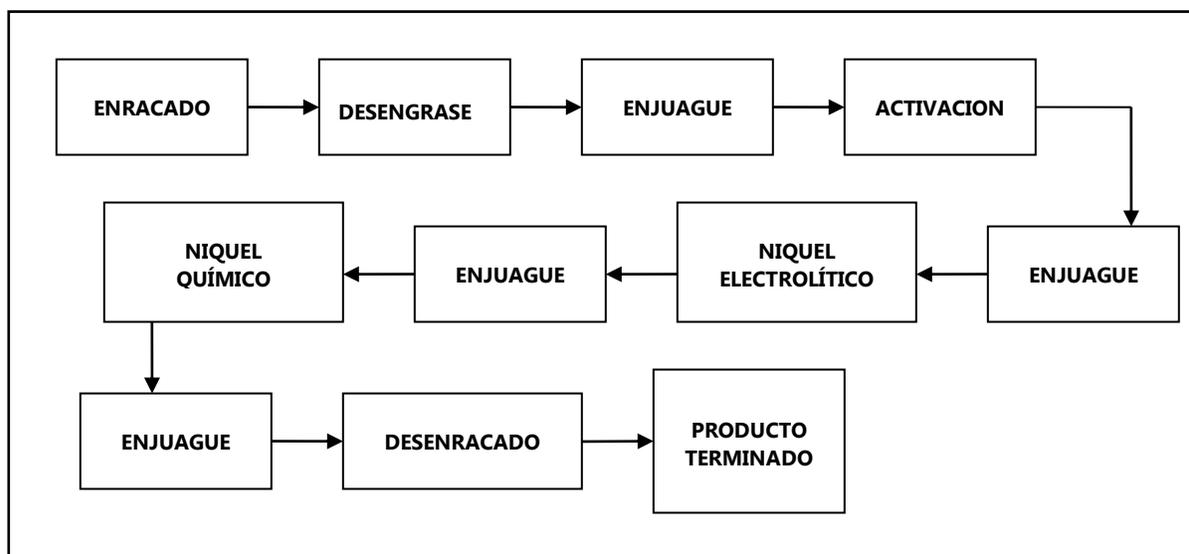


### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack o barril de proceso, ésta piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones en soluciones desengrasantes, prosiguiendo a un enjuague de agua a temperatura ambiente; posteriormente se introducen a una solución activadora, prosigue un proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente, para pasar al proceso de anodizado con ácido sulfúrico diluido; prosigue un proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente, un proceso de sellado con agua desionizada, nuevamente enjuague con agua y finalmente un proceso de secado con aire.



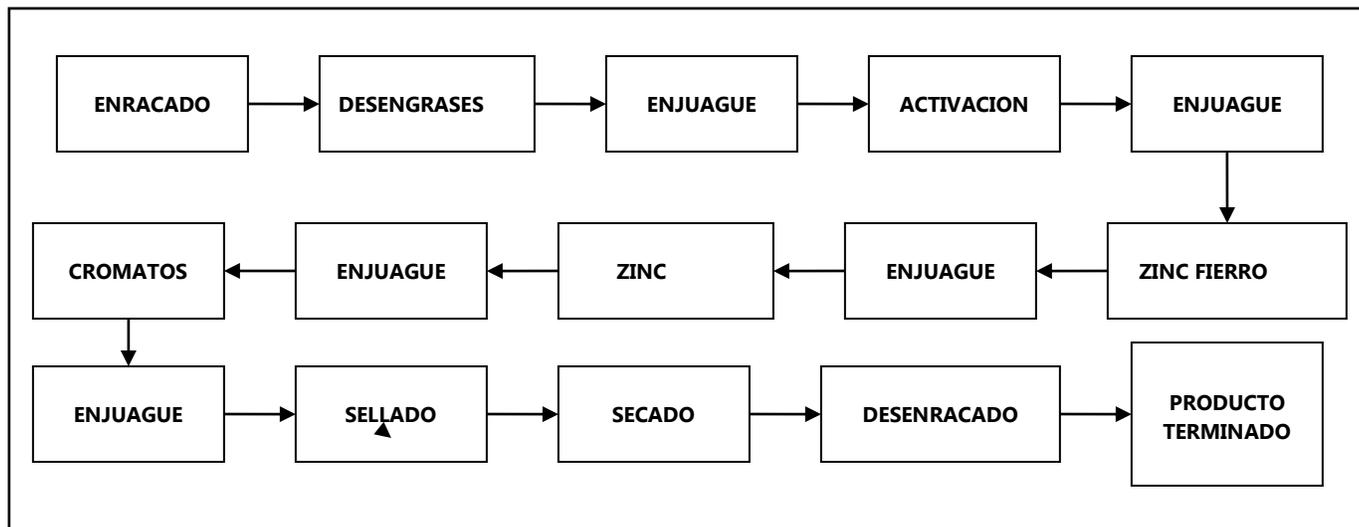
## PROCESO 7. NIQUEL - ELECTROLESS



### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack o barril de proceso, ésta piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones a soluciones desengrasantes y desengrase electrolítico para eliminar grasas, después se introduce a soluciones activadoras de ácido sulfúrico a temperatura ambiente, posteriormente son sometidas a un proceso electrolítico de níquel donde se recubre el material con una capa superficial, en seguida se somete a un enjuague de agua a temperatura ambiente para después ser sometido a un proceso de depósito químico de níquel, es decir sin flujo eléctrico, finalmente son sometidas a un enjuague de agua a temperatura ambiente.

**PROCESO 8. ZINC - FIERRO - ZINC**

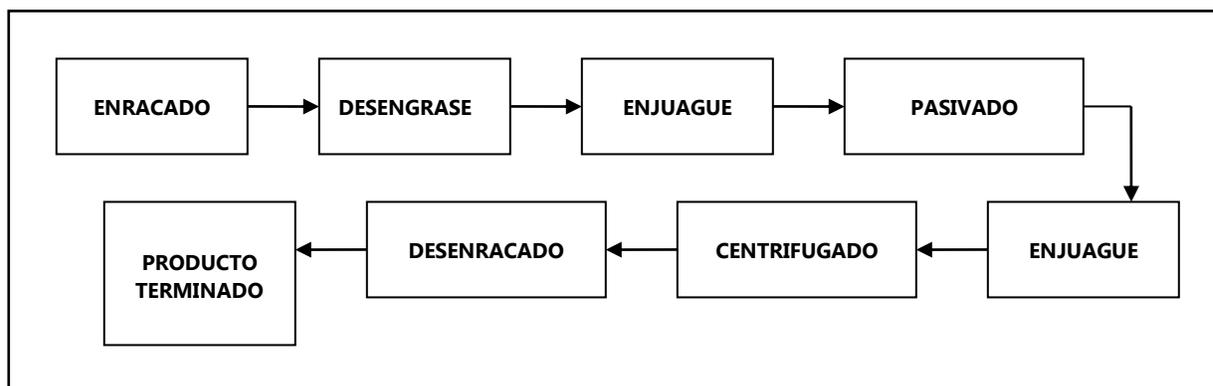


**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:**

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack o barril de proceso, ésta piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersión en soluciones desengrasantes con agua para eliminar grasas, seguidas de un enjuague con agua a temperatura ambiente; posteriormente se introduce a soluciones activadoras de ácido clorhídrico diluido a temperatura ambiente y son enjuagadas nuevamente, enseguida se introduce a soluciones electrolíticas la primera de zinc-fierro y después a la segunda de zinc, donde se lleva a cabo el deposito metálico por reacción de sustitución, se pasa por procesos de enjuague con agua a temperatura ambiente después de cada uno de los 2 procesos anteriores, para después ser sometidas a uno u otro de los cromatos, seguidas de un enjuague con agua a temperatura ambiente para finalmente pasar a un proceso de sellado y secado con aire.



## PROCESO 9. PASIVADO



### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

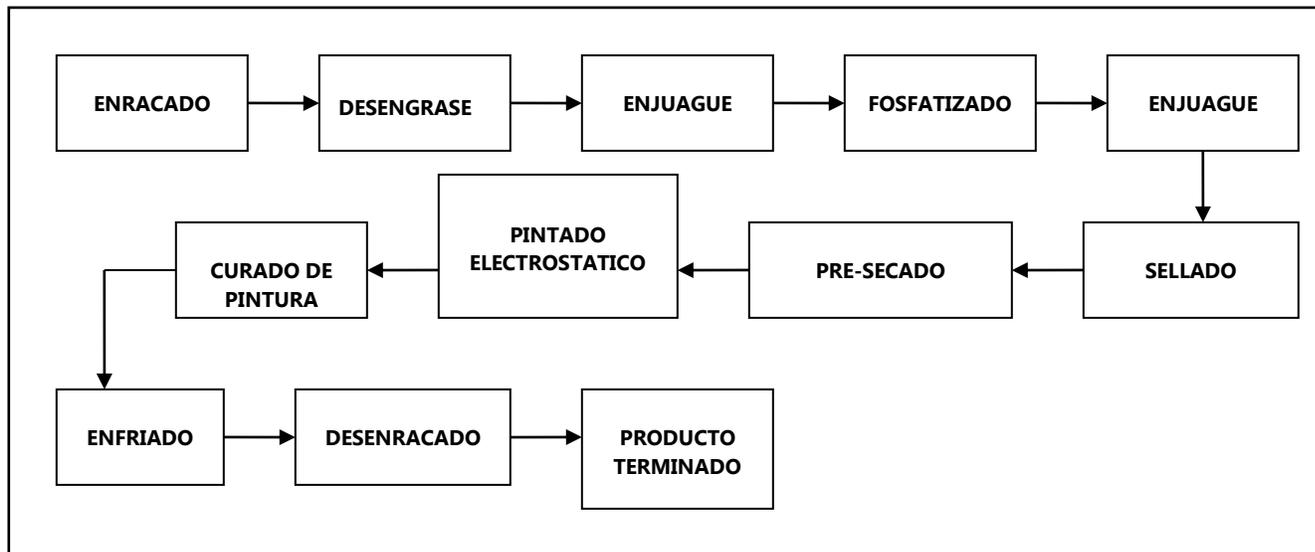
Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack o barril de proceso, éstas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones en agua con soluciones desengrasantes; después son enjuagadas con agua a temperatura ambiente; posteriormente se introducen a una solución de pasivado para que las piezas no reaccionen con el medio ambiente, éstas soluciones contienen una concentración de ácido nítrico a temperatura ambiente, después son sometidas a un proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente y finalmente son llevadas a centrifugado, posteriormente son desenracadas para ser enviadas a producto terminado.

Las piezas son empacadas y vueltas al almacén para su envío al cliente.

Los tiempos a tratar dentro de las soluciones son variables, ya que dependen de los espesores solicitados en los acabados.



## PROCESO 10. PINTURA



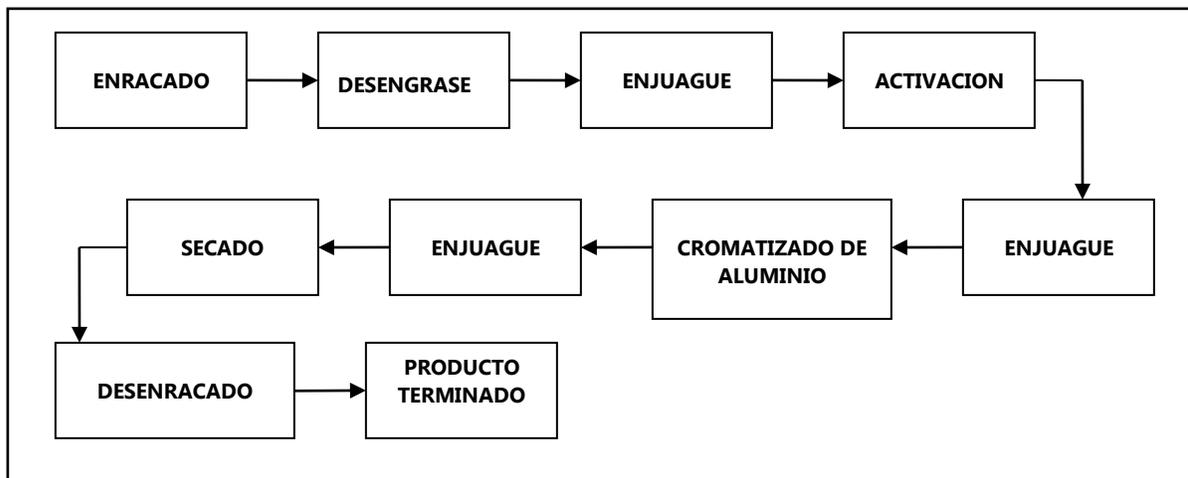
### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack de proceso, éstas piezas son introducidas a un proceso por aspersión o rocío de soluciones desengrasantes seguido de enjuague de agua a temperatura ambiente, posteriormente pasa a un proceso de fosfatizado, seguido de un enjuague con agua a temperatura ambiente, en seguida pasan por un proceso de sellado a temperatura ambiente de ahí pasan al pre-secado con aire para posteriormente pasar a la aplicación de pintura electrostática que es el recubrimiento que se les da a dichas piezas, después pasa a un proceso de curado de pintura a temperatura donde se produce la adherencia de la pintura en polvo a la superficie de la pieza, éstas son enfriadas a temperatura ambiente y finalmente se someten a un proceso de aceitado.

Las piezas son empacadas y vueltas al almacén para su envío al cliente.

Los tiempos a tratar dentro de los procesos son variables, ya que dependen de los espesores solicitados en los acabados.

## PROCESO 11. CROMATIZADO DE ALUMINIO



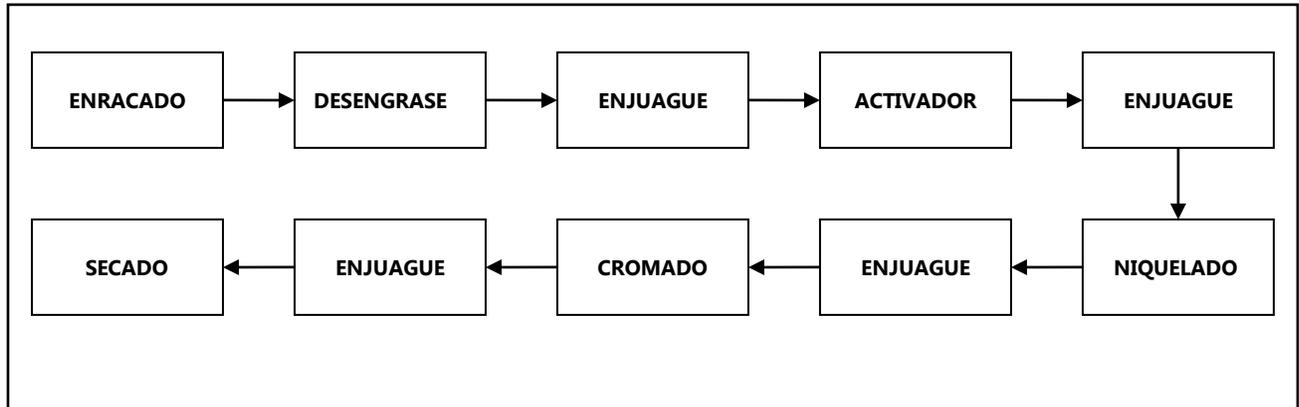
### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y colocadas en el rack o barril de proceso, ésta piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones a soluciones desengrasantes y enjuague con agua a temperatura ambiente, posteriormente se introduce a soluciones activadoras a temperatura ambiente, seguidas de un enjuague con agua a temperatura ambiente, para ser sometidas a un proceso de cromatizado de aluminio donde se recubre el material con una capa del metal; finalmente son sometidas a un enjuague de agua a temperatura ambiente y a un proceso de secado con aire.

Las piezas son empacadas y vueltas al almacén para su envío al cliente.

Los tiempos a tratar dentro de los materiales de las soluciones son variables, ya que dependen de los espesores solicitados en los acabados.

**PROCESO 12. NÍQUEL - CROMO**



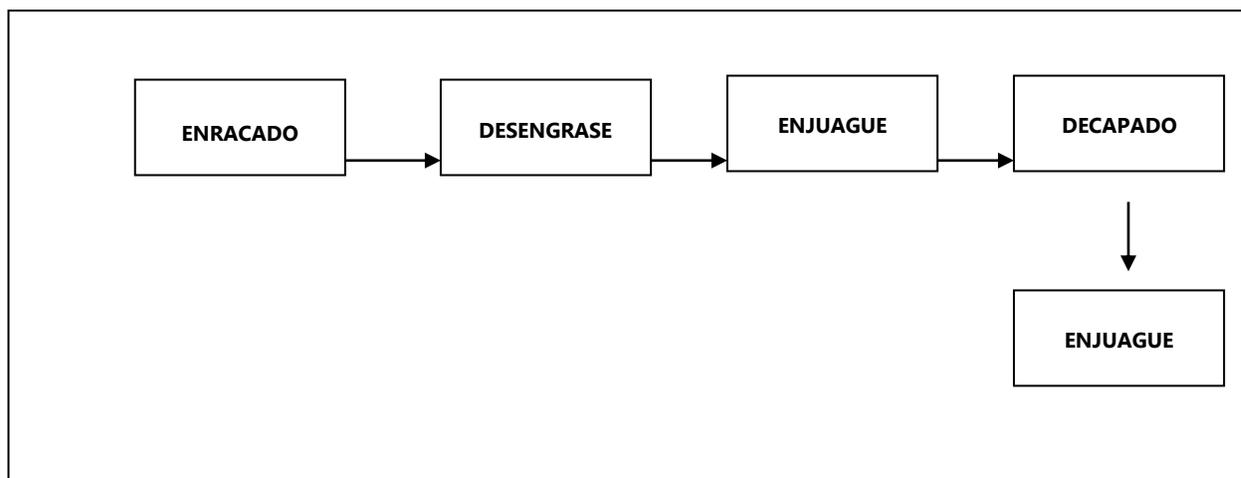
**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:**

Las piezas a procesar son llevadas del almacén de recibo a la línea de producción sacándolas de su empaque y son colocadas en el rack de proceso, estas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones en soluciones electrolíticas desengrasantes, empleando un flujo de corriente. La función de la corriente eléctrica es transportar las partículas contenidas en la polución para depositarse en el material a recubrir. Posteriormente se someten a un proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente para pasar por el activador de ácido sulfúrico seguida de otro enjuague con agua a temperatura ambiente enseguida se introducen a soluciones electrolíticas, donde se lleva a cabo el depósito metálico por reacción de sustitución, estas soluciones se encuentran compuestas por níquel metálico dentro de canastillas metálicas y dentro de solución compuesta de sulfato de níquel, cloruro de níquel y ácido bórico principalmente, en seguida se introducen a un enjuague de agua a temperatura ambiente para ser sometidas a una solución de cromo compuesta de ácido crómico y sulfatos. después pasa por un enjuague y finalmente por un proceso de secado con aire.

Las piezas son empacadas y vueltas al almacén para su envío al cliente.

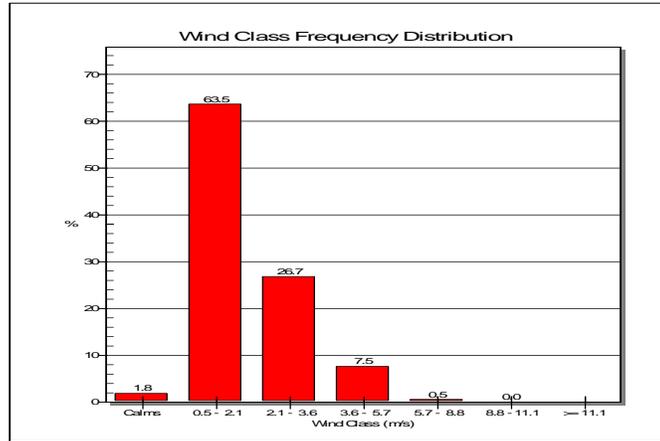
Los tiempos a tratar dentro de los materiales de las soluciones son variables, ya que dependen de los espesores solicitados en los acabados.



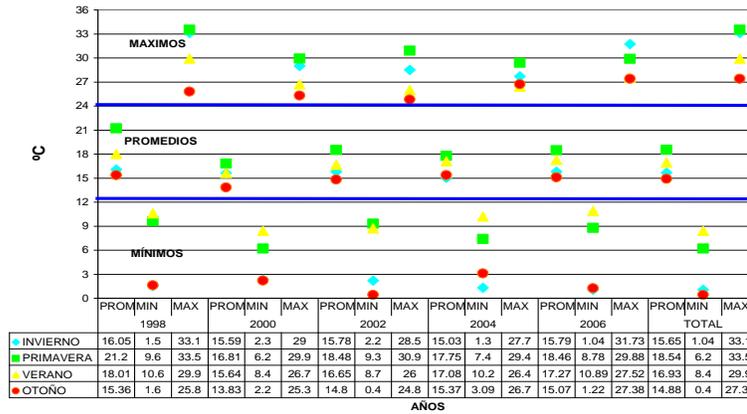
**PROCESO 13. DECAPADO****DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:**

Se recibe material del almacén , y son colocadas en el rack o barril de proceso, estas piezas son introducidas a un proceso de desengrase que consta de inmersiones en soluciones desengrasantes, posteriormente se someten a un proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente para pasar al proceso de decapado compuesto de ácido sulfúrico diluido a temperatura ambiente para eliminar depósito metálico u oxidaciones de las piezas y finalmente pasan por un proceso de enjuague con agua a temperatura ambiente.

Los tiempos a tratar dentro de las soluciones son variables, ya que dependen del espesor a eliminar.



COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE 10 AÑOS DE LA TEMPERATURA AMBIENTE, °C

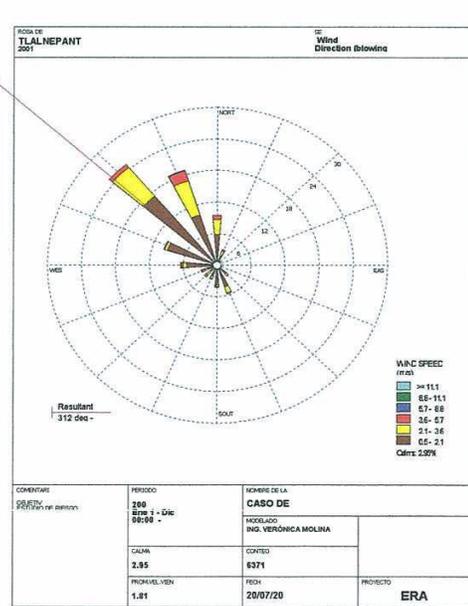
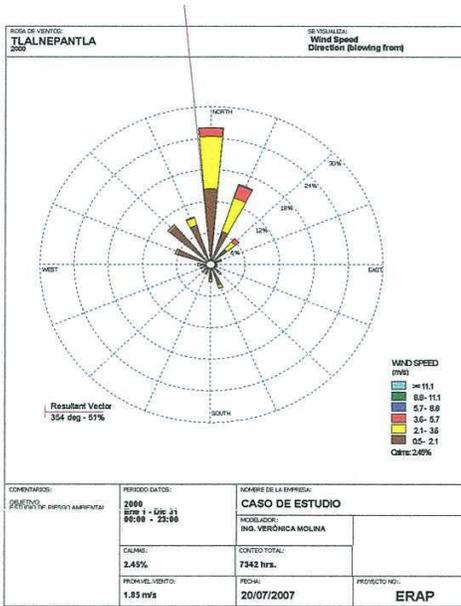
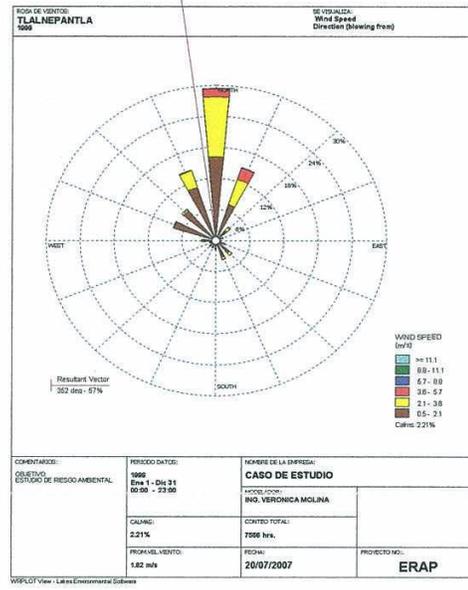
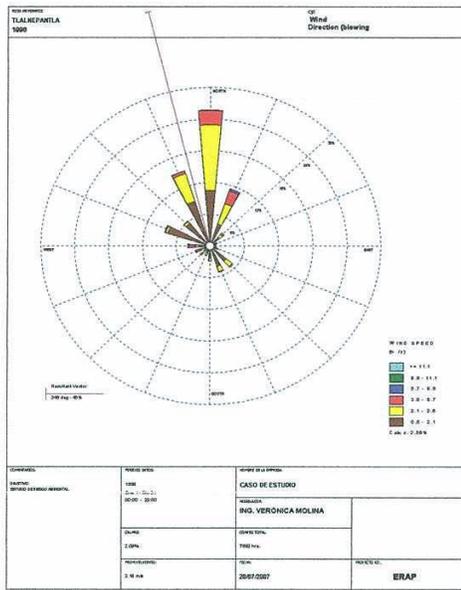


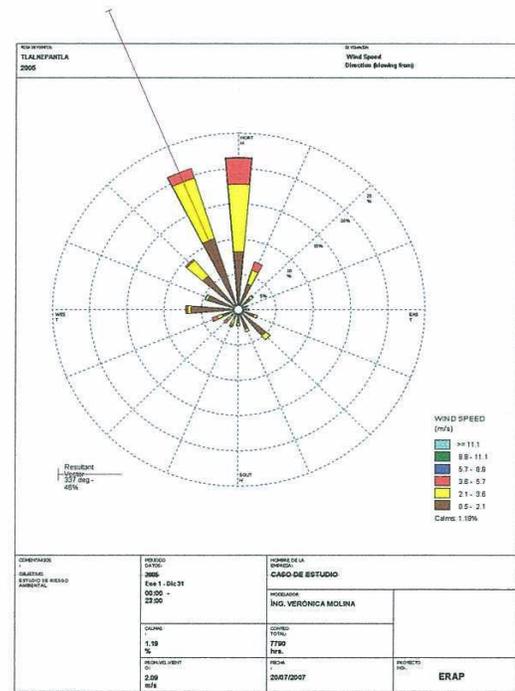
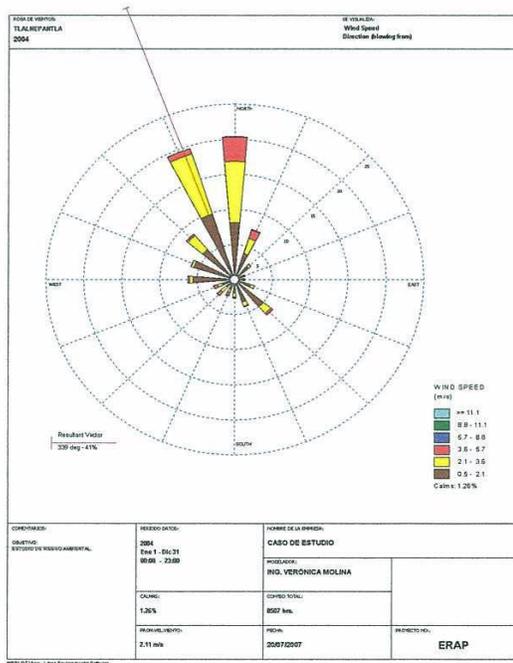
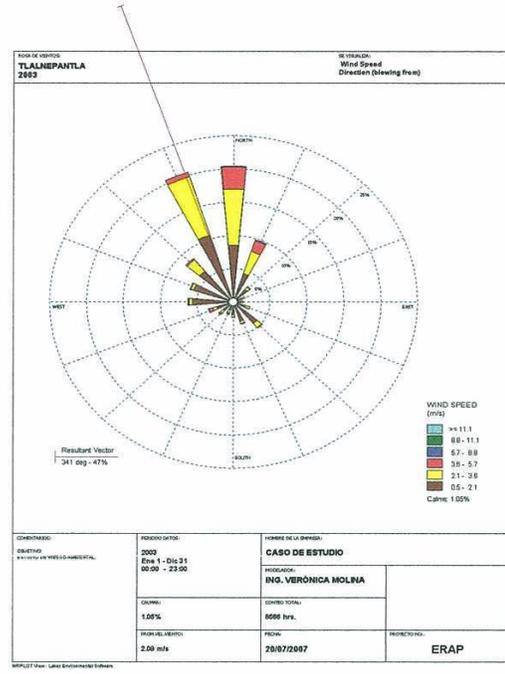
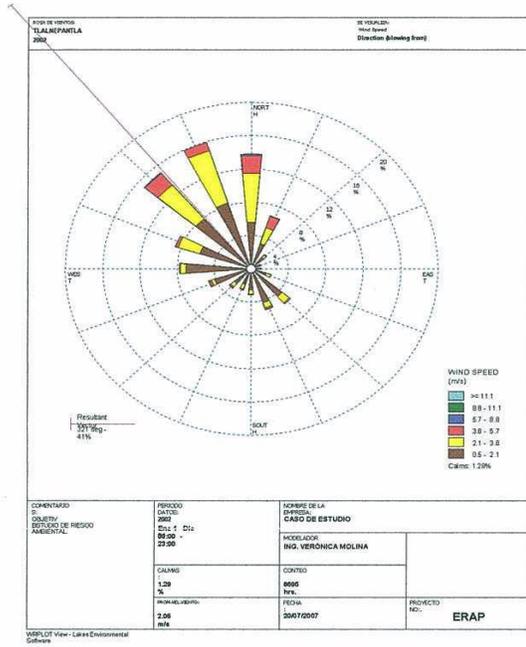
ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE TLALNEPANTLA												
REPORTE BIANUAL DE TEMPERATURA AMBIENTE °C. PERIODO 1998-2007												
	INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		
1998	PROM	16.05		PROM	21.20		PROM	18.01		PROM	15.36	
	MIN	1.50		MIN	9.60		MIN	10.60		MIN	1.60	
	MAX	33.10		MAX	33.50		MAX	29.90		MAX	25.80	
2000	PROM	15.59		PROM	16.81		PROM	15.64		PROM	13.83	
	MIN	2.30		MIN	6.20		MIN	8.40		MIN	2.20	
	MAX	29.00		MAX	29.90		MAX	26.70		MAX	25.30	
2002	PROM	15.78		PROM	18.48		PROM	16.65		PROM	14.80	
	MIN	2.20		MIN	9.30		MIN	8.70		MIN	0.40	
	MAX	28.50		MAX	30.90		MAX	26.00		MAX	24.80	
2004	PROM	15.03		PROM	17.75		PROM	17.08		PROM	15.37	
	MIN	1.30		MIN	7.40		MIN	10.20		MIN	3.09	
	MAX	27.70		MAX	29.40		MAX	26.40		MAX	26.70	
2006	PROM	15.79		PROM	18.46		PROM	17.27		PROM	15.07	
	MIN	1.04		MIN	8.78		MIN	10.89		MIN	1.22	
	MAX	31.73		MAX	29.88		MAX	27.52		MAX	27.38	
TOTAL	INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		
	PROM	15.65		PROM	18.54		PROM	16.93		PROM	14.88	
	MIN	1.04		MIN	6.20		MIN	8.40		MIN	0.40	
	MAX	33.10		MAX	33.50		MAX	29.90		MAX	27.38	

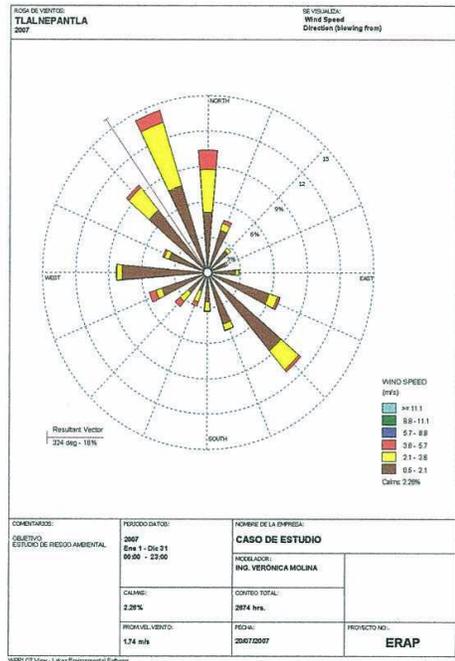
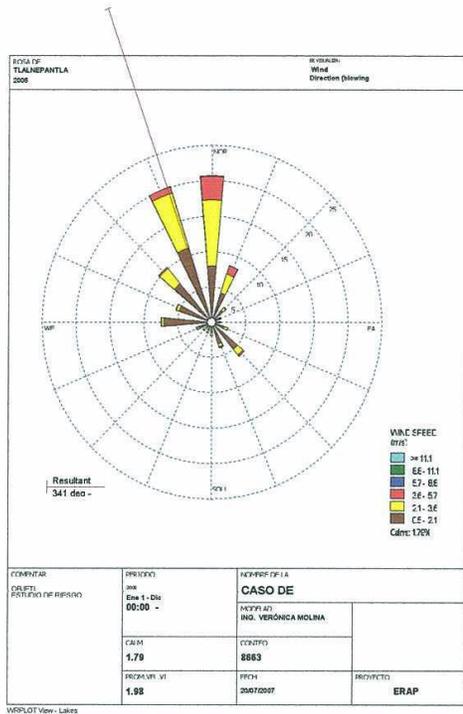


# ANÁLISIS DE 10 AÑOS, 1998-2007

## ROSAS DE VIENTO

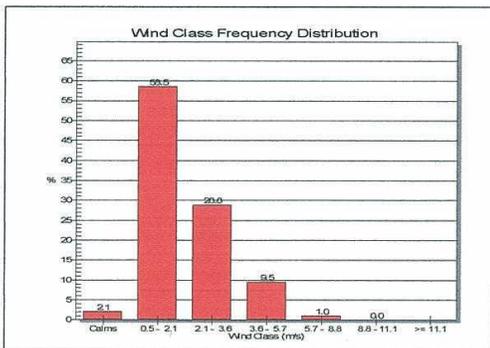




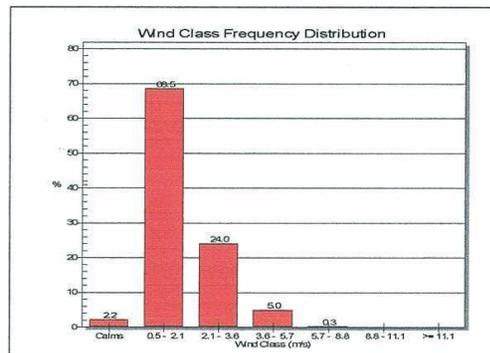


## GRAFICAS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

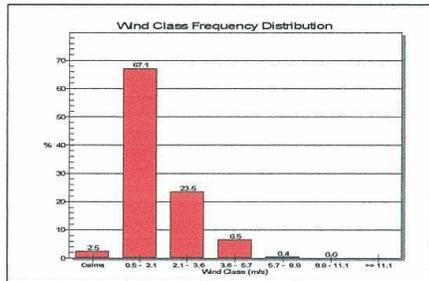
AÑO 1998



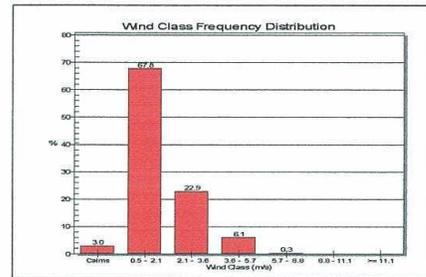
AÑO 1999



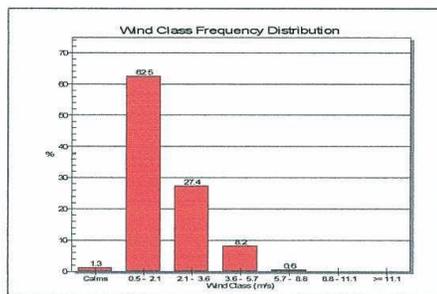
AÑO 2000



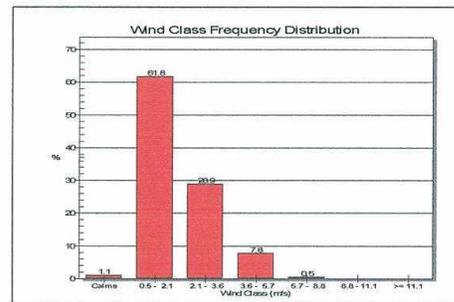
AÑO 2001



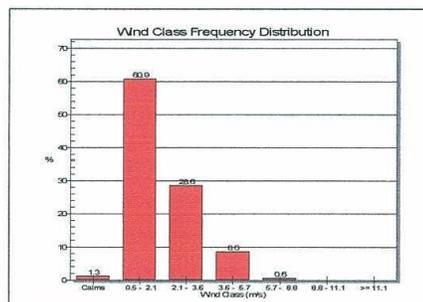
AÑO 2002



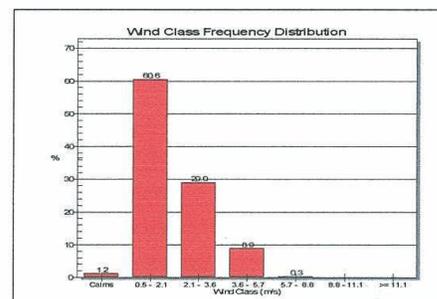
AÑO 2003



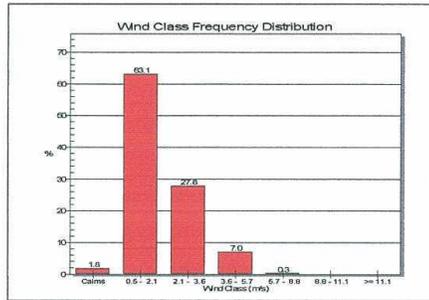
AÑO 2004



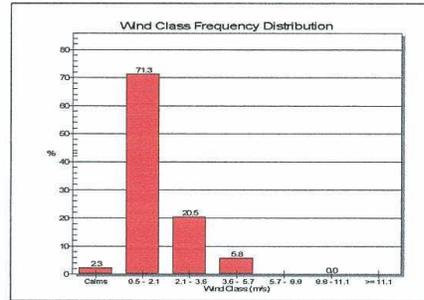
AÑO 2005



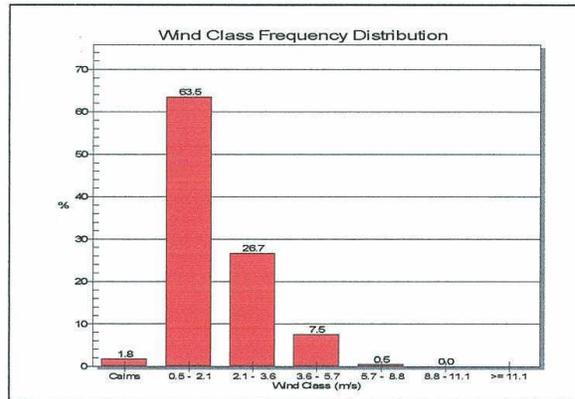
AÑO 2006



AÑO 2007



PROMEDIO 10 AÑOS  
FRECUENCIA DE VELOCIDAD DEL VIENTO  
1998-2007



# ACIDO NITRICO

## HNO<sub>3</sub>

**NOMBRE DE LA EMPRESA: GALVANOQUÍMICA MEXICANA, S.A. DE C. V.**

FECHA DE ELABORACION:

FECHA DE REVISION:

### SECCION I: DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: <b>GALVANOQUÍMICA MEXICANA</b>		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:  TELEFONO: 5574-0374; 5692-5684 FAX: 5564-3282	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE: QUERÉTARO	No. EXT.: NO. 229-201	COLONIA: ROMA	C.P.: 06700
DELEG/MUNICIPIO	LOCALIDAD O POBLACION: <i>CIUDAD DE MÉXICO</i>	ENTIDAD FEDERATIVA: <i>DISTRITO FEDERAL</i>	

### SECCION II: DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1. NOMBRE COMERCIAL <i>ACIDO NITRICO</i>	2. NOMBRE QUIMICO <i>ACIDO NITRICO</i>
3.- PESO MOLECULAR: <i>63.0</i>	4.- FAMILIA QUIMICA <i>ACIDOS</i>
5.- SINONIMOS <i>AQUA FORTIS</i> <i>ACIDO AZOTICO</i> <i>NITRATO DE HIDROGENO</i> <i>HIDROXIDO DE NITRILIO</i>	6.- OTROS DATOS: <i>SUSTANCIA CORROSIVA OXIDANTE</i>

### SECCION III: COMPONENTES RIESGOSOS

1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES <i>H: 1.6 %; N: 22.23 % y O: 76.17 %.</i>	2.- No. CAS <i>7697-37-2</i>	3.- No. DE LA ONU. <i>UN: 2031</i>	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS.
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION en México: <i>CPT (TWA) : 5 mg/m<sup>3</sup> (2 ppm)</i> <i>CCT(STEL): 10 mg/ m<sup>3</sup> (4 ppm)</i>	6.-IDLH/IPVS: <i>100 ppm</i>		
7.- GRADO DE RIESGO:	7.1 SALUD: <b>3</b>	7.2 INFLAMABILIDAD: <b>0</b>	7.3 REACTIVIDAD: <b>1</b>



**SECCION IV: PROPIEDADES FISICAS**

1.- TEMPERATURA DE FUSION (°C) -41.6°C	2.- TEMPERATURA DE EBULLICION (°C) 86°C <i>Forma un azeótropo negativo con agua a 68.8 % en peso, cuyo punto de ebullición es de 122°C.</i>
3.- PRESION DE VAPOR:  <i>51 mm de Hg a 25 °C (fumante. 113 mm de Hg a 38 °C (95-98 %); 6.8 mm de Hg a 20 °C (67 %) y 8-11 mm de Hg a 25 °C (40 %)</i>	4.- DENSIDAD RELATIVA  <i>SÓLIDOS Y LIQUIDOS (AGUA=1.00 a 4 °C): 1.4  GASES Y VAPORES ( AIRE=1.00 a C.N.): 2.2</i>
5.- DENSIDAD RELATIVA DE VAPOR (AIRE = 1.00 a C.N.) :  <i>1.07</i>	6.- SOLUBILIDAD EN AGUA (g/100ml): <i>Completamente Miscible</i>
7.- REACTIVIDAD EN AGUA:	8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLOR: <i>Líquido entre incoloro y amarillo, de olor acre.</i>
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (BUTIL ACETATO = 1):	10.- PUNTO DE INFLAMACION (°C)
11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C):	12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD
13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD (%):  INFERIOR: SUPERIOR:	

**SECCION V: RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION**

1.- MEDIO DE EXTINCIÓN:					
NIEBLA DE AGUA: <b>XX</b>	ESPUMA:	HALON:	CO <sub>2</sub> <b>XX</b>	POLVO QUIMICO SECO: <b>XX</b>	OTROS: <b>Cal sodada</b>
2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO:  <i>Para su manejo debe utilizarse bata y lentes de seguridad y, si es necesario, delantal y guantes de neopreno o Viton ( no usar hule natural, nitrilo, PVA o polietileno). No deben usarse lentes de contacto cuando se utilice este producto.</i>					
3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO: <i>En caso de incendio en el entorno: no utilizar espuma. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.</i>					
4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES: <i>No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con compuestos orgánicos o combustibles.</i>  <i>Reacciona explosivamente con polvos metálicos, carburos, sulfuro de hidrógeno, alcohol y carbón. Incrementa la inflamabilidad de combustibles orgánicos y materiales oxidados, pudiendo causar su ignición. Con agua y vapor, genera calor y humos corrosivos y venenosos. Con agentes reductores poderosos, explota. En general, evite humedad, calor y el contacto con los compuestos mencionados en las propiedades químicas.</i>					
5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION: <i>Puede generar óxidos de nitrógeno, muy tóxicos, cuando se calienta. Genera humos (o gases) tóxicos e irritantes.</i>					



**SECCION VI: DATOS DE REACTIVIDAD**

1.- SUSTANCIA		2.- CONDICIONES A EVITAR:
ESTABLE	INESTABLE	<i>Con agua y vapor, genera calor y humos corrosivos y venenosos. Con agentes reductores poderosos, explota. En general, evite humedad, calor y el contacto con los compuestos mencionados en las propiedades químicas.</i>
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):		
<p><i>Se ha informado de reacciones violentas entre el ácido nítrico y</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Acido y anhídrido acético, acetona, acetonitrilo y alcoholes, por lo que no se recomienda para limpiar material de laboratorio.</i></li> <li>▪ <i>2-aminotiazol, amoniaco, aminas aromáticas, derivados de benzo[b]tiofeno, pentafluoruro de bromo, butanetriol, celulosa, nitruro de cobre, crotonaldehido, ciclohexilamina, fluor, hidracina, hidrocarburos en general, yoduro de hidrógeno, peróxido de hidrógeno, resinas de intercambio iónico, óxido de hierro(II), ácido láctico mas fluoruro de hidrógeno, acetiluros metálicos, salicilatos metálicos, 4-metil-ciclohexanona, nitrobenzeno, nitrometano, hidruros no metálicos, no metales, fenilacetileno, derivados de fosfina, haluros de fósforo, anhídrido ftálico mas ácido sulfúrico, polialquenos, dióxido de azufre, haluros de azufre, tioaldehidos, tiocetonas, tiofeno, triazinas, 2,4,6-trimetiltrioxano, trementina, madera y otros productos celulósicos, especialmente si están finamente divididos.</i></li> <li>▪ <i>Ataca a la mayoría de los metales, excepto platino y oro y, en el caso de aluminio y cromo, los pasiva, presentando un ataque muy leve. Algunos son convertidos a óxidos, como en el caso de arsénico, antimonio y estaño; otros son convertidos a nitratos.</i></li> <li>▪ <i>Es capaz de oxidar a elementos en estado de bajo número de oxidación hasta su mas alto valor, como en el caso de óxidos, sulfuros, etc.</i></li> </ul>		
4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS:		
<i>Reacciona con álcalis, óxidos y sustancias básicas, generando sales. Es un oxidante fuerte, dependiendo de su concentración.</i>		
5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:		6.- CONDICIONES A EVITAR:
PUEDE OCURRIR	NO PUEDE OCURRIR	

**SECCION VII: RIESGOS PARA LA SALUD**

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
1.- INGESTION ACCIDENTAL	<i>Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, shock.</i>	<i>NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante, reposo y proporcionar asistencia médica.</i>
2.- CONTACTO CON LOS OJOS	<i>Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves</i>	<i>Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.</i>
3.- CONTACTO CON LA PIEL	<i>Corrosivo. Quemaduras cutáneas graves, dolor, decoloración amarilla.</i>	<i>Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.</i>
4.- ABSORCION		
5.- INHALACION	<i>Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, pérdida del conocimiento (síntomas no inmediatos: véanse Notas).</i>	<i>Aire limpio, reposo, posición de semincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.</i>
6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA (SEGÚN NORMATIVIDAD DE LA STPS Y SSA):		
STPS SI _____ NO _____ SSA SI _____ NO _____ OTROS. ESPECIFICAR: <i>Se han informado de casos en los que se relaciona a los vapores de este ácido junto con trazas de metales carcinogénicos y asbesto con cáncer de laringe.</i>		



### SECCION VIII: INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:

Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico y eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).

### SECCION IX: EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

#### 1.- ESPECIFICAR TIPO:

- Para su manejo debe utilizarse bata y lentes de seguridad y, si es necesario, delantal y guantes de neopreno o Viton ( no usar hule natural, nitrilo, PVA o polietileno).
- No deben usarse lentes de contacto cuando se utilice este producto.
- Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, siempre utilizar propipetas, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

2.- VENTILACION: Para su manejo debe ser en área muy ventiliadas.

### SECCION X: INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):

### SECCION XI: INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)

### SECCION XII: PRECAUCIONES ESPECIALES

#### 1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases, compuestos orgánicos y alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.

#### 2.- OTRAS:

Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado.  
No transportar con alimentos y piensos.



# CIANURO DE SODIO

## NaCN

**NOMBRE DE LA EMPRESA: GALVANOQUÍMICA MEXICANA, S.A. DE C. V.**

FECHA DE ELABORACION:

FECHA DE REVISION:

### SECCION I: DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA

1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: <b>GALVANOQUÍMICA MEXICANA</b>		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:  TELEFONO: 5574-0374; 5692-5684 FAX: 5564-3282	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE: <i>QUERÉTARO</i>	No. EXT.: <i>NO. 229-201</i>	COLONIA: <i>ROMA</i>	C.P.: <i>06700</i>
DELEG/MUNICIPIO	LOCALIDAD O POBLACION: <i>CIUDAD DE MÉXICO</i>	ENTIDAD FEDERATIVA: <i>DISTRITO FEDERAL</i>	

### SECCION II: DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA

2. NOMBRE COMERCIAL <i>CIANURO DE SODIO</i>	2.- NOMBRE QUIMICO <i>CIANURO DE SODIO</i>
3.- PESO MOLECULAR: <b>49.01</b>	4.- FAMILIA QUIMICA <i>CIANURO INORGÁNICO</i>
5.- SINONIMOS <i>SAL DE SODIO, CIANURO BLANCO.</i>	6.- OTROS DATOS: <i>VENENO MORTAL</i>

### SECCION III: COMPONENTES RIESGOSOS

1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES: <i>Cianuro de Sodio 98 % 143-33-9</i> <i>HCOONa 1 %</i> <i>H2O 0,3 %</i> <i>Na2CO3 0,6 %</i> <i>NaOH 0,1 %</i>	2.- No. CAS:  <i>143-33-9</i>	3.- No. DE LA ONU <i>UN 1689</i>	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS:  <i>NO FIGURA COMO CANCERÍGENO.</i>
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION: <i>PEL de OSHA : 5 mg/m3</i> <i>TLV de ACGIH : C 5 mg/m3</i>	6.-IDLH/IPVS (ppm)		
7.- GRADO DE RIESGO:	7.1 SALUD:3	7.2 INFLAMABILIDAD: 0	7.3 REACTIVIDAD: 2



**SECCION IV: PROPIEDADES FISICAS**

1.- TEMPERATURA DE FUSION (°C): <b>562 °C</b>	2.- TEMPERATURA DE EBULLICION (°C): <b>1497°C</b>
3.- PRESION DE VAPOR,,: <b>0.10 Kpa (800 °C)</b>	4.- DENSIDAD : 1.6 g/cm <sup>3</sup>
5.- DENSIDAD RELATIVA DE VAPOR (AIRE = 1.00 a C.N) <b>N.A.</b>	6.- SOLUBILIDAD EN AGUA : <b>480 gr/lt de solución a 20 °C</b>
7.- REACTIVIDAD EN AGUA:	8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLOR: <b>SÓLIDO Y CRISTAL BLANCO LIGERO OLOR A AMONIACO O ALMENDRAS AMARGAS</b>
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (BUTIL ACETATO = 1):	10.- PUNTO DE INFLAMACION (°C)
11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C):	12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD: <b>N.A.</b>
13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD (%): INFERIOR: SUPERIOR:	

**SECCION V: RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION**

1.- MEDIO DE EXTINCIÓN:					
NIEBLA DE AGUA:	ESPUMA:	HALON:	CO <sub>2</sub>	POLVO QUIMICO SECO: <b>xx</b>	OTROS: <b>CHORRO DE AGUA</b>
2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO: <i>USAR ESCAFANDRA CON AIRE AUTÓNOMO</i>					
3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:					
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ USAR POLVO QUÍMICO SECO PARA FUEGOS.</li> <li>▪ NO USAR EXTINTORES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) YA QUE PUEDEN LIBERAR HCN.</li> <li>▪ NO UTILICE AGUA A MENOS QUE LOS CONTENEDORES SE ENCUENTREN INTACTOS.</li> </ul>					
4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES: <i>NO APLICA, NO ES COMBUSTIBLE.</i>					
5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION: <i>NO APLICA, NO ES COMBUSTIBLE.</i>					



**SECCION VI: DATOS DE RECTIVIDAD**

1.- SUSTANCIA		2.- CONDICIONES A EVITAR:
ESTABLE: <b>XX</b>	INESTABLE	<i>CONTACTO CON ACIDOS Y BASES FUERTES Y CON OXIDANTES. CON FLAMA.</i>
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR): <i>CON ACIDOS OXIDANTES Y ALCALIS.</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>OCURREN REACCIONES QUÍMICAS CUANDO ENTRAN EN CONTACTO CON ÁCIDOS FUERTES O BASES FUERTES. EL CIANURO DE SODIO ES ALTAMENTE CORROSIVO A MUCHOS METALES. REACCIONA VIOLENTAMENTE CON AGENTES OXIDANTES QUE LIBERARÁN GASES TÓXICOS.</i></li> </ul>		
4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS: <i>CON ÁCIDOS REACCIONA PARA LIBERAR ÁCIDO CIANHÍDRICO QUE ES VENENOSO. TAMBIEN PUEDE FORMAR OXIDOS DE NITRÓGENO</i>		
5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:		6.- CONDICIONES A EVITAR:
PUEDE OCURRIR	NO PUEDE OCURRIR: <b>xx</b>	

**SECCION VII: RIESGOS PARA LA SALUD**

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
1.- INGESTION ACCIDENTAL	<i>EL CIANURO INHIBE LA OXIDACIÓN TISULAR PROVOCANDO LA MUERTE POR ASFIXIA QUÍMICA EN MINUTOS.</i>	<i>SI RESPIRA Y ESTA CONSCIENTE, LAVAR LA BOCA CON AGUA. SI ESTA INCONSCIENTE NO DARLE DE BEBER NADA. DAR CARBÓN ACTIVADO (CARBOSORB) Y BUSCAR AYUDA MÉDICA INMEDIATAMENTE.</i>
2.- CONTACTO CON LOS OJOS	<i>EL CIANURO EN FORMA DE POLVO O COMO GAS DE CIANHÍDRICO, ES RÁPIDAMENTE ABSORBIDO POR LOS OJOS Y PUEDE SER LAS VÍA DE SEVERAS IRRITACIONES E INTOXICACIÓN. DEBIDO AL CONTENIDO DE HIDRÓXIDO DE SODIO PUEDE CAUSAR DAÑOS A LOS TEJIDOS SEVEROS Y DOLOROSOS.</i>	<i>EN CASO DE CONTACTO LAVAR ARRIBA Y ABAJO DE LOS PÁRPADOS POR 15 MINUTOS. LLAMAR AL MÉDICO.</i>
3.- CONTACTO CON LA PIEL	<i>ES UN TÓXICO POR ABSORCIÓN DE LA PIEL. EL CONTACTO PROLONGADO O REPETIDO PUEDE CAUSAR ESCOZOR, CARACTERIZADO POR ERUPCIONES MUSCULARES, PAPILARES Y VESICULARES. A TRAVÉS DE LA PIEL SE PUEDE ABSORBER CANTIDADES FATALES DE CIANURO DE SODIO</i>	<i>EN CASO DE CONTACTO LAVAR LA ZONA AFECTADA INMEDIATAMENTE CON ABUNDANTE AGUA. RETIRAR LA ROPA CONTAMINADA. SI LOS SÍNTOMAS DE ENVENENAMIENTO SON EVIDENTES DAR OXÍGENO. LLAMAR AL MÉDICO.</i>
4.- ABSORCION		
5.- INHALACION	<i>EL POLVO O NEBLINA (SOLUCIÓN) PUEDE SER IRRITANTE A LAS VÍAS RESPIRATORIAS Y GARGANTA. EN NACN REACCIONA CON LA HUMEDAD LIBERANDO GAS CIANHÍDRICO.</i>	<i>REMOVER A LA VÍCTIMA AL AIRE FRESCO. SI HAY DIFICULTAD AL RESPIRAR Y LOS SÍNTOMAS DE ENVENENAMIENTO SON EVIDENTES DAR OXÍGENO Y NITRITO DE AMILO Y NO INDUCIR AL VÓMITO. CONTACTAR UN MÉDICO INMEDIATAMENTE.</i>
6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA (SEGÚN NORMATIVIDAD DE LA STPS Y SSA): STPS SI _____ NO <b>XX</b> SSA SI _____ NO <b>XX</b> <b>NOTA PARA EL MÉDICO:</b> LOS ANTIDOTOS SON EL 4DMAP (4 DIMETILAMINAFENOL) Y EL TIOSULFATO DE SODIO AL 25% EN SOLUCION Y NITRATO DE AMILO.		



### SECCION VIII: INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:

- EVACUAR LA ZONA DE PELIGRO.
- CONSULTAR A UN EXPERTO.
- VENTILAR.
- BARRER LA SUSTANCIA DERRAMADA E INTRODUCIRLA EN UN RECIPIENTE SECO, PRECINTABLE Y ETIQUETADO.
- NEUTRALIZAR CUIDADOSAMENTE EL RESIDUO CON SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO.
- ELIMINARLO A CONTINUACIÓN CON AGUA ABUNDANTE.
- NO PERMITIR QUE ESTE PRODUCTO QUÍMICO SE INCORPORE AL AMBIENTE.
- TRAJE DE PROTECCIÓN QUÍMICA, INCLUYENDO EQUIPO AUTÓNOMO DE RESPIRACIÓN.

### SECCION IX: EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

#### 1.- ESPECIFICAR TIPO:

PROTECCION RESPIRATORIA: MASCARILLA MSA 43  
PROTECCIÓN A LAS MANOS: GUANTES DE NEOPRENO  
PROTECCIÓN DE OJOS: LENTES DE SEGURIDAD  
PROTECCIÓN A LOS PIES: BOTAS DE HULE.  
PROTECCIÓN A LA CABEZA: CASCO DE PLÁSTICO DURO  
PROTECCIÓN A LA CARA: CARETA.  
PROTECCIÓN AL CUERPO: MENDIL DE PLÁSTICO  
OTRO EQUIPO DE PROTECCIÓN: RESPIRADOR INDEPENDIENTE.

#### 2.- VENTILACION:

BIEN VENTILADO EL LOCAL

### SECCION X: INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):

ETIQUETA DE TRANSPORTE: AZUL

### SECCION XI: INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)

PARA ELIMINAR EL DESPERDICIO SE DEBE DILUIR Y ALCALINIZAR CON SOSA Y OXIDAR CON HIPOCLORITO DE SODIO, AJUSTAR pH DE 6 A 9 PARA DERRAMAR A LA ALCANTARILLA.

### SECCION XII: PRECAUCIONES ESPECIALES

#### 1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

- SEPARADO DE OXIDANTES FUERTES, ÁCIDOS, ALIMENTOS Y PIENSOS, DIÓXIDO DE CARBONO AGUA O PRODUCTOS QUE CONTIENEN AGUA.
- MANTENER EN LUGAR SECO.
- BIEN CERRADO.
- MANTENER EN LUGAR BIEN VENTILADO.
- ALMACENAR EN ÁREA DE COLOR AZUL.P

#### 2.- OTRAS:



# NIQUEL METÁLICO

## Ni

<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>			
FECHA DE ELABORACION:		FECHA DE REVISION:	
<b>SECCION I: DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA</b>			
1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: <b>GALVANOLYTE. S.A. DE C.V.</b>		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:  TELEFONO: 5761-5244  FAX: 5761-8961	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE: <i>Antonio León y Gama</i>	No. EXT.: <i>64</i>	COLONIA: <i>Obrera</i>	C.P. <i>06800</i>
DELEG/MUNICIPIO	LOCALIDAD O POBLACION: <i>México, D. F.</i>	ENTIDAD FEDERATIVA: <i>México, D. F.</i>	

<b>SECCION II: DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA</b>	
1. NOMBRE COMERCIAL <i>NIQUEL ELECTROLÍTICO</i>	2.- NOMBRE QUIMICO <i>NIQUEL</i>
3.- PESO MOLECULAR <i>58.7</i>	4.- FAMILIA QUIMICA <i>METALES</i>
5.- SINONIMOS <i>NIQUEL PARA FUNDICIÓN</i>	6.- OTROS DATOS

<b>SECCION III: COMPONENTES RIESGOSOS</b>			
1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES <i>100% NIQUEL</i>	2.- No. CAS <i>7440-02-0</i>	3.- No. DE LA ONU	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS: <b><u>CANCERÍGENO</u></b>
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION TLV: 1 mg/m <sup>3</sup> WEL: 0.5 mg/m <sup>3</sup>	6.- IDLH 10 ppm	7.- GRADO DE RIESGO: PELIGRO CLASE D	
		7.1 SALUD	7.2 INFLAMABILIDAD  7.3 REACTIVIDAD





SECCION VII: RIESGOS PARA LA SALUD		
VIAS DE ENTRADA	EVIDENCIA DE TOXICIDAD	RECOMENDACIONES /PRIMEROS AUXILIOS
1.- INGESTION ACCIDENTAL	<i>LA NIOSH CONCLUYE QUE EL NIQUEL Y SUS COMPUESTOS ORGÁNICOS NO SON CANCERÍGENOS CUANDO SE INGIEREN, LA FDA HA AFIRMADO QUE EL NIQUEL ES GENERALMENTE RECONOCIDO TAN SEGURO COMO UN INGREDIENTE DE ALIMENTO DIRECTO AL HUMANO.</i>	<i>NO COMER, NI BEBER, NI FUMAR DURANTE EL TRABAJO</i>
2.- CONTACTO CON LOS OJOS		<i>PARA SU MANEJO SE DEBE USAR GAFAS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD O PROTECCIÓN OCULAR COMBINADA CON LA PROTECCIÓN RESPIRATORIA. EN CASO DE CONTACTO: ENJUAGAR CON AGUA ABUNDANTE DURANTE VARIOS MINUTOS (QUITAR LAS LENTES DE CONTACTO SI PUEDE HACERSE CON FACILIDAD) Y PROPORCIONAR ASISTENCIA MÉDICA</i>
3.- CONTACTO CON LA PIEL	<i>REPETIDO CONTACTO DE LA PIEL CON NIQUEL PUEDE CAUSAR SENSIBILIDAD Y ALERGIA (SALPULLIDO)</i>	<i>PARA SU MANEJO SE DEBE USAR GUANTES PROTECTORES Y TRAJE DE PROTECCIÓN. EN CASO DE CONTACTO: QUITAR LAS ROPAS CONTAMINADAS, ACLARAR Y LAVAR LA PIEL CON AGUA Y JABÓN.</i>
4.- ABSORCION	<i>SE PUEDE ABSORVER A TRAVÉS DE HERIDAS, HA CAUSADO TUMORES (EN ANIMALES) MAS LOS ESTUDIOS NO SUGIEREN QUE EXISTA UN SIGNIFICADO RIESGO PARA HUMANOS.</i>	<i>LAVRA HERIDAS Y ATENCIÓN MÉDICA</i>
5.- INHALACION	<i>EL PROGRAMA NACIONAL DE TOXICOLOGIA HA LISTADO AL NI COMO CANCERIGENO BASADO EN LA PRODUCCION DE TUMORES EN EL SITIO DE LA INYECCION. LA IARC ENCONTRO QUE HABIA UNA INADECUADO EVIDENCIA DE QUE EL Ni TUVIERA EFECTOS CANCERIGENOS A LOS HUMANOS, PERO SI ENCONTRO EVIDENCIA DE QU ES CANCERIGENO A LOS ANIMALES, POR LO QUE LA IARC CONCLUYE DE QUE EL Ni ES UN POSIBLE CANCERÍGENO A LOS HUMANOS. LA INHALACIÓN DEL HUMO DE CORTA DURACIÓN PUEDE ORIGINAR NEUMONITIS. LA EXPOSICIÓN A UNA INHALACIÓN PROLONGADA O REPETIDA PUEDE ORIGINAR ASMA. LOS PULMONES PUEDEN RESULTAR AFECTADOS POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA. LA SUSTANCIA PUEDE AFECTAR A LA CAVIDAD NASAL, DANDO LUGAR A INFLAMACIONES Y ULCERACIONES.</i>	<i>SI AL HACER USO DE LAS OPERACIONES SE GENERA POLVO, NIEBLA O GAS USE VENTILACIÓN PARA MANTENER LA EXPOSICIÓN DEL AIRE DEBAJO DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN, SI NO HAY SUFICIENTE VENTILACIÓN, USE MASCARILLAS APROBADAS POR LA NIOSH: CSA Z94-4-M1982.</i>
6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA (SEGÚN NORMATIVIDAD DE LA STPS Y SSA):		
STPS SI ___XX___ NO _____ SSA SI ___XX___ NO _____ OTROS. ESPECIFICAR		



**SECCION VIII: INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:**

*RECOGER CON ASPIRADOR EL MATERIAL DERRAMADO, BARRER LA SUSTANCIA DERRAMADA E INTRODUCIRLA EN UN RECIPIENTE, RECOGER CUIDADOSAMENTE EL RESIDUO Y TRASLADARLO A CONTINUACIÓN A UN LUGAR SEGURO.*

**SECCION IX: EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL**

1.- ESPECIFICAR TIPO:

*(PROTECCIÓN PERSONAL ADICIONAL: RESPIRADOR DE FILTRO P2 CONTRA PARTÍCULAS NOCIVAS).*

2.- VENTILACION: *VENTILACIÓN SUFICIENTE PARA QUE HAYA AIRE LIMPIO EN EL SITIO O EXTRACCIÓN LOCALIZADA*

**SECCION X: INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):**

**SECCION XI: INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)**

*ESTE MATERIAL NO ES FACILMENTE DEGRADABLE Y NO ESTÁ CLASIFICADO COMO PELIGROSO O DAÑINO PARA EL MEDIO AMBIENTE.*

**SECCION XII: PRECAUCIONES ESPECIALES**

1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

*MANTENER DENTRO DEL CONTENEDOR PROVISTO, Y AMNTENER DICHO CONTENEDOR CERRADO CUANDO NO ESTÉ EN USO, ADEMÁS ÉSTOS DEBERÁN GUARDARSE BAJO TECHO EN UN AMBIENTE LIMPIO Y SECO. SEPARADO DE ÁCIDOS FUERTES*

2.- OTRAS:

*REACCIONA VIOLENTAMENTE EN FORMA DE POLVO, CON EL POLVO DE TITANIO, PERCLORATO POTÁSICO Y OXIDANTES TALES COMO, EL NITRATO AMÓNICO, ORIGINANDO PELIGRO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN. REACCIONA LENTAMENTE CON ÁCIDOS NO OXIDANTES Y MÁS RÁPIDAMENTE CON ÁCIDOS OXIDANTES. GASES Y VAPORES TÓXICOS TALES COMO EL NÍQUEL CARBONILO PUEDEN PRODUCIRSE EN INCENDIOS.*



# ÁCIDO NÍTRICO

## INFORMACIÓN ALIMENTADA PARA EL ACIDO NÍTRICO EN EL MODELO ALOHA:

### SITE DATA:

Location: TLALNEPANTLA-EDOMEX, MEXICO  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.20 (sheltered double storied)  
Time: January 22, 2008 1303 hours ST (using computer's clock)

### CHEMICAL DATA:

Warning: NITRIC ACID, ANHYDROUS can react with water and/or water vapor. This can affect the evaporation rate and downwind dispersion. ALOHA cannot accurately predict the air hazard if this substance comes in contact with water.

Chemical Name: NITRIC ACID, ANHYDROUS  
Molecular Weight: 63.01 g/mol  
ERPG-1: 1 ppm    ERPG-2: 6 ppm    ERPG-3: 78 ppm  
IDLH: 25 ppm  
Ambient Boiling Point: 75.3° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.052 atm  
Ambient Saturation Concentration: 68,091 ppm or 6.81%

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 meters/second from NNW at 10 meters  
Ground Roughness: open country    Cloud Cover: 3 tenths  
Air Temperature: 16.5° C    Stability Class: B  
No Inversion Height    Relative Humidity: 25%

### SOURCE STRENGTH:

**Direct Source: 700 kilograms**    Source Height: 0  
Release Duration: 1 minute  
Release Rate: 11.7 kilograms/sec  
Total Amount Released: 700 kilograms



**RESULTADOS:**

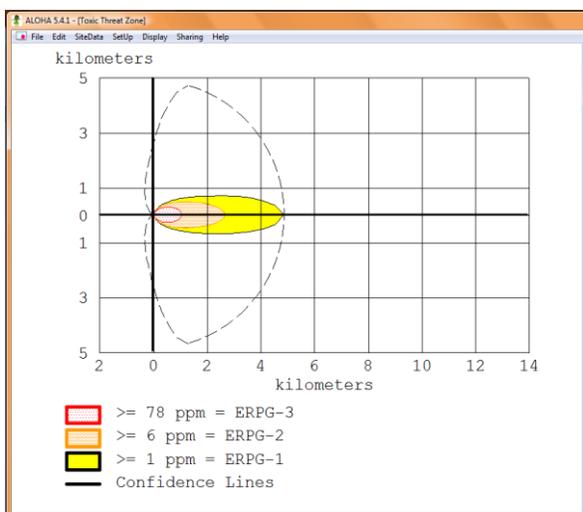
**ZONA DE TRATAMIENTO: ESCENARIO #1 DEFAULT**

Model Run: Heavy Gas

Red : 1.1 kilometers --- (78 ppm = ERPG-3)

Orange: 2.7 kilometers --- (6 ppm = ERPG-2)

Yellow: 4.9 kilometers --- (1 ppm = ERPG-1)



# NÍQUEL CARBONILO

## INFORMACIÓN ALIMENTADA PARA EL NÍQUEL, EN EL MODELO ALOHA:

### SITE DATA:

Location: TLALNEPANTLA-EDOMEX, MEXICO  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.25 (sheltered double storied)  
Time: February 6, 2008 0526 hours ST (using computer's clock)

### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: NICKEL CARBONYL      Molecular Weight: 170.75 g/mol  
TEEL-1: 0.036 ppm    TEEL-2: 0.036 ppm    TEEL-3: 0.16 ppm  
IDLH: 2 ppm      LEL: 20000 ppm  
Carcinogenic risk - see CAMEO  
Normal Boiling Point: 42.8° C  
Note: Not enough chemical data to use Heavy Gas option

### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2 meters/second from NNW at 3 meters  
Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 3 tenths  
Air Temperature: 16.5° C      Stability Class: E  
No Inversion Height      Relative Humidity: 25%

### SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 100 kilograms      Source Height: 1 meters  
Release Duration: 1 minute  
Release Rate: 1.67 kilograms/sec  
Total Amount Released: 100.0 kilograms



**RESULTADOS:**

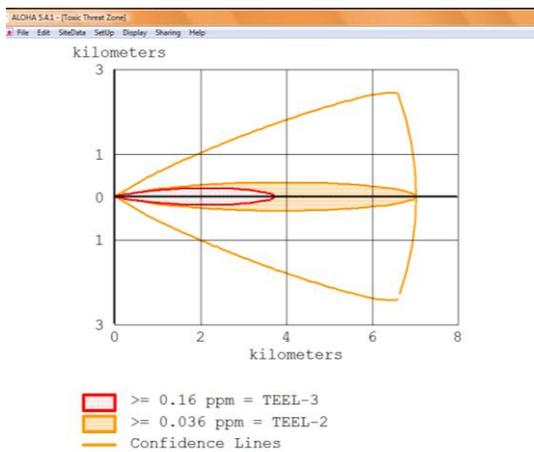
ZONA DE TRATAMIENTO: ESCENARIO #1 POR DEFAULT

Model Run: Gaussian

Red : 3.7 kilometers --- (0.16 ppm = TEEL-3)

Orange: 7.0 kilometers --- (0.036 ppm = TEEL-2)

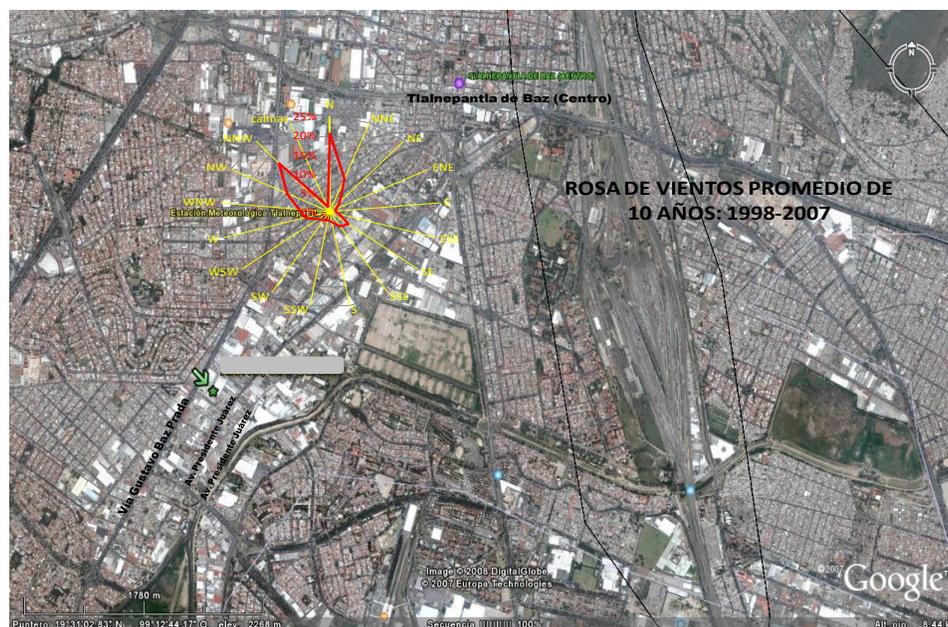
Yellow: 7.0 kilometers --- (0.036 ppm = TEEL-1)



## PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

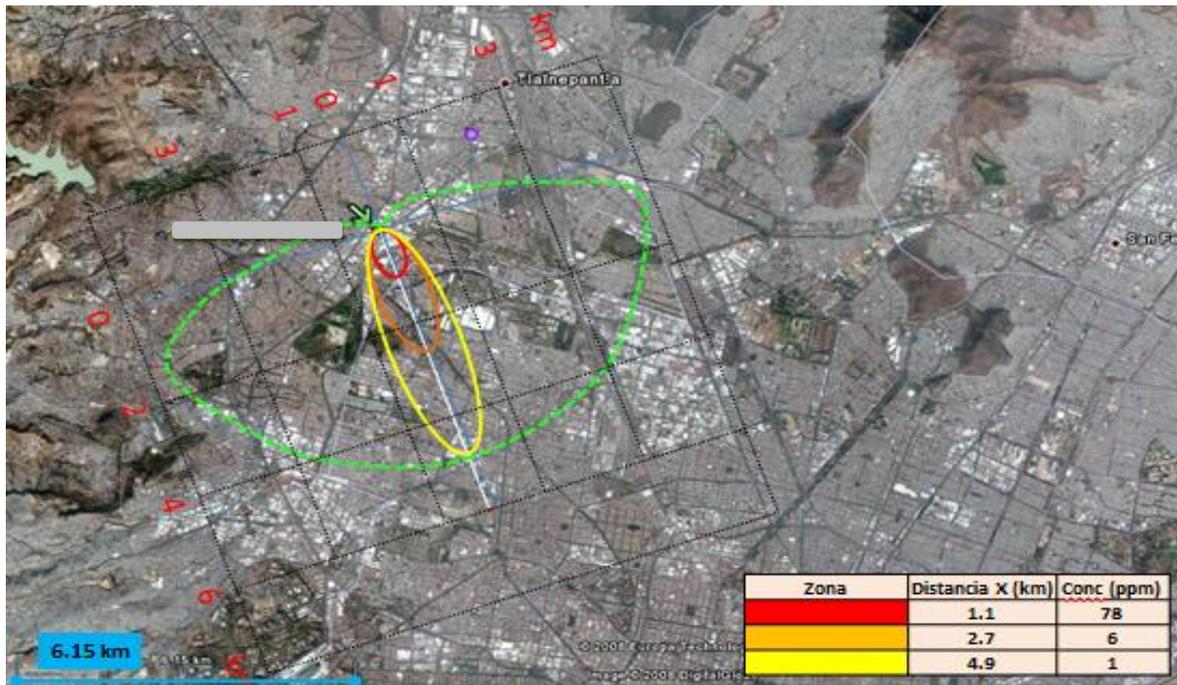


## MAPA DIRECCIÓN DEL VIENTO PREDOMINANTE: NNO Y NO



REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO

**ÁCIDO NÍTRICO**



REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO

## NÍQUEL CARBONILO

