

**DIAGNOSTICO Y FORMULACION DEL PROGRAMA DE PRODUCCION MAS
LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE GALVANOTECNIA EN EL PROCESO DE
CROMADO**

ÁLVARO AUGUSTO ARANGO GARCÉS
Ingeniero Químico
SANDRA MILENA BALLESTEROS SOLANO
Ecóloga
GINA PATRICIA CASAS GOMEZ
Ingeniera Industrial

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACION INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2007**

**DIAGNOSTICO Y FORMULACION DEL PROGRAMA DE PRODUCCION MAS
LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE GALVANOTECNIA EN EL PROCESO DE
CROMADO**

ALVARO ARANGO GARCES
Ingeniero Químico
SANDRA MILENA BALLESTEROS SOLANO
Ecóloga
GINA PATRICIA CASAS GOMEZ
Ingeniera industrial

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental.**

Director.
EDUARDO ALFONSO MORA
Msc. En Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD DE LA SABANA
FACULTAD DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACION INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2007

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C, Febrero 16 2007

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, agradecemos el apoyo y la confianza incondicional necesarios para culminar nuestro postgrado. A High Lights S.A por facilitarnos sus instalaciones e información para llevar a cabo este informe final.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
13	
ESTADO DEL ARTE	
14	
ANTECEDENTES	
17	
JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	
18	
OBJETIVOS	
19	
1. MARCO TEORICO	20
1.1. METODO DE INVESTIGACIÓN	
20	
1.2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)	21
1.3. GENERALIDADES DEL SECTOR	23
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	24
1.5. FUENTES DE CONTAMINACION EN EL SECTOR GALVANICO	28
1.5.1. Descargas líquidas	28
1.5.2. Generación de residuos sólidos	28
1.5.3. Emisiones atmosféricas	29
1.5.4. Contaminación acústica	29

1.5.5. Impactos ambientales y sobre la salud humana	29
2. RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACION	
32	
2.1. INFORMACION DE LA EMPRESA	
32	
2.1.1. Personal	
32	
2.1.2. Área física ocupada	
33	
2.1.3. Situación económica	
33	
2.2. CAPACIDAD INSTALADA	
34	
2.3. MATERIAS PRIMAS	
34	
2.3.1. Rango de producción	
36	
2.4. MAQUINARIA Y EQUIPOS	
38	
2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN HIGH LIGHTS S.A	42
2.6. IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS	
43	
2.7. MANEJO DE SERVICIOS PÚBLICOS Y MATERIA PRIMA	
43	
2.7.1. Agua	
43	
2.7.2. Energía eléctrica	
43	

2.7.3. Productos químicos	44
2.7.4. Manejo y aprovechamiento de residuos	44
2.7.5. Manejo de aguas residuales	52
2.7.6. Manejo de emisiones	55
2.7.7. Uso racional de energía	55
2.7.8. Mantenimiento de equipos	55
2.8. IDENTIFICACION FUENTES DE AGUAS RESIDUALES	56
3. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCION MÁS LIMPIA (PML)	57
3.1. MATRIZ DOFA	57
3.2. MATRIZ MED (DESECHOS GENERADOS EN CADA ETAPA DEL PROCESO)	59
3.3. COSTOS DE INEFICIENCIA	60
3.3.1. INVERSION Y RETORNO	61
3.4. ECOMAPAS	62

3.4.1. ECOMAPA AGUA

62

3.4.2. ECOMAPA ENERGIA

65

3.4.3. ECOMAPA RESIDUOS

68

3.4.4. ECOMAPA RUIDO

71

3.5. ECOBALANCE

74

3.5.1. DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE CROMADO SOBRE HIERRO

74

4. ALTERNATIVAS DE PRODUCCION MÁS LIMPIA

78

4.1. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS. 86

4.1.1. Inversión y retorno

86

4.2. INDICADORES

87

4.3. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVIDAD

88

5. CONCLUSIONES

91

6. RECOMENDACIONES

92

BIBLIOGRAFIA

93

ANEXOS

94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa
32

Figura 2. Adquisición de materias primas. Marzo 2005 – Marzo 2006
36

Figura 3. Producción en decímetros cuadrados. Junio 2004 – Enero 2006 37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de pulido y Brillo

26

Tabla 2. Efectos contaminantes en instalaciones de alcantarillado y aguas
Superficiales

30

Tabla 3. Efectos contaminantes en la salud humana

31

Tabla 4. Costos de producción promedio anuales de la sección de metalizado	34
Tabla 5. Ingresos anuales de la empresa	34
Tabla 6. Consumo de materias primas. Marzo 2005 – Marzo 2006	35
Tabla 7. Producción en decímetros cuadrados. Junio 2004 – Febrero 2006	37
Tabla 8. Descripción de equipos	38
Tabla 9. Equipos empleados en la industria	40
Tabla 10 Manejo y aprovechamiento de residuos	51
Tabla 11. Caracterización de las aguas residuales industriales	53
Tabla 12. Medición de temperatura, pH y caudal	54
Tabla 13. Fuentes de aguas residuales por cada etapa	56
Tabla 14. Matriz DOFA	57
Tabla 15. Matriz MED	59
Tabla 16. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de cromado	86

Tabla 17. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de niquelado

87

Tabla 18. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de cobrizado ácido.

87

Tabla 19. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de cobrizado alcalino.

87

Tabla 20. Indicadores Ambientales

88

Tabla 21. Inversiones en temas de Producción Más Limpia

88

Tabla 22. Estado de cumplimiento de la empresa frente a la normatividad

Vigente

89

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Fichas de Seguridad de productos químicos	94
Anexo B. Normatividad ambiental vigente	
113	
Anexo C. Glosario	
114	

RESUMEN

Los electro-recubrimientos de cromo son uno de los depósitos más utilizados como acabado final. Sin las propiedades físicas ofrecidas por estos, el tiempo de vida de las piezas podría ser mucho menor. Las piezas deberían ser reemplazadas o reparadas de manera mas frecuente, o tendrían que ser fabricadas en materiales mucho mas costos, utilizando recursos valiosos. High Lights fabrica sistemas luminosos y usa recubrimientos de cromo sobre depósitos de níquel para sus piezas de cold rolled y aluminio.

El mejor método de tratamiento de desechos es disminuyendo las pérdidas por arrastre de los baños electrolíticos, y si hay arrastre, devolver la mayor cantidad posible al tanque. Antes de seleccionar un sistema de tratamiento de aguas residuales, se debe considerar un trabajo de ingeniería importante previo al diseño del sistema, especialmente evaluando los conceptos de minimización y recuperación de materiales o recursos desperdiciados para reducir el consumo de químicos en los tanques de proceso, y reducir el uso de químicos para el tratamiento de desechos.

ABSTRACT

Electroplated chromium deposits rank among the most important plated metals and used almost exclusively as the final deposit on parts. Without the physical properties offered by electroplated chromium deposits, the service life of most parts would be much shorter due to wear, corrosion and the like. Parts would have to be replaced or repaired more frequently, or they would have to be made from more expensive materials, thus wasting valuable resources. High Lights manufacturers of luminous systems use chromium exclusively plated over a nickel electrodeposits which can be plated over substrates such as Cold Roled and aluminum.

The best waste treatment method is not to drag out any plating solution from the tank and, if it is, return as much as possible back to the tank. Before selecting a conventional waste-water treatment system, a considerable amount of engineering work should be completed prior to system design, especially evaluate resource recovery waste minimization concepts to reduce process chemical consumption, and to reduce treatment chemical usage.

INTRODUCCIÓN

La producción mas limpia es una estrategia preventiva e integral aplicada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. Por lo que se refiere a los procesos, la producción mas limpia incluye el uso eficiente de materias primas y energía, además de la reducción de contaminantes en la fuente. Se realizará un diagnostico y formulación de un programa de PML. (Producción mas limpia) teniendo como objeto de estudio la empresa High Lights, específicamente del proceso de cromado de lámparas y piezas para sistemas luminosos fabricados en aluminio y cold rol; centrándose en la reducción de los efectos negativos al ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, durante el proceso de electro-recubrimiento.

El cromado es una técnica que consiste en la electro deposición controlada de un recubrimiento de cromo sobre una superficie metálica o plástica con el fin de mejorar las propiedades físicas y químicas de las mismas; entre estas propiedades las más importantes son la resistencia a la corrosión y el acabado decorativo. Otro uso importante de los recubrimientos de cromo es el llamado cromo funcional o cromo duro, en el cual se depositan capas de cromo metálico extremadamente duras y resistentes a la corrosión. Este proceso, es utilizado especialmente para piezas que van a estar sometidas a constante fricción como los rodillos de las imprentas¹.

El proceso del cromado esta conformado por tres etapas: 1. *Preparación mecánica de la superficie, donde se pule y brilla la pieza*; 2. *Preparación química de las superficies, es la etapa de limpieza, aquí se retiran grasas aceites y partículas sólidas*, 3. *Electro-recubrimiento donde se procede a depositar capas de cobre, níquel y cromo*. Entre cada etapa se encuentran sistemas de recuperación y enjuague con agua limpia tomada del acueducto.

En materia ambiental la normatividad existente en Colombia es amplia, en Bogotá el Departamento Administrativo del Medio Ambiente – DAMA- es la entidad encargada de hacer cumplir la norma ambiental. El DAMA y los industriales del sector galvanico de la capital, firmaron un convenio en el que ambas partes se

¹ Zinder, Donald. METAL FINISHING, Decorative Chromiun plating. 1994.

comprometen a buscar alternativas que sean técnica y económicamente viables que permitan disminuir los diferentes impactos que tiene esta actividad en el ambiente.

ESTADO DEL ARTE

Las empresas de galvanotecnia están agrupadas bajo el sector de industrias dedicadas a la fabricación de productos metálicos, con excepción de maquinaria y equipo; incluye un gran número de empresas dedicadas a prestar el servicio de zincado, cromado, niquelado, cobrizado, plateado, y dorado, entre otros.

En su informe de Julio de 2005, el programa **“Cómo Vamos en Medio Ambiente”** promovido por la Alcaldía Mayor de Bogotá, presentó su evaluación sobre el avance de la ciudad en materia ambiental desde el punto de vista del desempeño de indicadores relativos a la calidad del aire y del agua, la disponibilidad de zonas verdes y la atención a la población expuesta a altos niveles de contaminación. El progreso en cada uno de los indicadores es modesto para el cuatrienio 2004-2008: 14.7% de avance en el logro de metas de calidad del aire, 2.8% en materia de siembra de árboles por hectárea, 3.8% en el diseño de un plan sostenible de manejo ambiental y ningún progreso en atención a la población sometida a altas tasas de contaminación. Al contrario, los indicadores son más auspiciosos con relación al mejoramiento de la calidad del agua: las mediciones sobre la demanda biológica de oxígeno (DBO5), y los sólidos suspendidos totales (SST) mostraron mejorías del 19.6% y 16% respectivamente².

Los riesgos de una gestión ambiental deficiente son evidentes y comprometen la viabilidad futura de la ciudad. Se requiere de atención urgente por parte de las autoridades locales y de la ciudadanía para hacer de la capital un lugar sostenible y atractivo desde el punto de vista ambiental. Es claro que se necesita una autoridad ambiental fuerte y mejores criterios para definir políticas públicas adecuadas. El gobierno local debe liderar acciones claras que permitan alcanzar condiciones ambientales capaces de sostener un gran desarrollo futuro con calidad de vida para los bogotanos.

² Artículos CCRE Bogotá D.C. Colombia

El Observatorio de Competitividad de la Cámara de Comercio de Bogotá (abril 2005), muestra que los “Pactos Empresariales para una Producción Limpia” han permitido la suscripción de acuerdos para la apropiación de técnicas productivas que no atenten contra la preservación del medio ambiente de la ciudad en los sectores galvanico, cárnico, textilero y en las plazas de mercado. El programa “Bogotá Cómo Vamos” muestra que 420 empresas bogotanas mejoraron su desempeño ambiental en 2004³.

La gestión ambiental desarrollada con el sector galvanico a través de la firma del Convenio de Producción más Limpia con el DAMA, ha logrado vincular a 117 empresarios de aproximadamente 500 empresas dedicadas a actividades de recubrimientos metálicos sobre superficies metálicas y plásticas. Siendo el recurso hídrico directamente afectado, con cargas contaminantes de metales pesados (cromo, níquel, cadmio, plomo, zinc), cianuros y pH.

Las actividades planificadas y estructuradas en el marco del Convenio de Producción más Limpia están enfocadas a prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales y generar un esquema de desarrollo en materia productiva y de competitividad.

Este trabajo conjunto entre el empresario y el DAMA a través de la Ventanilla Ambiental Acercar-Industria, y los esfuerzos sumados con los empresarios más adelantados en materia de implementación y buenas prácticas operativas, logró un cambio en la dinámica de la actividad galvanica y permitió que estos empresarios incorporaran la variable ambiental de manera voluntaria en sus actividades diarias. Los resultados se ven con la regularización ambiental de cada uno de los firmantes; hoy cuentan con separación de redes, caja de aforo externa, y sistemas de tratamiento para aguas residuales industriales.

En producción más limpia se ha logrado:

1. Un ahorro de agua aproximado del 50% en los caudales de consumo semanal. Las prácticas implementadas permiten la recirculación de aguas tratadas, uso de aguas lluvias, eliminación de goteos por arrastre, enjuagues en cascada y en contracorriente.

³ Idem

2. Disminución cercana al 30% en el consumo de materias primas por la utilización de enjuagues recuperadores (concentrador) en la práctica de cascadas.
3. Un ahorro significativo cercano a un 20% en el consumo de energía eléctrica, por el cambio de centrífugas eléctricas a gas y la implementación de líneas conductoras (cables y platinas) eficientes⁴.

En el tema jurídico se han otorgado más de seis permisos de vertimientos y existen más de 15 casos en revisión. Además, la autoridad ambiental –DAMA- con el apoyo de la Empresa de Acueducto de Bogotá ha llevado a cabo el seguimiento a cada una de las empresas y se han encontrado caracterizaciones hechas por laboratorios acreditados ante el IDEAM, que se convierten en evidencia del cumplimiento de estos empresarios del convenio firmado con el Distrito.

⁴ Centro Nacional de Producción Mas Limpia y Tecnologías Ambientales.

ANTECEDENTES

HIGH LIGHTS fue fundada hace 16 años con la asociación del señor Luis Alberto Clavijo, actual Gerente de Producción y el empresario alemán Donald Kirschberg actual Gerente Administrativo, quienes empezaron fabricando sistemas de iluminación (Krokos y tayas), en ese entonces la producción se limitaba a realizar piezas en tornos y taladros, y los acabados eran realizados por otras empresas por subcontratación. Posteriormente se crea su razón social como High Lights S.A., con la incursión de nuevos socios del país y otros inversionistas en el extranjero.

En sus inicios la planta metalmecánica se encontraba ubicada en la Calle 5C con Carrera 24 (actual planta de galvanotecnia) y 4 años después se crea la planta de galvanotecnia en la Calle 6 con Carrera 34, pero debido a la gran demanda y crecimiento de la empresa hace 9 años se realizó la reorganización actual de sus plantas así: la planta metalmecánica se reubicó en el Barrio Galán en la Carrera 54 con Calle 2ª, en donde se encuentran las secciones de Matricería, Metalistería, Inyección y Fundición, Mecanizados, Ensamble y Pintura, y la planta de galvanotecnia se reubicó en la Calle 5 con carrera 24, antigua planta metalmecánica.

La empresa se ha ido proyectando y creciendo en sus sistemas y procesos, ampliando su gama de productos y servicios tal que en la actualidad se tienen aproximadamente 1000 referencias diferentes disponibles al mercado siendo la empresa líder en sistemas de iluminación y cielos rasos en Colombia y además logrando extender sus mercados a Estados Unidos, Venezuela, Ecuador, Panamá y Costa Rica. La empresa no solo se ha posicionado satisfactoriamente en todos los anteriores mercados con la venta de sus productos sino que además ofrece asesoría profesional, despacho e instalación y el servicio de mantenimiento y reposición de sus sistemas vendidos con total garantía de calidad.

En este documento se propondrá el programa de Producción más Limpia (PML) por ser este un novedoso factor de competitividad y un diseño empresarial eco eficiente que se traduce en ahorros energéticos, aprovechamiento máximo de los recursos, reciclaje, re uso de insumos y minimización de desechos.

JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Los procesos asociados a tratamientos de superficie, como es el caso del cromado, constituyen una enorme fuente de contaminación si son comparados con otros procesos productivos. La naturaleza toxica de los productos químicos utilizados en dicho tratamiento y muchas veces en recubrimiento, (Anexo 1. fichas de seguridad) reflejan la potencialidad contaminante de las descargas líquidas, de los sólidos generados y de las emisiones atmosféricas producidas. Se debe tener en cuenta que el cromado es un proceso de baja eficiencia, generalmente entre el 10% y 20%⁵, lo anterior indica que sólo una pequeña cantidad de las materias primas utilizadas son depositadas sobre la pieza. *“De esta manera, por ejemplo, hasta un 90% de las materias primas pueden ser descargadas al ambiente, a través de los residuos líquidos”*⁶.

⁵ Schlesinger, Moerdechay. Modern electroplating. 2000.

⁶ proyecto Generación de Capacidades Nacionales en Tecnologías Aplicables a Residuos Industriales Líquidos, 2000

Es necesario recalcar la importancia del ciclo de vida de los productos utilizados en el proceso del cromado para alcanzar una solución a los problemas ambientales causados por este tipo de industria.

El programa de producción mas limpia se enfoca al potencial de ahorros directos en el mismo proceso de producción y a los ahorros indirectos por eliminación de costos asociados con el tratamiento y la disposición final de residuos; como método para hacer un uso eficiente de las materias primas y energía, y reducir la descarga de contaminantes desde la fuente, al menor costo y de la manera mas eficiente, con periodos de recuperación a corto plazo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Formular un programa con alternativas de Producción más Limpia (PML) a partir de un diagnostico, aplicando herramientas como: Matriz DOFA, Eco mapas, Eco balances, Matriz MED y Costos de Ineficiencia para la industria High Lights S.A, en el proceso de cromado, con el fin de mejorar el desempeño ambiental y productivo de la compañía.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Descripción del proceso de cromado
- Recopilar información detallada sobre el proceso de revestimiento con cromo.
- Diagnosticar el proceso de cromado a partir de la aplicación de herramientas de PML como: Matriz DOFA, Eco mapas, Eco balances, Matriz MED y Costos de Ineficiencia.
- Determinar índice de consumo de agua, energía y residuos por producto terminado para el proceso de cromado.
- Determinar áreas críticas en el proceso de cromado, según las herramientas de PML usadas.
- Plantear alternativas de Producción mas limpia en cada una de las áreas catalogadas como criticas.
- Realizar la evaluación técnico- económica de las alternativas planteadas.
- Definir alternativas aplicables después de la evaluación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. METODO DE INVESTIGACIÓN

La metodología empleada es de tipo experimental y práctica, que permite hacer una aproximación global a las situaciones productivas del sector Galvánico para explorarlas, describirlas y comprenderlas, es decir a partir de los conocimientos particulares y concretos que tienen las diferentes personas involucradas en ellos. Este método investigativo se utilizará la técnica de observación, medición y caracterización manteniendo una relación entre el investigador y el objeto de estudio.

Se toma como centro de estudio la empresa High Lights siguiendo un estudio procesal en tres fases:

Fase I

Se realiza una consecución de la información sobre el manejo actual de la planta de electro recubrimientos. Esta etapa se llevó acabo a partir de:

- ❖ Reconocimiento del área de estudio, a partir de un recorrido por todas las instalaciones de la empresa.
- ❖ Identificación de las principales actividades y fuentes de generación de residuos, mediante la técnica de la observación y registros fotográficos.
- ❖ Identificación de los aspectos que no manifiestan aceptación de acuerdo con la normatividad ambiental y sanitaria vigente en la industria de galvanotecnia comprobando lo observado con lo expuesto en las normas legales.
- ❖ Obtención de información secundaria a través de recolección y análisis de los archivos de información existente, especialmente los reportes que generalmente realiza el DAMA.

- ❖ Análisis de la información recogida en las anteriores actividades, de la que se formulará un reporte del estado actual de La Empresa High Lights, generando así el inicio a una base de datos.

Fase II

Se apreciaron detalladamente los procesos relacionados con el cromado de superficies.

Esto involucro:

- ❖ Referenciar los sitios de generación de residuos mediante ecomapas
- ❖ Caracterización tanto cualitativa como cuantitativa de los residuos generados en las diferentes secciones de la industria.

Fase III

Análisis de los resultados de las primeras dos fases.

- ❖ Análisis estadísticos de las cantidades de sustancias utilizadas para la actividad de cromado, teniendo en cuenta las eficiencias reales y teóricas del proceso.
- ❖ Balances de masa y energía de cada una de las actividades del proceso

1.2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

Producción Más Limpia es una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, en pro del bien social, sanitario, ambiental y la seguridad. Al considerar obsoletas las prácticas de coleccionar y tratar los residuos "al final del tubo", plantea un enfoque diferente de la gestión ambiental, aplicable a todos los sectores de la producción y los servicios,

que contribuye a mejorar el desempeño ambiental de las empresas y a encaminar su gestión hacia la sostenibilidad, a partir de un incremento de la eficiencia y competitividad, la optimización del uso de los recursos naturales, tecnológicos, financieros y humanos y la disminución de los costos de producción y de manejo de residuales.⁷

Los beneficios de la aplicación de la producción más Limpia para la competitividad de las empresas se muestran por un lado en el ahorro de los costos relacionados con los insumos de producción como son la materia prima, la energía, el agua y por otro lado en el ahorro de los costos para el manejo y tratamiento de los residuos, emisiones y vertimientos.

Además, El Programa de PML, trae consigo los siguientes beneficios para la empresa:

- Mejora la Competitividad.
- Garantiza la continuidad de la actividad productiva.
- Mejora la eficiencia de los procesos productivos y servicios.
- Ayuda al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente (Anexo 2).
- Garantiza al mejoramiento continuo de la Gestión Ambiental.
- Mejora la imagen pública.
- Previene conflictos por la aplicación de instrumentos jurídicos.
- Disminuye inversiones en sistemas de control al final del proceso.
- Genera ahorros en el uso de insumos, agua y energía por unidad producida.
- El cambio de prácticas privilegia el autocontrol, la seguridad y reduce riesgos en la salud de los empleados y la población⁸.

⁷ Carmen C. Ferry Berro. Producción más limpia, una estrategia necesaria. La Habana (Cuba).2001

⁸ Modificado de: Memorias diplomado de Producción Más limpia. Universidad de la Sabana. 2003

Un programa de PML se basa en herramientas que apoyan las estrategias y sistemas ambientales de las empresas, definidas como un instrumento que permite conocer el estado ambiental de un proceso o producto. A continuación se describirán los grupos de herramientas que serán aplicadas en este proyecto:

Eco mapas: El eco mapa es una herramienta que se fundamenta en la recolección de información, no sólo de la ubicación de los diferentes focos que puedan generar contaminación, sino también de aquellos sectores que estén ubicados en puntos de alto riesgo de contaminación.

Matriz MED: Materiales, Energía y Desechos, tiene como función principal determinar la relación directa de los efectos generados por los diferentes impactos ambientales con miras a prevenirlos y minimizarlos, y obtener así como resultado un proceso productivo más limpio controlando los diferentes efectos. La matriz MED incluye en el eje vertical las áreas del ciclo de vida del producto, mientras que en el eje horizontal, los efectos ambientales que se generan. El análisis de los problemas se simplifica en tres áreas principalmente: el ciclo de Material (entradas/salidas), y el uso de Energía.

Eco balances: El eco balance es un método estructurado para reportar los flujos hacia el interior y el exterior, de recursos, materia prima, energía, productos, subproductos y residuos que ocurren en una organización en particular y durante un cierto período de tiempo. La función principal del eco balance, es acopiar y organizar datos para evaluar estrategias de prevención de la contaminación, reducción de costos y administración ambiental y financiera y por otro lado, permite identificar las áreas del proceso productivo que requieren de intervención para mejorar el desempeño ambiental.

Costos de ineficiencia Son los costos asociados a la ineficiencia en el ciclo productivo, como lo son: costo materia prima perdida, costos de hora maquina perdida, costos de manejo de desperdicios y costos de impuestos ambientales.

1.3. GENERALIDADES DEL SECTOR

El sector galvánico comprende todos aquellos recubrimientos vía electrolítica sobre diferentes superficies con fines decorativos y de protección contra la corrosión, dadas las propiedades que presentan estas películas entre las cuales se destacan; la dureza, uniformidad, estabilidad y buen aspecto⁹.

A nivel industrial el Sector Galvánico hace parte de la Cadena Productiva Metalmeccánica aportando bienes de consumo intermedio y bienes de capital, entendidos como artículos utilizados inmediatamente por el usuario final o para ser incorporados en la fabricación de otros bienes y en artículos que directa o indirectamente contribuyen a la producción de maquinaria y equipos respectivamente¹⁰.

En Bogotá existen aproximadamente 425 empresas dedicadas a la industria del tratamiento de superficies, de las cuales 180 son firmantes del convenio DAMA – Sector Galvánico las mas de 200 empresas restantes no han firmado el convenio y en su mayoría no están constituidas legalmente y trabajan de manera informal.¹¹

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El cromado es un proceso electroquímico por el cual se deposita una capa fina del metal cromo sobre una base generalmente metálica. Los objetos se croman con la finalidad de modificar sus propiedades, las cuales pueden estar asociadas a motivos decorativos o funcionales dentro de los cuales encontramos: resistencia a la corrosión, al ataque de sustancias químicas, a la fricción y al rayado, mejoramiento de las propiedades eléctricas o mecánicas, para obtener una superficie dura o un acabado atractivo, entre otras.

Son productos típicos de cromado:

- Los accesorios para baños (grifería).
- Los rodillos para imprentas.

⁹ MINISTERIO DEL AMBIENTE, FUNDES. Guía de las buenas practicas para el sector galvanotecnica. Bogotá, p.5.

¹⁰ Ibid., p. 5

¹¹ ACERCAR; 2003

- Los accesorios cromados de automóvil.
- Equipo quirúrgico.
- Partes para maquinaria industrial.

En galvanotecnia se consideran dos tipos de procesos: la galvanoplastia y la galvanostegia. El primero se refiere al proceso en que los recubrimientos metálicos se hacen sobre las superficies de materiales no conductores; mientras que en el segundo, la galvanotecnia, los recubrimientos siempre se realizan sobre elementos metálicos.

La galvanostegia puede ser de dos categorías, catódica o anódica, según que la pieza sea colocada para su tratamiento en el terminal catódico o en el anódico

La galvanostegia catódica tiene tres objetivos fundamentales: ejercer protección contra la corrosión, dar buen aspecto, cambiar alguna propiedad superficial como dar mayor dureza, mejorar la conductividad, ejercer lubricación.

La galvanostegia anódica conocida comúnmente como anodizado, implica la formación de películas de óxido del mismo metal para que aísle y proteja las piezas metálicas.

En general, los talleres galvano-técnicos se pueden clasificar en dos categorías: talleres de servicios, talleres integrados. Los talleres de servicio a su vez se dividen en talleres de pulido y brillo y talleres de acabado.

Los talleres de pulido y brillo se encargan de convertir las superficies de las piezas metálicas rugosas en brillantes mediante un tratamiento mecánico. La operación de un taller de pulido y brillo consta de varias etapas, en las cuales la rugosidad es eliminada paulatinamente por la acción abrasiva de discos elaborados con diferentes materiales.

Todos los procedimientos conllevan cierto número de operaciones en las que se utiliza gran cantidad de sustancias químicas, produciendo descarga de desechos tanto al agua como al aire y al suelo.

Taller de Pulido y brillo

Los diferentes tipos de pulidos son:

Pulido y brillo mecánico: el cual se realiza en varias etapas, en donde la rugosidad es eliminada paulatinamente por la acción abrasiva de discos elaborados con diferentes materiales.

Pulido electrolítico: La superficie pulida y brillada mecánicamente, puede ser sometida a un pulido electrolítico utilizando como ánodo la pieza y como electrolito una mezcla de ácido sulfúrico (40%), ácido fosfórico (40%), glicerina y agua en proporciones que dependen del metal base de la pieza. Con este procedimiento se obtiene brillo al espejo.

Un taller típico de pulido y brillo implica las siguientes etapas:

- Preparación de discos abrasivos: En la cual se emplean óxidos metálicos de diferente tamaño de partícula y adhesivos.
- Desbastado de la pieza: En la cual se eliminan las partes rugosas para obtener una superficie más lisa.
- Pulido: se utilizan pastas pulidoras para lograra una superficie definitivamente lisa y uniforme por todo el contorno.
- Brillado

El proceso de pulido y brillo que se lleva a cabo en este sector se observar en la tabla 1.

Tabla 1. Proceso de Pulido y Brillo

ACTIVIDAD	MATERIAS PRIMAS	RESIDUOS GENERADOS
1. Preparación de discos abrasivos	Óxidos metálicos de diverso tamaño de partícula, adhesivos, carburo de silicio.	Partículas finas de óxidos metálicos, partículas de cueros, fibras textiles poliméricas.
2. Elaboración de discos	Adhesivos	Fibras al aire, vapores de solvente
3. Desbastado	Piezas, cuero, budana, felpa, tela	Ruido, partículas metálicas, residuos abrasivos
4. Pulido	Pastas pulidoras, papel	Ruido, partículas metálicas, residuos abrasivos
5. Brillado	Energía eléctrica	Ruido, partículas metálicas, residuos abrasivos

Fuente. Ministerio del Ambiente, FUNDES

Talleres de servicio de acabado

Las operaciones típicas de un taller de servicio de acabado son:

- **Preparación** de la superficie: La superficie pulida y brillada mecánicamente puede ser sometida a un pulido electrolítico utilizando como ánodo la pieza y como electrolito una solución ácida. Las proporciones dependen del material base de la pieza a tratar.
- **Desengrase:** Esta operación se realiza para quitar los restos de grasa, aceites o suciedades que existen en las piezas producto de las operaciones de corte y pulido, se efectúa electrolíticamente o por inmersión de las piezas en soluciones alcalinas, ácidas o solventes orgánicos. Estas operaciones se llevan a cabo a temperaturas que oscilan entre los 30 y 60 °C. Las características del desengrasante, así como su forma de aplicación dependen del material base de la pieza.
- **Enjuague:** Entre cada una de las etapas es necesario realizar un enjuague con agua limpia, bien sea por inmersión o por aspersion para remover las trazas de soluciones que quedan adheridas a la pieza y de esta manera no contaminar los baños de la etapa posterior.

En general, durante el cromado es necesario hacer un muy buen enjuague entre las diferentes etapas del proceso. Por ejemplo, una vez la pieza sale del desengrase alcalino se requiere enjuagar con agua potable antes de entrar a la activación ácida, ya que de otra forma este último baño se neutralizará. Enjuagues deficientes pueden traer problemas como: contaminación de los baños

electrolíticos (Cu, Ni, Cr); precipitación de las sales y manchas sobre las piezas¹². En definitiva, es necesario garantizar la dilución de la película adherida a la pieza para evitar problemas en las etapas siguientes del cromado.

Los tipos de enjuagues más conocidos son del tipo continuo y cada uno con descarga independiente al desagüe, es decir, el agua utilizada en cada tanque entra y sale de forma independiente.

Existen otro tipo de enjuagues cuya principal diferencia con los vistos es su disposición o sea la configuración y ubicación entre cada etapa del proceso, buscando minimizar la cantidad de agua vertida al alcantarillado se utiliza un sistema de enjuagues en continuo y contracorriente, de esta manera el agua que se encuentra en el último enjuague alimenta al penúltimo y este al antepenúltimo; aquí el ahorro de agua y la buena calidad del enjuague son considerables.

- **Decapado:** Su objetivo es eliminar las capas de óxido formadas en la superficie de las piezas metálicas debido al contacto entre estas y la atmósfera. El decapado se realiza sumergiendo las piezas en una solución que puede ser ácida o alcalina según la calidad y tipo de la superficie; normalmente se utilizan ácidos diluidos (<20%) con pequeñas cantidades de inhibidores de la corrosión que permitan hacer un ataque controlado sin dañar la pieza, los ácidos comúnmente utilizados son: sulfúrico, nítrico o clorhídrico. La remoción de los óxidos origina lodos que se acumulan en los tanques de decapado.

- **Neutralización:** Se realiza con sales alcalinas, después del decapado y del enjuague para eliminar los restos de ácidos que pueden pasivar la pieza o recubrir debido a la formación de hidrógeno nascente y a cambios en el pH de las soluciones de metalizado.

- **Electrolisis:** La pieza es colocada como ánodo o como cátodo dependiendo del tipo de proceso, conectada a un rectificador o generador de corriente y sumergida en el electrolito que contiene en solución los iones metálicos que se han de depositar sobre su superficie. La temperatura del electrolito, la densidad de corriente, la agitación, la concentración de los iones metálicos, el tipo y concentración de los aniones y/o aditivos, el pH, el tipo y la concentración de aditivos específicos para conseguir las propiedades del recubrimiento deseadas etc. son condiciones de operación que dependen del metal base y del metal a depositar. Previo a este proceso electrolítico

¹² Metal Finishing 2003, Chemical Surface Preparation.

se efectúa el enganche de las piezas en bastidores diseñados para tal efecto. La preparación de la ganchera merece alguna consideración por cuanto se realiza manualmente fundiendo el aislante plástico previamente calentado sobre la ganchera. La mayoría de operaciones de trasiego de gancheras entre los diferentes tanques se realiza manualmente, lo que ocasiona altas pérdidas por goteo sobre pisos.

- **Secado:** Puede permitirse el secado al ambiente o realizarse utilizando aire caliente

1.5. FUENTES DE CONTAMINACION EN EL SECTOR GALVANICO

Los residuos generados en este tipo de industria se consideran potencialmente contaminantes por sus características, en los que se encuentran principalmente metales pesados tales como zinc, níquel, cromo hexavalente, cobre, cadmio, y plomo los cuales son considerados, como inhibidores de tratamientos biológicos de residuos líquidos y dañinos para la salud y el ambiente.

1.5.1. Descargas líquidas

El proceso de cromado incluye actividades que involucra el consumo de agua, principalmente en los baños de electro depósito y en las etapas de lavado y enjuague. Las aguas residuales generadas, pueden presentar características ácidas o básicas según su origen, además, presentan alto contenido de sólidos en suspensión, sustancias tóxicas disueltas y grasa proveniente de los baños de desengrase. La descarga no controlada de este tipo de residuos produce contaminación de suelos y aguas subterráneas. Los principales compuestos disueltos que merecen atención para su control son: cromo hexavalente, cobre, níquel, sodio y cianuros¹³.

Se produce contaminación de suelos debido a descargas no controladas de residuos líquidos en planta y aguas subterráneas.

1.5.2. Generación de residuos sólidos

¹³ ACERCAR. Planes de acción para mejoramiento ambiental-galvanotecnia- manual para empresarios de la PYME. 1999

Se producen lodos con contenido de tóxicos: metales pesados, y sales cianuradas, etc. especialmente en las etapas de desengrase y decapado. En la etapa de preparación de la superficie por abrasión se produce polvo y partículas metálicas.

En menor proporción y con menor impacto ambiental encontramos los recortes de metal, los alambres de amarre, el cartón y trozos de tela los cuales pueden ser reciclados o reutilizados.

1.5.3. Emisiones atmosféricas

Las emisiones al aire o atmósfera se producen en las diferentes etapas del proceso y dependen de la naturaleza de éste. Ejemplos de lo anterior lo constituyen las neblinas, las cuales son producidas por los baños en tanques abiertos (especialmente en los baños de decapado ácido); estas neblinas no implican necesariamente una contaminación del ambiente externo, pero sí afectan el ambiente interno desde el punto de vista de salud ocupacional. Por otra parte, en la preparación mecánica, se produce la emisión de partículas de polvo metálico, en las reacciones electroquímicas se producen gases y en los procesos de combustión que se emplean para generar la energía para el calentamiento de los baños y para la producción del vapor se presentan humos. Una vez el baño de cromo está en funcionamiento aproximadamente un 30% del trióxido de cromo (materia prima) se pierde por efervescencia¹⁴

1.5.4. Contaminación acústica

No es un problema relevante en este tipo de industrias. Sin embargo, es notorio en las etapas de pulido y brillo, debido a que estas se adelantan mediante la acción abrasiva de discos elaborados en diferentes materiales

1.5.5. Impactos ambientales y sobre la salud humana

Los procesos desarrollados en este tipo de industria aportan al deterioro del ambiente básicamente por la implementación de compuestos químicos cuya

¹⁴ Schlesinger, Moerdechay. Modern electroplating. 2000.-

naturaleza es principalmente toxica como el cromo hexavalente y la especie cianuro. Los principales efectos son: deterioro de los sistemas de recolección de aguas servidas, deterioro de sistemas de tratamientos microbiológicos, inhibiendo el desarrollo microbiano, efectos negativos en la salud de los trabajadores expuestos y la población en general.

En Bogotá, la cantidad contaminante del cianuro y los elementos metálicos es estimada entre 90-180 Kg/mes y 380-750 Kg/mes respectivamente, basados sobre los resultados del análisis general de la industria galvanotécnica y un total de 3000 m3 de efluentes al mes¹⁵. La descarga de estos contaminantes generan impactos en las instalaciones de alcantarillado, aguas superficiales y en la salud humana entre otros, algunos efectos se encuentran detallados en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Efectos contaminantes en instalaciones de alcantarillado y en aguas superficiales.

PARAMETRO	EFFECTOS EN INSTALACIONES DE ALCANTARILLADO	EFFECTOS EN AGUAS SUPERFICIALES
pH	Daño a los colectores, por exceso de acidez o alcalinidad. Inhibición del crecimiento microbiano en los sistemas de tratamiento biológico de las aguas servidas.	Efectos sobre las aguas destinadas a consumo humano, bebida animal, riego, recreación, estética y vida acuática.
Temperatura	Aumento de las velocidades de reacciones químicas y bioquímicas, ocasionado por un aumento de temperatura. Volatilización de compuestos orgánicos presentes en los residuos líquidos, con gasificación y producción de emanaciones tóxicas y mal olor. La presencia de gases aumenta la presión de las tuberías	Las altas temperaturas desfavorecen la dilución de oxígeno en la masa de agua, alterando el desarrollo de la vida acuática.
Sólidos suspendidos	Se produce acumulación de sedimentos al interior de las	Se produce acumulación de sedimentos que ocasionan

¹⁵ MINISTERIO DEL AMBIENTE, FUNDES, Op cit., p.22

	tuberías, produciendo efectos de obstrucción de escurrimiento de fluidos.	embancamiento y depósitos de terrenos de uso agrícola.
Aceites y grasas	Se produce acumulación y se dificulta el escurrimiento de fluidos. Además, disminuye la transferencia de oxígeno en el cuerpo receptor.	Efectos sobre la absorción de oxígeno atmosférico en el agua, afectando los procesos de fotosíntesis de algas, plantas y organismos acuáticos en general.
Sulfatos	Se produce la precipitación de sales insolubles que atacan las tuberías de cemento.	
Metales pesados	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el crecimiento microbiano.	Interfieren en los procesos naturales de autodepuración biológica de cuerpos receptores.
Detergentes	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el desarrollo microbiano.	Interfieren en los procesos de absorción de oxígeno, creando ambientes anaerobios.

Fuente. Guía de las buenas practicas para el sector galvanotecnia

Tabla 3. Efectos contaminantes en la salud humana.

PARAMETRO	EFEECTO DE SU INHALACION	EFEECTO DE SU INGESTION
Cadmio	Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio. Disfunción renal.	Tumores testiculares Disfunción renal Hipertensión Arterioesclerosis Inhibición del crecimiento Cáncer.
Cromo	Cáncer pulmonar Cáncer gastrointestinal Enfermedades de la piel	Cáncer pulmonar Úlceras Perforaciones en tabique nasal Complicaciones respiratorias
Plomo	Interferencia en el proceso de formación de elementos sanguíneos Daños al hígado y riñón Efectos neurológicos	Afecciones a la piel Anemia Disfunción neurológica Daños al riñón
Níquel	Enfermedad respiratoria Defectos y malformaciones en el nacimiento Cáncer pulmonar Cáncer nasal	
Cianuro	Daños sistema respiratorio Letal	Daños sistema respiratorio Letal

Fuente. Guía de las buenas practicas para el sector galvanotecnica

2. RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACION

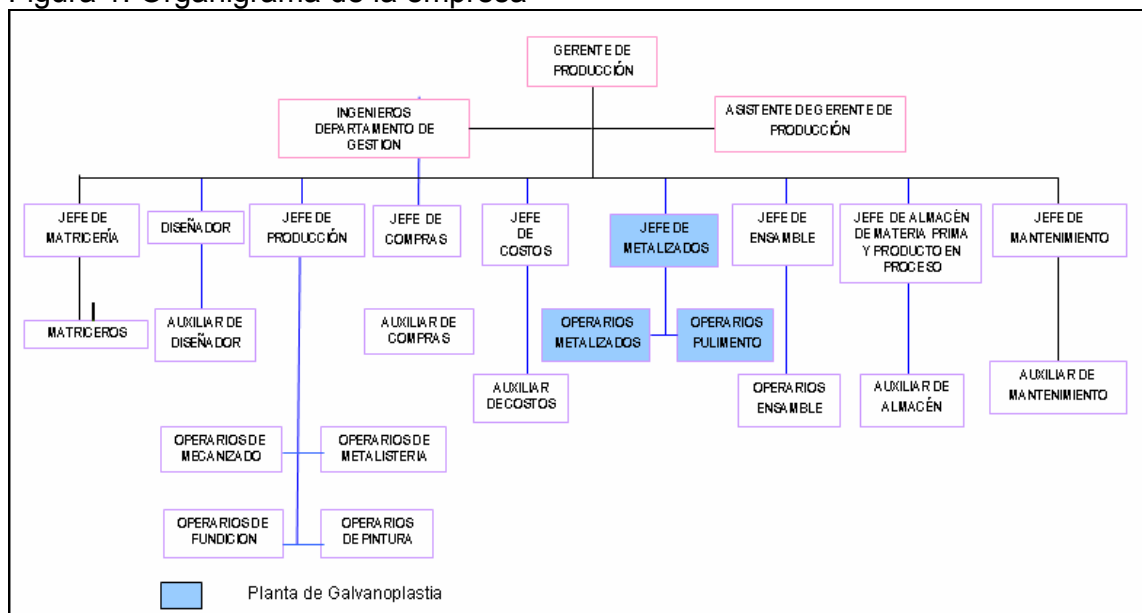
Con el fin de plantear soluciones sobre algunas situaciones se determinaron unos indicadores adecuados con el fin de establecer el diagnóstico ó estado actual de la industria, estos permiten no solo en la identificación de posibles mejoras, sino también, el seguimiento y verificación de la eficiencia de las medidas implementadas.

2.1. INFORMACION DE LA EMPRESA

2.1.1. Personal

Su nómina cuenta con 150 empleados, los cuales están distribuidos como: 49 operativos y 101 administrativos en las siguientes instalaciones.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

- La planta de producción metalmecánica en la Carrera 54 No. 2a-37 Barrio Galán con 41 empleados de planta y 18 administrativos.
- Punto de Venta en la Avenida 13 No. 87-29 con 82 empleados administrativos y de Bodega.
- Planta de Galvanoplastia, donde se realiza el proceso de cromado, analizado en este documento, ubicada en la Calle 5c No. 23-22 con 8 empleados de planta y 1 administrativo. El horario de trabajo de la sección cubre un turno de 7 a.m. a 4.30 p.m. con 15 min. de descanso y 30 min. de almuerzo de Lunes a Viernes y el día Sábado de 7:30 a.m. a 12 m.

2.1.2. Área física ocupada

La nueva bodega de la empresa cuenta con un lote de 1500 m² aproximadamente, con un área construida de 3420 m², de los cuales se ha destinado un área aproximada de ciento sesenta y cinco metros cuadrados (165 m²) para el recubrimiento galvánico de superficies metálicas. La construcción está hecha en ladrillo con pisos y columnas de concreto y su área física. La bodega en la que funciona actualmente la planta de recubrimientos electrolíticos no tiene optimizado el uso del área.

2.1.3. Situación económica

En la Tabla 4 se presentan los costos de producción promedio anual de la sección de metalizado y en la Tabla 5 se listan los ingresos de la empresa para los últimos cinco años.

Tabla 4. Costos de producción promedio anuales de la sección de metalizado

AÑO	COSTO DE PRODUCCIÓN, \$
2001	443'526.112
2002	457'322.615
2003	472'059.522
2004	618'708.138
2005	662'799.177

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

Tabla 5. Ingresos anuales de la empresa

AÑO	INGRESOS, \$
2001	1.250'946.386
2002	1.330'868.292
2003	1.359'529.968
2004	1.379'079.555
2005	1.400'805.273

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

2.2. CAPACIDAD INSTALADA

La empresa recubre piezas de aluminio, acero, cold-rolled y zamac con cobre, níquel, cromo y oro. De acuerdo con la información dada por el personal de la empresa, tanto la materia prima como los insumos y el material a procesar entran al proceso y/o se mantienen en el mismo bajo estricto control (peso de materia prima, concentración de los baños, área expuesta de la superficie a recubrir, Amperios hora entregados por los rectificadores de corriente).

2.3. MATERIAS PRIMAS

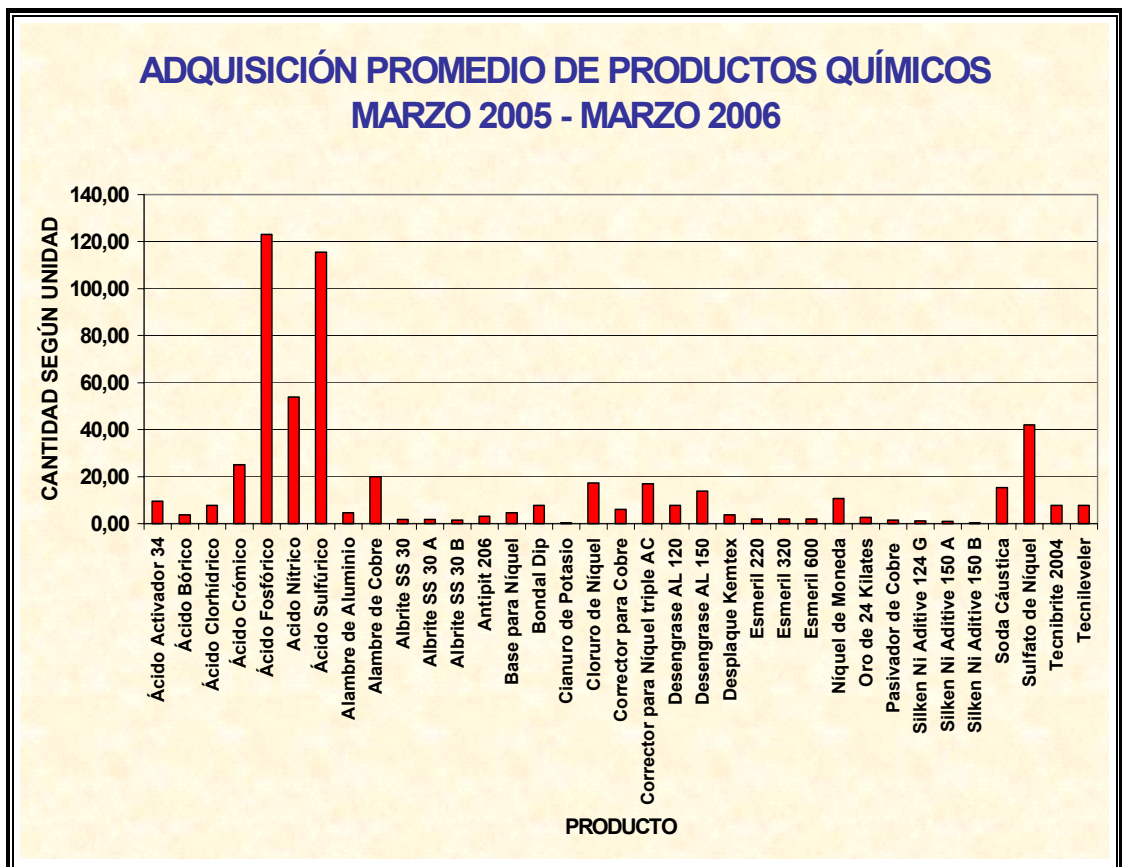
En la Tabla 6 se presenta la adquisición de materias primas para el periodo comprendido entre marzo de 2005 y marzo de 2006. En la Figura 2 se muestra la adquisición promedio de dichas materias primas para el mismo periodo.

Tabla 6. Consumo de materias primas. Marzo 2005 – Marzo 2006

PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD													PROMEDIO
		Mar-05	Abr-05	May-05	Jun-05	Jul-05	Agg-05	Sep-05	Oct-05	Nov-05	Dic-05	Ene-06	Feb-06	Mar-06	
Ácido Activador 34	kg		25	25				25			50				9,62
Ácido Bórico	kg											50			3,85
Ácido Clorhídrico	kg										100				7,69
Ácido Crómico	kg		25	25	25	25	50	25		25	50		50	25	25,00
Ácido Fosfórico	kg	100	50	50	50	200	200	50	200		200	200	200	100	123,08
Ácido Nítrico	kg	100				100	100		100		100	100	100		53,85
Ácido Sulfúrico	kg	100				200	200		200		200	200	200	200	115,38
Alambre de Aluminio	kg						10							49	4,54
Alambre de Cobre	kg		20				70		30	70				70	20,00
Albrite SS30	L						4		20						1,85
Albrite SS30 A	L						4		20						1,85
Albrite SS30 B	L								20						1,54
Antipit 206	L		20									20			3,08
Base para Nquel	L				20		20	20							4,62
Borcl Dip	kg		25				25		25					25	7,69
Cianuro de Potasio	kg											5			0,38
Cianuro de Nquel	kg			25	25	25	25			25	25	25	25	25	17,31
Corrector para Cobre	kg			20	20			20	20						6,15
Corrector para Nquel triple AC	kg											20		200	16,92
Desengrase AL 120	kg	50							50						7,69
Desengrase AL 150	L	50				60				50				20	13,85
Desplague Kentex	kg								25			25			3,85
Esmeril 220	kg												25		1,92
Esmeril 320	kg												25		1,92
Esmeril 600	kg												25		1,92
Nquel de Moneda	kg	20					20		20	20	20	20		20	10,77
Oro de 24 Kilates	kg										30		5		2,69
Pasivador de Cobre	L					20									1,54
Silken N Active 124 G	kg									16					1,23
Silken N Active 150 A	kg									12					0,92
Silken N Active 150 B	kg									4					0,31
Soda Cáustica	kg		25	25	25	25	25	25		25		25			15,38
Sulfato de Nquel	kg	45	50	50		25		50	50	75	50	50	50	50	41,92
Tecnibrite 2004	L		20		20	20			20			20			7,69
Tecnileveler	L			20		20		20			20		20		7,69

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

Figura 2. Adquisición de materias primas. Marzo 2005 – Marzo 2006



Fuente: HIGHLIGHTS S. A. CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, 2006

2.3.1. Rango de producción

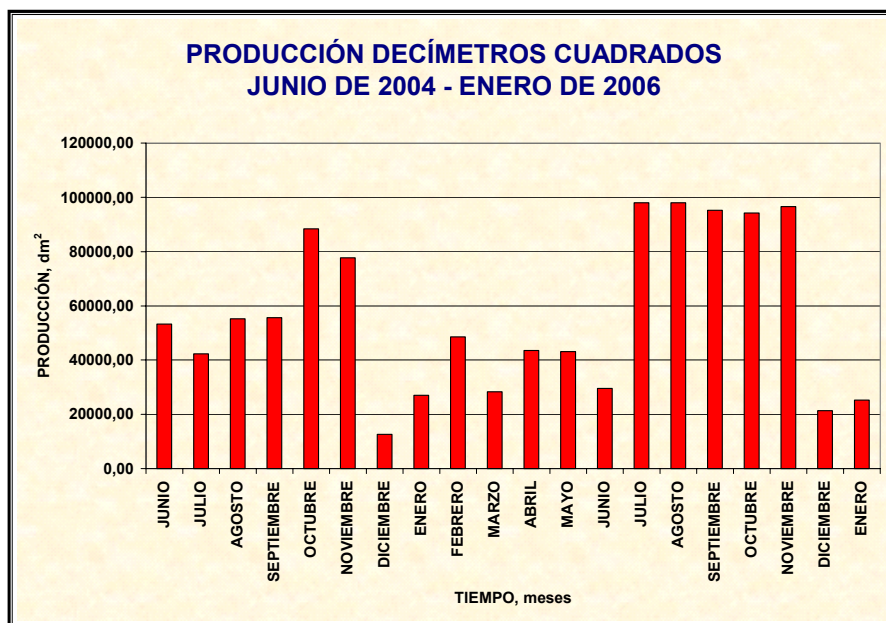
La producción de la empresa presenta un comportamiento cíclico, con mínimos en los meses de diciembre y enero. En la Tabla 7 se lista la producción en decímetros cuadrados para el periodo comprendido entre junio de 2004 y febrero de 2006. En la Figura 3 se muestra de forma gráfica el comportamiento de la producción para este periodo.

Tabla 7. Producción en decímetros cuadrados. Junio 2004 – Febrero 2006

MES	PRODUCCIÓN dm ²
JUNIO	53291,59
JULIO	42258,52
AGOSTO	55192,20
SEPTIEMBRE	55591,39
OCTUBRE	88421,00
NOVIEMBRE	77700,00
DICIEMBRE	12588,00
ENERO	26981,22
FEBRERO	48516,39
MARZO	28330,96
ABRIL	43488,85
MAYO	43137,97
JUNIO	29520,29
JULIO	98007,84
AGOSTO	98007,84
SEPTIEMBRE	95260,00
OCTUBRE	94235,00
NOVIEMBRE	96567,47
DICIEMBRE	21340,87
ENERO	25240,03

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

Figura 3. Producción en decímetros cuadrados. Junio 2004 – Enero 2006



Fuente: HIGHLIGHTS S. A. CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, 2006.

2.4. MAQUINARIA Y EQUIPOS

La empresa cuenta con gran número de maquinaria para desarrollar sus distintos procesos. En el área metalmecánica cuenta con Cortadoras, Lijadoras, Taladros, Troqueladoras, Tronzadores, Dobladoras, Prensas, Vibradoras, Horno de fundición y máquinas Inyectoras, Equipos de pintura Electroestática, Selladoras, Electroerosionadora y una Fresadora CNC, entre otras. En el área de Galvanoplastia se cuenta con equipos galvánicos como rectificadores, tanques y bombas filtro entre otros algunos se describen en la tabla 8:

Tabla 8. Descripción de equipos

CÓDIGO	EQUIPO Y DESCRIPCIÓN
0060	Tanque de 180 x 80 x 68 (cm.), acero inoxidable y aislamiento en fibra de vidrio, recubrimiento en PVC, barras de cobre, moto reductor.
0049	Tanque de 180 x 68 x 80 (cm.). Capacidad: 800 L. Acero inoxidable y aislamiento en fibra de vidrio, recubrimiento en

CÓDIGO	EQUIPO Y DESCRIPCIÓN
	PVC. 3 barras de cobre.
0056	Rectificador de corriente, marca GALVANO, variac de 10 VDC a 300 ADC. 0,3 kW.
0061	Tanque de 180 x 80 x 68 (cm.), acero inoxidable y aislamiento en fibra de vidrio, recubrimiento en PVC, resistencia de plomo en "L" 240 W.
0062	Rectificador de corriente GALVANO de 10 VDC a 500 ADC.
0042	Tanque de 180 x 40 x 95 (cm.) en acero inoxidable calibre 10, 3/16" fondo, con calentamiento en fondo
0044	Generador de ultrasonidos marca JASO, modelo UJ100, voltaje 220 VAC, potencia de 1000 W
0045	Tanque de 180 x 65 x 80 (cm.), capacidad. 800 L. Acero inoxidable y aislamiento en fibra de vidrio, resistencia de 5000 W
0046	Rectificador de corriente GALVANO, tipo TAPSWITCH de 20 VDC a 700 ADC. 1,25 kW.
0036	Tanque de 76 x 76 x 80 (cm.), acero inoxidable, calentamiento en fondo por gas. Capacidad: 300 L
0037	Tanque de 76 x 76 x 80 (cm.), acero inoxidable, calentamiento en fondo por gas. Capacidad: 300 L
0038	Rectificador de corriente galvano de 0 a 500 ADC y 0 a 30 VDC, refrigerado en aceite
0039	Tanque de 86 x 86 x 86 (cm.), acero inoxidable, soporte de resistencias con extractor
0040	Tanque de 76 x 76 x 80 (cm.), acero inoxidable, calentamiento en fondo por gas. Capacidad: 300 L
0041	Tanque de 76 x 76 x 80 (cm.), acero inoxidable, calentamiento en fondo por gas. Capacidad: 300 L
0018	Horno de recirculación SIFAP G15 a gas, dimensiones (m) 1.28 x 1.76 x 2.12, volumen interno de 1.53 metros cúbicos, quemador de 75000 BTU
0052	Tanque de 180 x 65 x 80 (cm.). Capacidad. 800 L, acero inoxidable y aislamiento en fibra de vidrio, soporte y 2 barras de cobre. Motorreductor SIEMENS 0,4HP/0,3kW. 1,7 a - 0,85 a
0047	Tanque de 180 x 68 x 80 (cm.). Capacidad. 800 L, acero inoxidable y aislamiento en fibra de vidrio, recubrimiento en PVC, 3 barras de cobre.
0048	Rectificador de corriente GALVANO variac de 15 VDC a 500 ADC. 0,6 kW.
0074	Tanque de 170 x 15 x 23 (cm.), en acero inoxidable




CÓDIGO	EQUIPO Y DESCRIPCIÓN
0008	Planta desmineralizadora de tres tanques (filtro carbón activo, catiónico, aniónico), 3000 L/h, GALVANO con motor LAMPOBLAST 0,55 kW. 0,75 HP, 220 V/ 320 V, 60 Hz
0009	Sandblasteadora galvano, 100 psi.
0692	Sandblasteadora galvano, 100 psi.
0032	Bascula PROMETALICOS p50f. Capacidad: 500 kg, precisión: 250 g
0033	Centrífuga - secador GALVANO, motor SIEMENS de 1/2 HP, 220 V – 440 V, 60 Hz, capacidad de 25 kg, calentador de resistencia eléctrica.
0054	Bomba de filtración GALVANO, diámetro 38 cm. y altura 56 cm. Con tanque en polipropileno de 23 L. Motor
0055	Bomba ultra filtro GALVANO. Diámetro 32 cm. y altura 72 cm. Con tanque en polipropileno. Motoribonora, de 1.7 HP, 3350 r.p.m
0034	Torpedo pedestal para pulimento de 4 HP. De una velocidad, doble pulimento
0035	Torpedo pedestal para pulimento de 5 HP. De dos velocidades, doble pulimento
0001	Extractor de aire no. 1 S&P CMC40 de 80 cm diámetro, motor US MOTORS de 3 fases, 3 HP a 1745 r.p.m, 60 Hz
0002	Extractor de aire No. 2, sin marca, de 75 cm. diámetro, motor US MOTORS de 3 fases, 1745 r.p.m, 60 Hz
0003	Compresor de tornillo INGERSOLL RAND SSR-EP156E, motor MARATHON ELECTRIC, 15 HP, 56 cm., 125 psig. Cabina de insonorización
0004	Torre de enfriamiento PROTÓN, dimensiones (cm.) 75 x 75 x 190. Motor SIEMENS de 1,5 HP. Electro brillo
0005	Turbina de aire SPENCER VB019B011. P.max. 76 pulg agua, P. vacío 64 pulg agua. Motor SPENCER, serie No. 33n880086301 de 2,5 HP a 3450 r.p.m. Electro brillo.
0006	Planta desmineralizadora de agua con columna de arena, purificador de agua de 119 cm de altura y 18 cm. de diámetro, 3000 L/h. 2 tanques AJOVER de 500 L y 700 L y electro bomba
0007	Acumulador de aire, altura: 1.12 m, diámetro: 0,61 (m) con 2 filtros ATLAS COPCO PD126
0053	Tanque de 170 x 35 x 100 (cm) en polipropileno, soporte y 2 barras de cobre. Moto reductor SIEMENS 0,105kW. 0,30 a - 0,15 a

CÓDIGO	EQUIPO Y DESCRIPCIÓN
0069	Tanque de 170 x 35 x 100 (cm) en polipropileno

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

En las Tabla 9 se muestran las imágenes de los equipos utilizados por la empresa para su actividad industrial. La empresa opera a un cuarenta por ciento (40%) de su capacidad instalada durante su único turno de trabajo.

Tabla 9. Equipos empleados en la industria

Maquinaria y Equipo		
Centrífuga	Deionizador de agua	Horno laca cataforética
		

Rectificador laca cataforética	Rectificador cobre alcalino	Rectificador cromo
--------------------------------	-----------------------------	--------------------

		
<p>Rectificador desengrase</p>	<p>Pulidora</p>	<p>Rectificador electrobrillo</p>
		
<p>Extractor de gases</p>	<p>Sandblasteadora</p>	<p>Extractor electrobrillo</p>
		

Fuente. El autor.

2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN HIGH LIGHTS S.A

En este proceso, el objeto que va a ser cubierto se coloca en una disolución (baño) de una sal de cromo, y se conecta a un terminal negativo de una fuente de electricidad externa.

Otro conductor, es un electrodo de plomo, que se conecta al terminal positivo de la fuente de electricidad. Para el proceso es necesaria una corriente continua de medio a alto voltaje, normalmente de 8 a 12 V.

Cuando se pasa la corriente a través de la disolución, los átomos del metal cromo se depositan en el cátodo o electrodo negativo. Esos átomos son sustituidos en el baño por los del ánodo (electrodo positivo), aunque en el caso del cromo el ánodo es inerte.

Se mantiene un equilibrio entre el metal que sale y el metal que entra en la disolución hasta que el objeto está cromado, el metal lo aporta el ácido crómico.

Para asegurar un buen cromado, hay que limpiar el objeto a fondo, ya sea sumergiéndolo en una disolución ácida o cáustica, o bien utilizándolo como ánodo en un baño limpiador durante un instante (desengrases).

Para eliminar irregularidades en las depresiones de la pieza y asegurar que la textura de su superficie es de buena calidad y propicia para el refinado, hay que controlar cuidadosamente la densidad de la intensidad de corriente (amperios por metro cuadrado de superficie de cátodo) y la temperatura.

Algunos recubrimientos, en concreto el cromo, son poco eficientes, es decir, tienden a recubrir excesivamente las protuberancias y dejan las grietas del ánodo completamente desnudas.

Actualmente en la planta de cromado de High Lights se utilizan dos métodos de enjuague, el primero son dos canecas simples (220L c/u) entre cada etapa las cuales se cambian cada 15 días y el segundo enjuague se hace por aspersión con manguera, este enjuague aunque efectivo consume mucha agua.

2.6. IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS

Tal como fue mencionado anteriormente este diagnóstico solo aplica para el proceso de cromado aunque la empresa tiene 5 líneas de recubrimiento galvánico que son:

- ▲ Cromo mate
- ▲ Cromo brillante
- ▲ Cobre ácido
- ▲ Níquel brillante
- ▲ Oro

Los metales base sobre los cuales se depositan estos recubrimientos son:

- ▲ Aluminio
- ▲ Cold Rolled

2.7. MANEJO DE SERVICIOS PÚBLICOS Y MATERIA PRIMA

2.7.1. Agua

La empresa se abastece con el agua potable suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. La dotación es de quince litros por minuto 15 L/min y el consumo promedio es de 45 metros cúbicos mensuales.

2.7.2. Energía eléctrica

La empresa recibe la carga suministrada por CODENSA, la cual es de 26 kW. El consumo promedio es de 5000 a 6500 kWh/mes.

2.7.3. Productos químicos

Los productos químicos se almacenan de acuerdo con su naturaleza química. Su dosificación a los procesos se lleva a cabo por peso y de acuerdo con la concentración que debe alcanzarse en cada uno de los baños.

2.7.4. Manejo y aprovechamiento de residuos





Fuente. El autor

A continuación se describen cada una de las líneas de recubrimientos, teniendo en cuenta el material de entrada, las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo cada uno de los procesos, las salidas y el tipo de disposición de los vertimientos.

Recubrimiento de Aluminio con Cromo brillante

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas Aluminio en	1. DESENGRASE POR ULTRASONIDO Temperatura: 50C Tiempo: 60 s <i>Metex TS 40A.: 50 g/L</i> <i>Solución acuosa</i>	VERTIMIENTO <i>Metex TS 40A.: 50 g/L</i> <i>Solución acuosa</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	Alcantarillado
Piezas Aluminio en	2. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
		enjuague en estanco	
Piezas desengrasadas	3. MORDENTADO Temperatura: Ambiente Tiempo: 60 s <i>Metex 629: 50 g/L</i> <i>Ácido Nítrico: 50%</i> <i>Solución acuosa.</i>	VERTIMIENTO <i>Metex 629: 50 g/L</i> <i>Ácido Nítrico: 50%</i> <i>Solución acuosa</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	Alcantarillado
Piezas mordentadas	4. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas mordentadas	5. ZINCATO Temperatura: Ambiente Tiempo: 60 s <i>Bondal Dip: 22 °Bé</i> Volumen: 460 L.	VERTIMIENTO <i>Bondal Dip: 22 °Bé</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	Alcantarillado
Piezas zincadas	6. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
		enjuague en estanco	
Piezas zincadas	7. NIQUELADO Temperatura: 60C Tiempo: 10 min pH: 4,5 Amperaje anódico: 500 A <i>Sulfato de Níquel: 300 g/L</i> <i>Cloruro de Níquel: 90 g/L</i> <i>Ácido Bórico: 50 g/L</i> <i>Tecnibrite: 3 mL/L</i> <i>Base para Ni: 30 mL/L</i> <i>Corrector para Ni: 3 mL/L</i> <i>Antipit 206: 6 mL/L</i> <i>Tecnilever: 6 mL/L</i> <i>Solución acuosa</i> <i>Ánodos de Níquel</i>	VERTIMIENTO <i>Sulfato de Níquel: 300 g/L</i> <i>Cloruro de Níquel: 90 g/L</i> <i>Ácido Bórico: 50 g/L</i> <i>Tecnibrite: 3 mL/L</i> <i>Base para Ni: 30 mL/L</i> <i>Corrector para Ni: 3 mL/L</i> <i>Antipit 206: 6 mL/L</i> <i>Tecnilever: 6 mL/L</i> <i>Solución acuosa</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	Alcantarillado
Piezas niqueladas	8. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas niqueladas	9. CROMADO Temperatura: 42C Tiempo: 4 min Amperaje: 1000 A	VERTIMIENTO <i>Ácido crómico: 300 g/L</i> <i>Ácido sulfúrico: 3</i>	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
	Tensión: 20V Ácido crómico: 300 g/L Ácido sulfúrico: 3 g/L Spray Stop: 0,2 g/L Solución acuosa Ánodos de Plomo	g/L Spray Stop: 0,2 g/L Solución acuosa Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	
Piezas cromadas	10. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas cromadas	11. ENJUAGUE A temperatura de 70C, en caneca	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	Alcantarillado

Fuente: HIGHLIGHTS S. A. CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, 2006.

Recubrimiento de Cold Rolled con Cromo brillante

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas en Cold Rolled	1. DESENGRASE ELECTROLÍTICO Temperatura: 60C Tiempo: 60 s Amperaje: 500 A,	VERTIMIENTO Z 130: 50 g/L Solución acuosa Aproximadamente el 0,05% de la	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
	anódico Z 130: 50 g/L <i>Solución acuosa</i>	superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	
Piezas en Cold Rolled	2. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas desengrasadas	3. NEUTRALIZADO Temperatura: Ambiente Tiempo: 30 s <i>Metex 629: 35 g/L</i> <i>Solución acuosa.</i>	VERTIMIENTO <i>Metex 629: 35 g/L</i> <i>Solución acuosa</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	Alcantarillado
Piezas neutralizadas	4. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas neutralizadas	5. COBRE ALCALINO Temperatura: 55 C Tiempo: 30 s Amperaje: 300 A,	VERTIMIENTO <i>Cianuro de Sodio:</i> <i>45 g/L</i> <i>Cianuro de Cobre:</i> <i>30 g/L</i>	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
	<p>anódico</p> <p><i>Cianuro de Sodio:</i> 45 g/L</p> <p><i>Cianuro de Cobre:</i> 30 g/L</p> <p><i>Sal de Rochelle:</i> 45 g/L</p>	<p><i>Sal de Rochelle:</i> 45 g/L</p> <p>Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros</p>	
Piezas cobrizadas	<p>6. ENJUAGUE</p> <p>Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada</p>	<p>VERTIMIENTO</p> <p>Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco</p>	Alcantarillado
Piezas cobrizadas	<p>7. NEUTRALIZADO</p> <p>Temperatura: Ambiente</p> <p>Tiempo: 30 s</p> <p><i>Metex 629:</i> 35 g/L</p> <p><i>Solución acuosa.</i></p>	<p>VERTIMIENTO</p> <p><i>Metex 629:</i> 35 g/L</p> <p><i>Solución acuosa</i></p> <p>Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L</p>	Alcantarillado
Piezas neutralizadas	<p>8. ENJUAGUE</p> <p>Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada</p>	<p>VERTIMIENTO</p> <p>Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco</p>	Alcantarillado
Piezas	9. NIQUELADO	VERTIMIENTO	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
cobrizadas	BRILLANTE Temperatura: 60C Tiempo: 10 min Amperaje anódico: 500 A <i>Sulfato de Níquel: 300 g/L</i> <i>Cloruro de Níquel: 90 g/L</i> <i>Ácido Bórico: 50 g/L</i> <i>Tecnibrite 2004: 3 mL/L</i> <i>Base para Níquel: 30 mL/L</i> <i>Corrector para Níquel: 3 mL/L</i> <i>Antipit 206: 4 mL/L</i> <i>Tecnileveler: 6 mL/L</i> <i>Solución acuosa Ánodos de Níquel</i>	<i>Sulfato de Níquel: 300 g/L</i> <i>Cloruro de Níquel: 90 g/L</i> <i>Ácido Bórico: 50 g/L</i> <i>Tecnibrite 2004: 3 mL/L</i> <i>Base para Níquel: 30 mL/L</i> <i>Corrector para Níquel: 3 mL/L</i> <i>Antipit 206: 4 mL/L</i> <i>Tecnileveler: 6 mL/L</i> Solución acuosa Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	
Piezas niqueladas	10. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas niqueladas	11. CROMADO Temperatura: 42C Tiempo: 4 min Amperaje: 1000 A Tensión: 20 V <i>Ácido crómico: 300 g/L</i> <i>Ácido sulfúrico: 3</i>	VERTIMIENTO <i>Ácido crómico: 300 g/L</i> <i>Ácido sulfúrico: 3 g/L</i> <i>Spray Stop: 0,2 g/L</i> Solución acuosa Aproximadamente	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
	<i>g/L</i> <i>Spray Stop: 0,2 g/L</i> <i>Solución acuosa</i> <i>Ánodos de Plomo</i>	el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	
Piezas neutralizadas	12. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas neutralizadas	13. ENJUAGUE A temperatura de 70C, en caneca	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado

Fuente: HIGHLIGHTS S. A. CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ, 2006.

En cuanto a los residuos sólidos en la tabla 10 se describe el manejo y aprovechamiento que se les da.

Tabla 10 Manejo y aprovechamiento de residuos

RESIDUO	CANTIDAD	UNIDAD	MANEJO
---------	----------	--------	--------

RESIDUO	CANTIDAD	UNIDAD	MANEJO
Empaques de materia prima	N/A	N/A	Disposición como residuo sólido urbano. La empresa compra sus insumos a TECNIQUÍMICA, BYCSA y RECUBPLAST, empresas establecidas en Medellín, Bogotá y Mosquera, respectivamente, las cuales hasta el momento no comparten la responsabilidad de hacer gestión de los envases utilizados.
Alambre de cobre y alambre de aluminio	35	kg/mes	Venta a la Chatarrería “Los Pitufos”, ubicada en la Calle 9 con Carrera 32 A, a razón de \$6500 por kilogramo
Forro de alambre	7	kg/mes	Disposición como residuo sólido urbano
Lodos de Níquel y Cromo provenientes del mantenimiento de los baños	N/A	N/A	No se realiza gestión del residuo. Disposición como residuo sólido urbano

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

2.7.5. Manejo de aguas residuales

La empresa carece de sistemas de pretratamiento y/o tratamiento de los vertimientos generados durante su actividad industrial.

Se realizó un muestreo y caracterización integrada durante ocho (8) horas, pagados por la empresa, por parte del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental – CIIA de la Universidad de los Andes. El resultado de dicho análisis se presenta en la Tabla 11 y en la Tabla 12

Tabla 11. Caracterización de las aguas residuales industriales

PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	NORMA
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	52,3	No Restringe
Acidez total	mg CaCO ₃ /L	17,1	No Restringe
Aluminio	mg Al/L	15,90	No Restringe
Arsénico	mg As/L	<0,00032	0,1
Cadmio	mg Cd/L	<0,003	0,003
Calcio	mg Ca/L	0,9	No Restringe
CO ₂	mg CO ₂ /L	15,0	No Restringe
Cianuros	mg CN/L	<0,05	1,0
Cinc	mg Zn/L	7,9	5,0
Cloruros	mg Cl/L	14,9	No Restringe
Cobre	mg Cu/L	7,9	0,25
Color	Unidades Pt/Co	1370	No Restringe
Conductancia específica	micromhos/cm – 25°C	136	No Restringe
Cromo hexavalente	mg Cr/L	<0,01	0,5
Cromo total	mg Cr/L	0,05	1,0
DBO ₅	mg O ₂ /L	57	1000
DQO	mg O ₂ /L	400	2000
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	25,0	No Restringe
Fenoles	mg/L	0,25	0,2
Fósforo	mg P/L	2,60	No Restringe
Grasas y Aceites	mg/L	2,6	100
Hierro	mg Fe/L	2,5	No Restringe
Magnesio	mg Mg/L	1,10	No Restringe
Manganeso	mg Mn/L	0,08	0,12
Nitratos	mg N/L	0,06	No Restringe

PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	NORMA
Nitritos	mg N/L	0,03	No Restringe
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	0,27	No Restringe
Níquel	mg Ni/L	0,25	0,2
pH	Unidades de pH	7,0	5 – 9
Plomo	mg Pb/L	0,73	0,1
S.A.A.M	mg/L	25	20
Sólidos sedimentables	mL/L – 1 h	0,5	2,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	131	800
Sólidos totales	mg/L	467	No Restringe
Sólidos suspendidos volátiles	mg/L	32	800
Sulfatos	mg SO ₄ /L	27,3	No Restringe
Turbiedad	N.T.U.	755	No Restringe

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

Como puede observarse por la carencia de un sistema de tratamiento de agua residual industrial, resaltados en color amarillo, la empresa incumple en los parámetros cinc, cobre, fenoles, níquel, plomo y S.A.A.M, sustancias que pueden ser retiradas del agua residual hasta cumplir con los valores máximos permitidos por la normatividad ambiental vigente (Resolución 1074 de 1997 y Resolución 1596 de 2001) utilizando un sistema de tratamiento primario (coagulación, sedimentación, filtración) para la remoción de los metales pesados y terciario (oxidación química) para la remoción de los compuestos fenólicos y sustancias activas al azul de metileno.

Tabla 12. Medición de temperatura, pH y caudal

HORA	TEMPERATURA, °C	pH	CAUDAL, L/s
------	--------------------	----	----------------

HORA	TEMPERATURA, °C	pH	CAUDAL, L/s
08:15	19	5,9	0,33
09:10	24	4,1	0,125
10:15	25	5,8	0,33
11:20	19	9,4	0,125
12:15	19	9,0	0,125
13:05	24	5,3	0,142
14:10	24	4,3	0,5
15:10	20	7,9	0,33

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

2.7.6. Manejo de emisiones

La empresa dosifica agentes antineblina al baño de cromo y cuenta con dos campanas de extracción, una para el electrobrillo y otra para el desengrase por ultrasonido. Además, se cuenta con un sistema de impulsión – extracción de aire para la captación y expulsión de los gases a la atmósfera exterior a la planta; sin embargo, dichos gases no sufren ningún tipo de tratamiento para minimizar su acción contaminante a este compartimiento ambiental. Los gases están compuestos básicamente por ácidos crómico, clorhídrico, sulfúrico, fosfórico y nítrico, así como vapores de soda cáustica y sales de los baños de níquel, cobre, entre otros.

Las chimeneas que permiten la salida de los gases, tanto del electrobrillo como de ventilación de la zona de metalizado, tienen una altura de doce metros (12 m) desde el piso.

2.7.7. Uso racional de energía

Se instalaron termostatos para controlar la temperatura de los baños. Adicionalmente, se sustituyó la energía eléctrica por gas natural en el calentamiento del baño de electrobrillo.

2.7.8. Mantenimiento de equipos

Durante el mantenimiento de los baños de níquel y cromo se generan lodos que son extraídos por una bomba filtro. Estos lodos carecen de tratamiento y son dispuestos como residuos sólidos urbanos.

2.8. IDENTIFICACION FUENTES DE AGUAS RESIDUALES

En la tabla 13 se identifican las diferentes fuentes de aguas residuales, con el fin de calcular las pérdidas básicas por cada etapa. Teniendo en cuenta que se realiza un total de 14 enjuagues en el proceso analizado.

Tabla 13. Fuentes de aguas residuales por cada etapa.

ETAPA DEL PROCESO / FUENTE	VOLUMEN DE AGUA GASTADA LTS/MES	CALIDAD DEL AGUA
PREPARACION MECANICA	0	-
DESENGRASE QUIMICO	240	Potable
ENJUAGUE	450	Potable
DECAPADO	200	Potable
ENJUAGUE	220	Potable
NEUTRALIZACION	220	Potable
ENJUAGUE	220	Potable
COBRE ALCALINO	10	Potable
ENJUAGUE	220	Potable
ACTIVACION	220	Potable
ENJUAGUE	220	Potable
COBRE ÁCIDO	10	Potable
ENJUAGUE	450	Potable
NÍQUEL	20	Potable
ENJUAGUE	450	Potable
CROMO	50	Potable
ENJUAGUE	500	Potable
SECADO		

Fuente. El autor.

3. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE PRODUCCION MÁS LIMPIA (PML)

Las herramientas de PML son un instrumento que permite la recolección y análisis de información orientada a sustentar la toma de decisiones sobre cambios en la operación de una organización. En el caso de la PML permite establecer el estado ambiental de un proceso, producto o servicio, ya sea de aspecto administrativo, productivo o humano e identificar oportunidades de mejora.

3.1. MATRIZ DOFA

Tabla 14. Matriz DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">▪ Programa de Gestión Ambiental es deficiente▪ Desperdicio en el consumo de agua en el proceso de enjuague.▪ No se evidencian etapas de almacenamiento de residuos y evacuación de materiales▪ No hay un cuarto de almacenamiento adecuado para materias primas y disposición de residuos.▪ Se evidencia derrames de sustancias químicas en el suelo generando contaminación del agua.▪ No se evidencia una cultura de ahorro de agua.	<ul style="list-style-type: none">▪ Optimización del proceso y ahorro de costos mediante el uso eficiente de materias primas y recurso hídrico.▪ Control de calidad en los productos terminados.▪ Reducción de residuos generados, y por ende reducción de costos asociados a su correcta manipulación y disposición.▪ Mejoramiento de la imagen ante los clientes, proveedores, comunidad en general.▪ Disminución de costos▪ Exportación de productos que cumplan los estándares y regulaciones internacionales a nivel ambiental.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se utilizan los elementos de protección adecuados. ▪ No existe caracterización de residuos por tipo y fuente. ▪ El desperdicio de las etapas del proceso son conducidos al alcantarillado. ▪ No hay programa de uso eficiente de agua. ▪ No hay programa establecido de seguridad y ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A partir del programa de producción mas limpia, reducir residuos
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conciencia ambiental por parte de la alta dirección. ▪ Implementación de programas de Gestión de Calidad. ▪ Exportación de los productos fabricados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cobro de Tasas retributivas y sanciones por parte del DAMA por el no cumplimiento de las normas especialmente vertimiento de residuos industriales, emisiones atmosféricas de calderas. ▪ Sanciones por la inadecuada Gestión Integral de Residuos Sólidos. ▪ Deterioro de la imagen de la compañía ante clientes, consumidores y proveedores por la contaminación no Controlada. ▪ Perdida de recurso al no tener control en los procesos

Fuente. El autor.

3.2. MATRIZ MED (DESECHOS GENERADOS EN CADA ETAPA DEL PROCESO)

Tabla 15. Matriz MED

ETAPAS DEL PROCESO	MATERIALES	ENERGIA	DESECHOS
PREPARACION MECANICA	Esmeriles, abrasivos, cintas, pastas de pulido	Eléctrica (200 Kwh-mes)	Pelusa de pulido esmeriles (2.0Kg/mes); Pasta (1.5 Kg./mes); Cola (1.0 Kg./mes) Trapos (10 Kg./mes); Plástico burbuja (10 Kg./mes)
DESENGRASE	Solventes: soda, carbonato de sodio, fosfato sódico, agente humectante, metasilicatos.	Eléctrica, gas natural (600 Kwh/mes)	Goteo al piso Aceites emulsificados, lodos de desengrase, partículas en suspensión (20 Kg./mes)
ENJUAGUE	Agua, arrastres del desengrase.	Eléctrica, gas natural (240 Kwh/mes)	Aguas alcalinas (enjuagues contaminados por arrastres) (12 m ³ /mes)
DECAPADO	Acido		Aguas ácidas,

	sulfúrico, nítrico, o clorhídrico, inhibidores, aditivos, agua.		lodos de compuestos metálicos del tanque, residuos de filtrado, niebla ácida (0.3 m ³ /mes).
NEUTRALIZACION	Soluciones alcalinas		Formación de lodos de sales, Goteo al piso
ENJUAGUE	Agua, arrastres de la neutralización.	Eléctrica, gas natural (240 Kwh/mes)	Aguas residuales (1 m ³ /mes)
ELECTRORECUBRIMIENTO	Sales metálicas (Sulfatos, cloruros, cianuros) de cobre, níquel y cromo.	Eléctrica (209 Kwh/mes)	Neblinas ácidas o básicas (no está determinada la cantidad)
ENJUAGUE	Agua, arrastre de metalización	Eléctrica (240 Kwh/mes)	Aguas residuales, sales metálicas disueltas (32 m ³ /mes)
SECADO	Aire caliente	Eléctrica, gas natural (no está determinada)	Vapores

3.3. COSTOS DE INEFICIENCIA

	COSTO MATERIA PRIMA PERDIDA	COSTO DE HORA MAQUINA PERDIDA	COSTO DE MANEJO DE DESPERDICI OS	COSTO DE IMPUESTOS AMBIENTALES
DESENGRASE	\$50.150	\$44250	-	\$580.000 por permiso de vertimientos.
MORDENTADO	\$132.000	-	-	
ZINCATO	\$187500	-	-	
COBRE ALCALINO	\$34.000	-	-	
COBRE ACIDO	\$99.400	-	--	
NIQUEL	\$142.000	\$132750	-	
CROMO	\$423.000	\$88500	-	
AGUA DE ENJUAGUE	\$181852	-	\$1034730 +30.000.000*	\$580000
COSTOS TOTALES	\$1249902	\$265500	\$31034730	

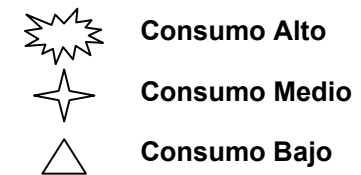
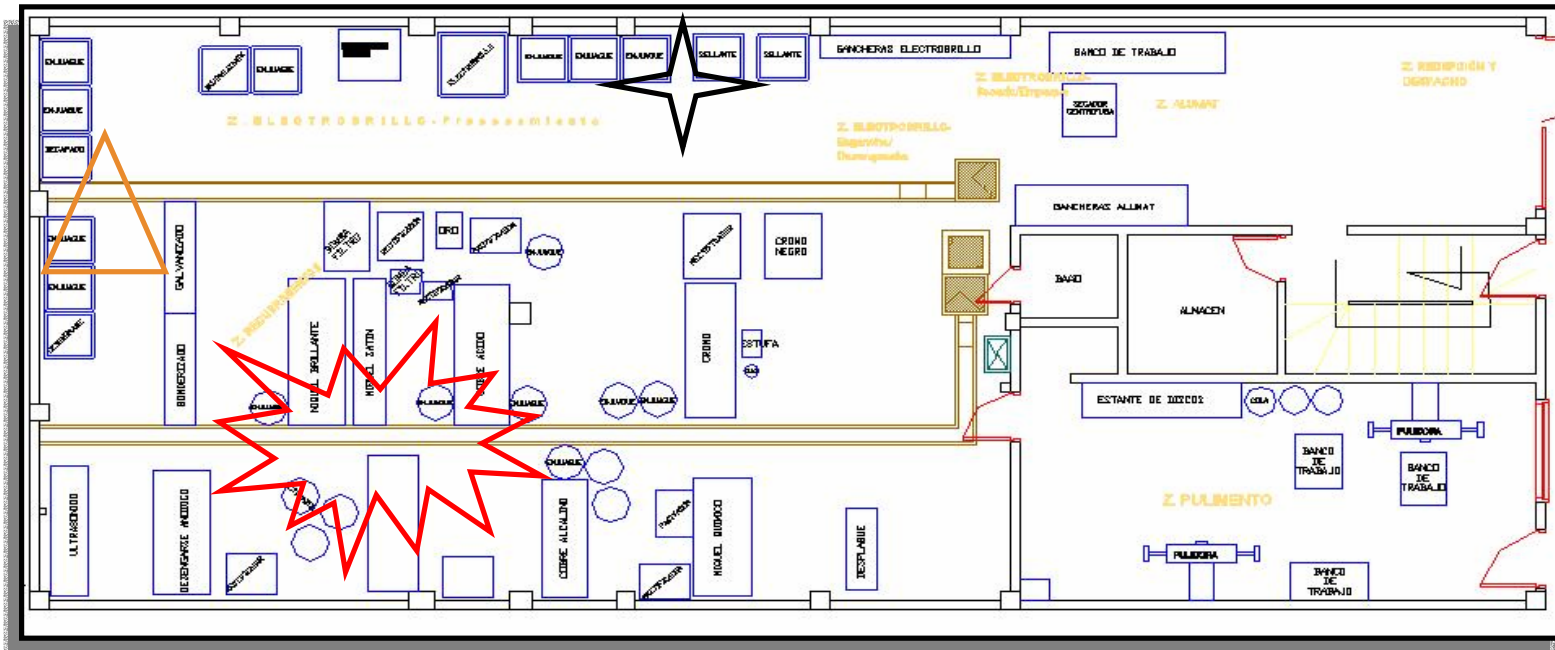
3.3.1. INVERSION Y RETORNO

COSTO DE INEFICIENCIA ANUAL	\$ 32.550.132
COSTOS DE IMPLEMENTACION DE ALTERNATIVAS	\$ 20.852.360
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN	9 MESES

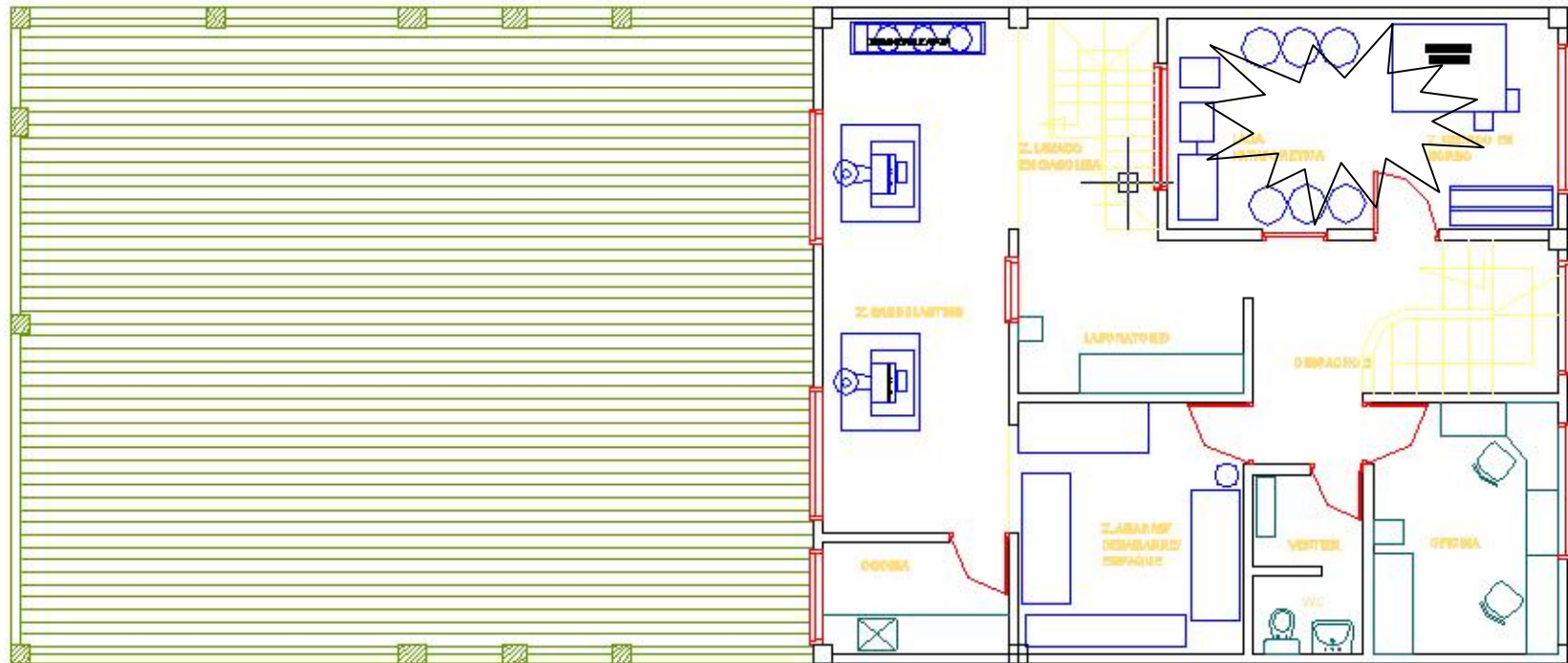
3.4. ECOMAPAS

3.4.1. ECOMAPA AGUA

➤ PRIMER PISO

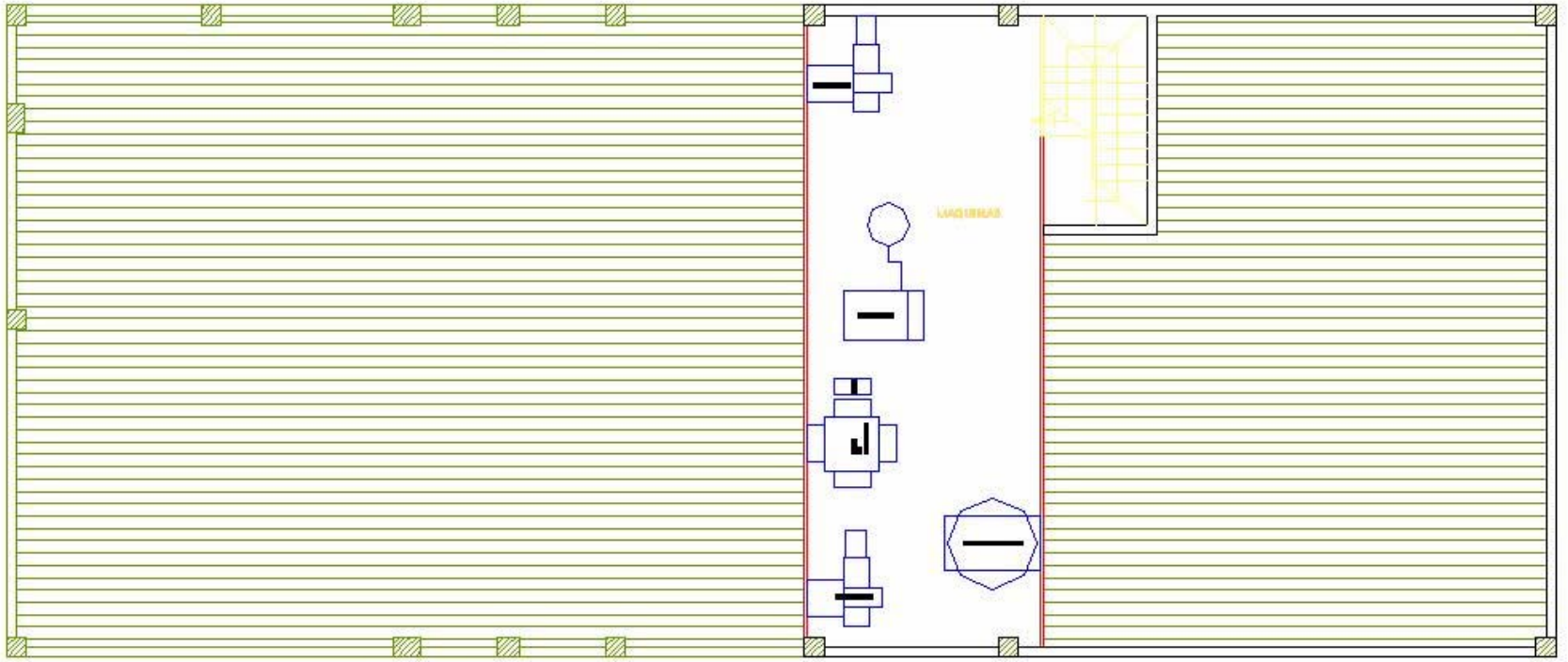


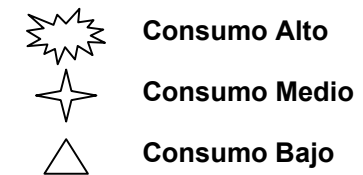
SEGUNDO PISO



Grandes Consumos

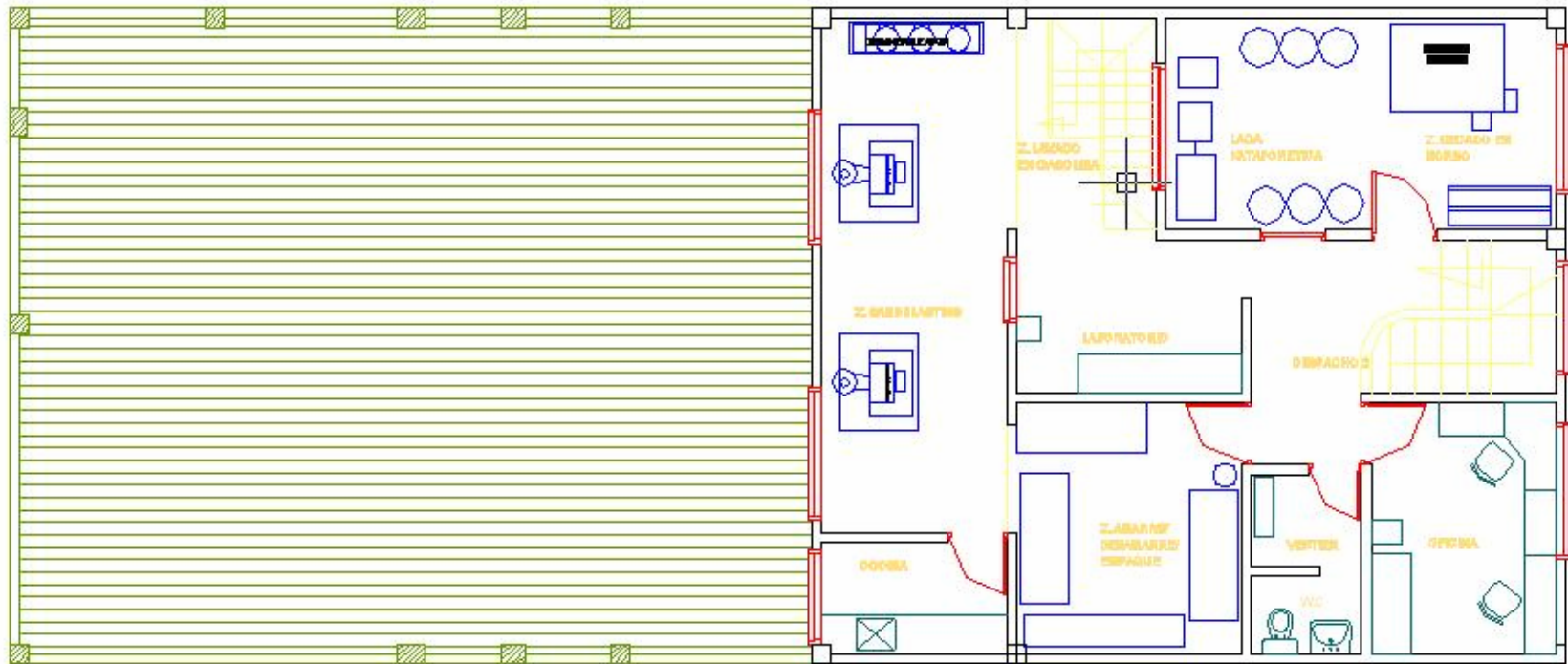
➤ TERCER PISO





ECOMAPA ENERGIA

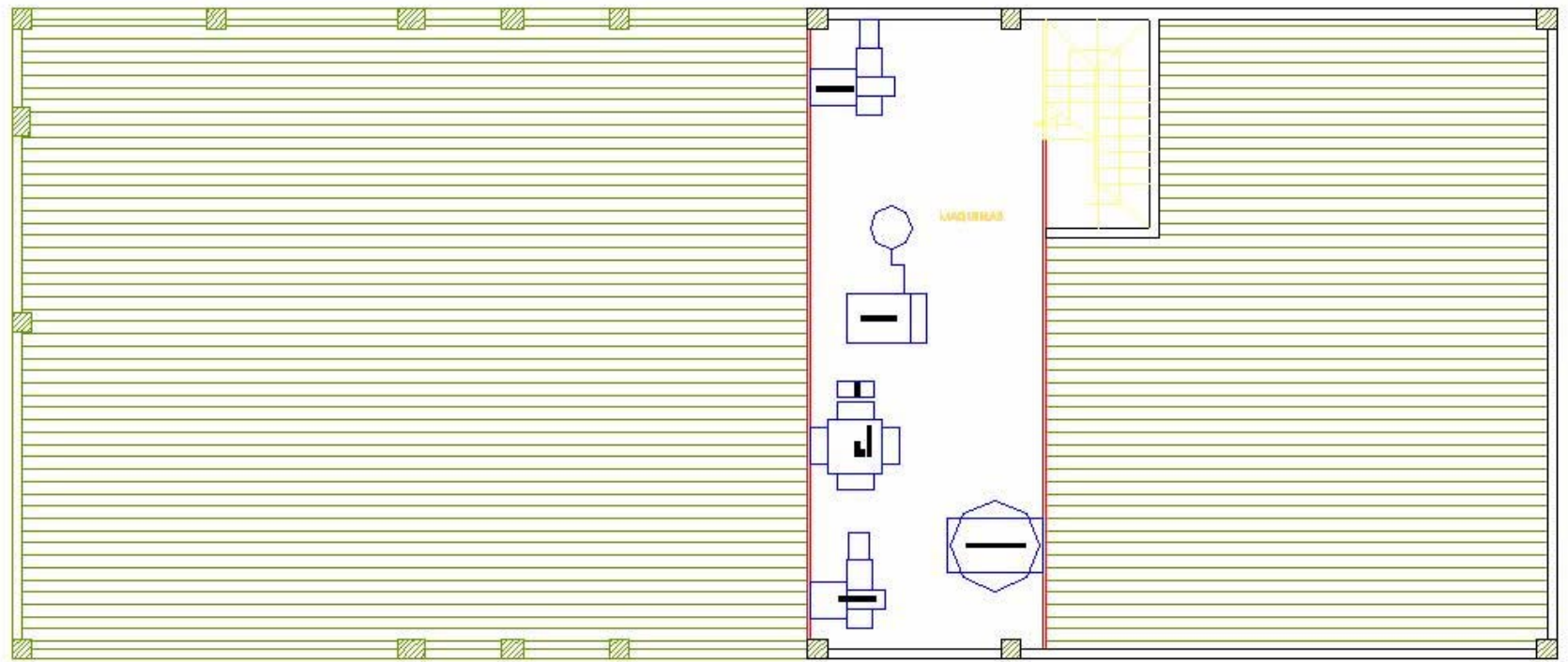
➤ **SEGUNDO PISO**



Grandes Consumos

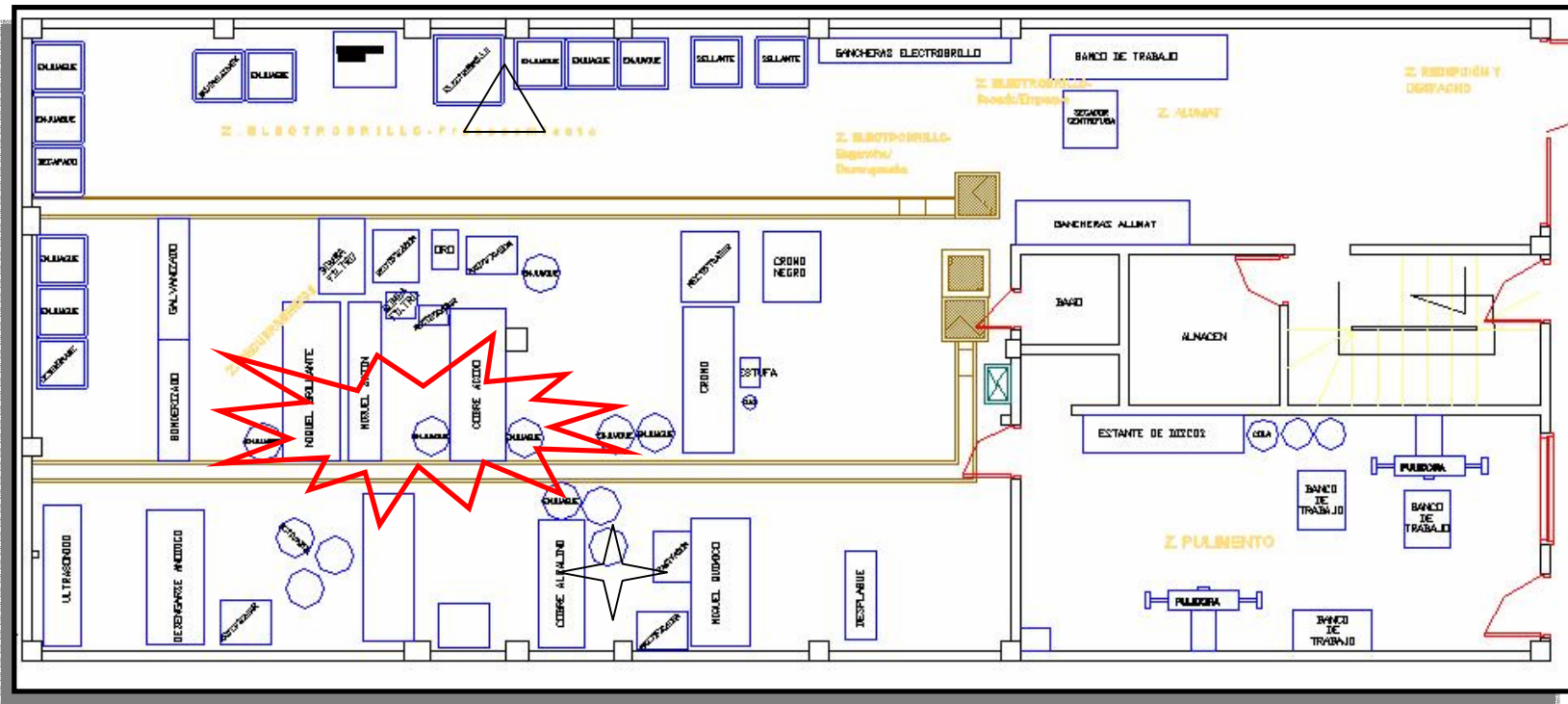
ECOMAPA ENERGIA

➤ **TERCER PISO**



3.4.3. ECOMAPA RESIDUOS

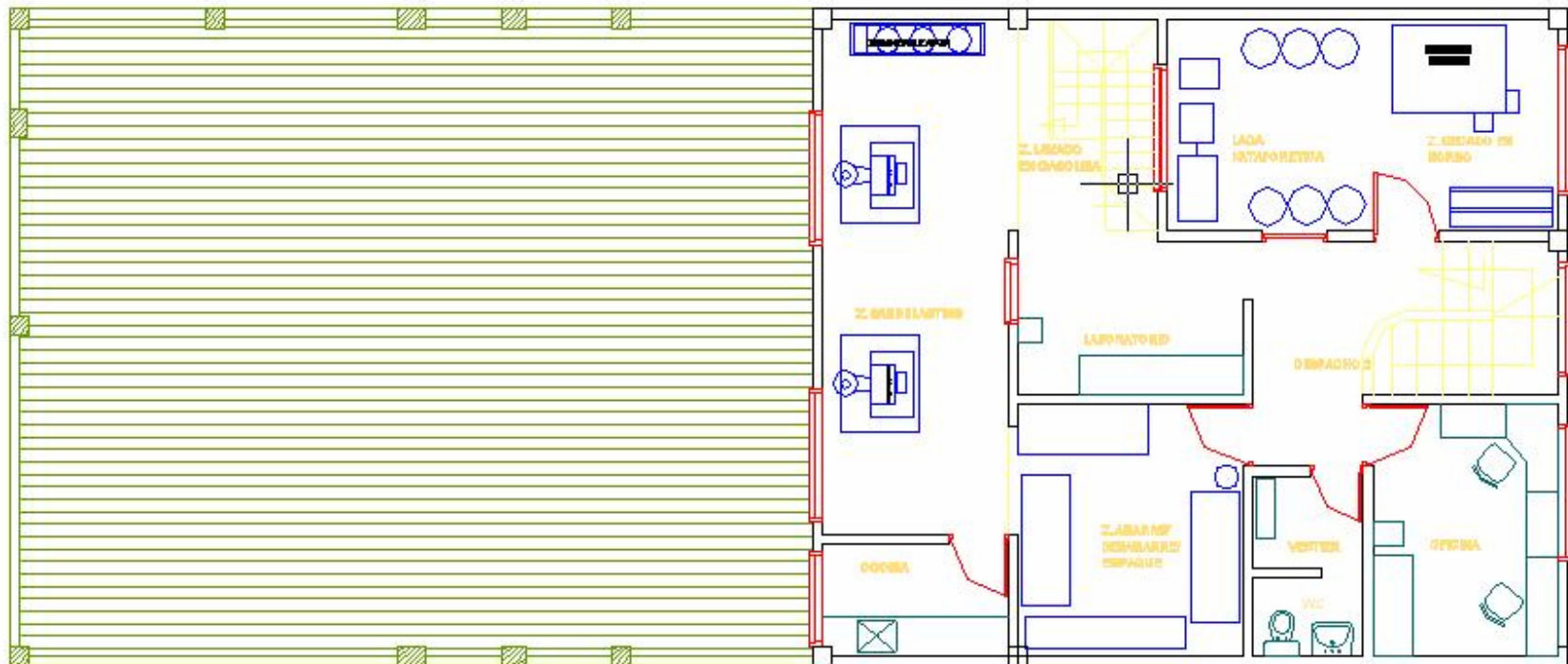
➤ **PRIMER PISO**



★ Alto
☆ Medio
△ Bajo

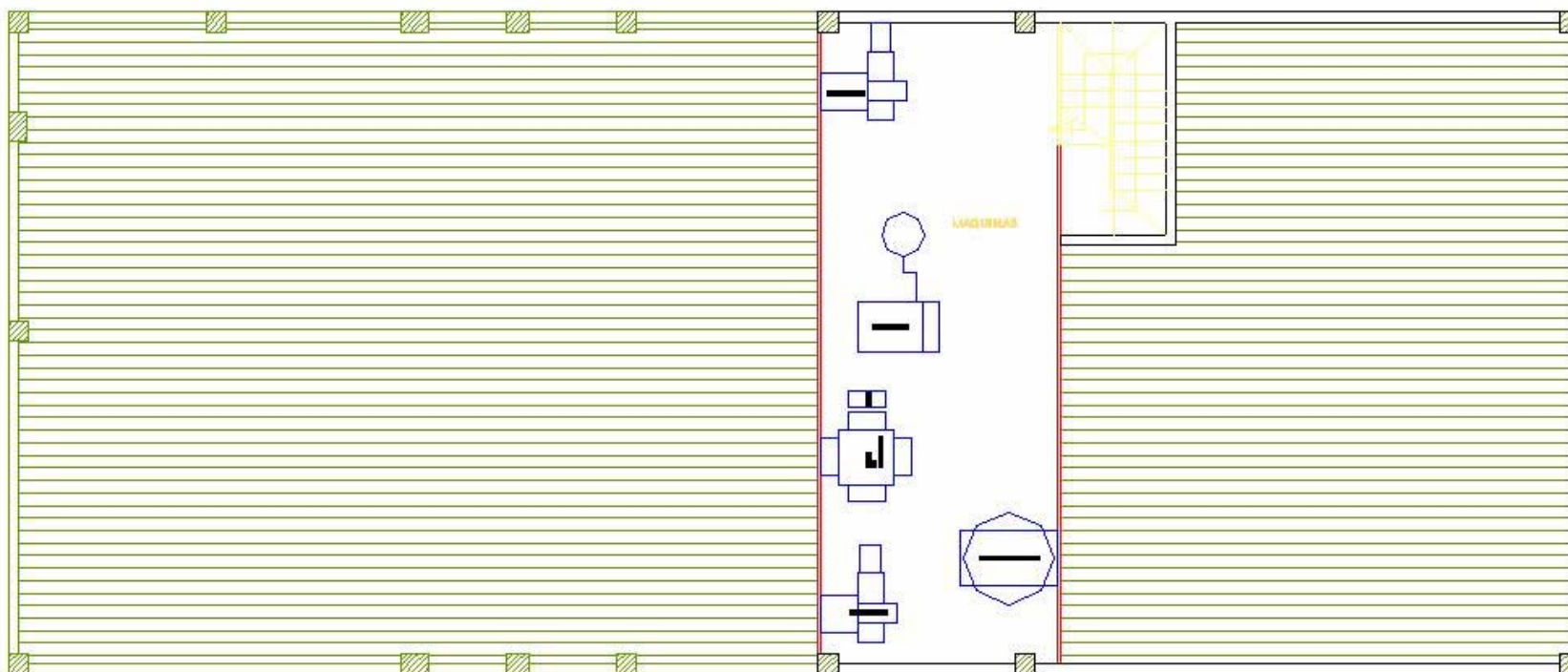
ECOMAPA RESIDUOS

➤ **SEGUNDO PISO**

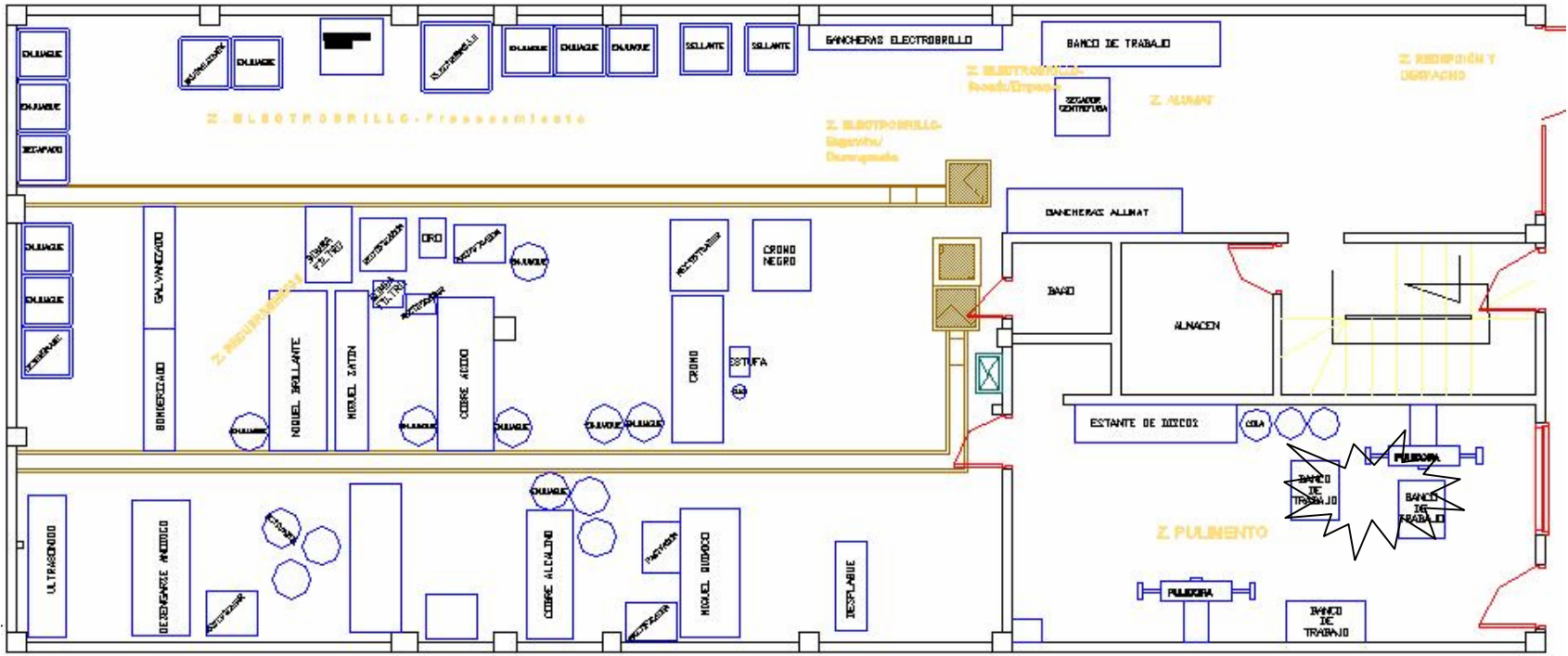


ECOMAPA RESIDUOS

➤ TERCER PISO



3.4.4. ECOMAPA RUIDO
PRIMER PISO

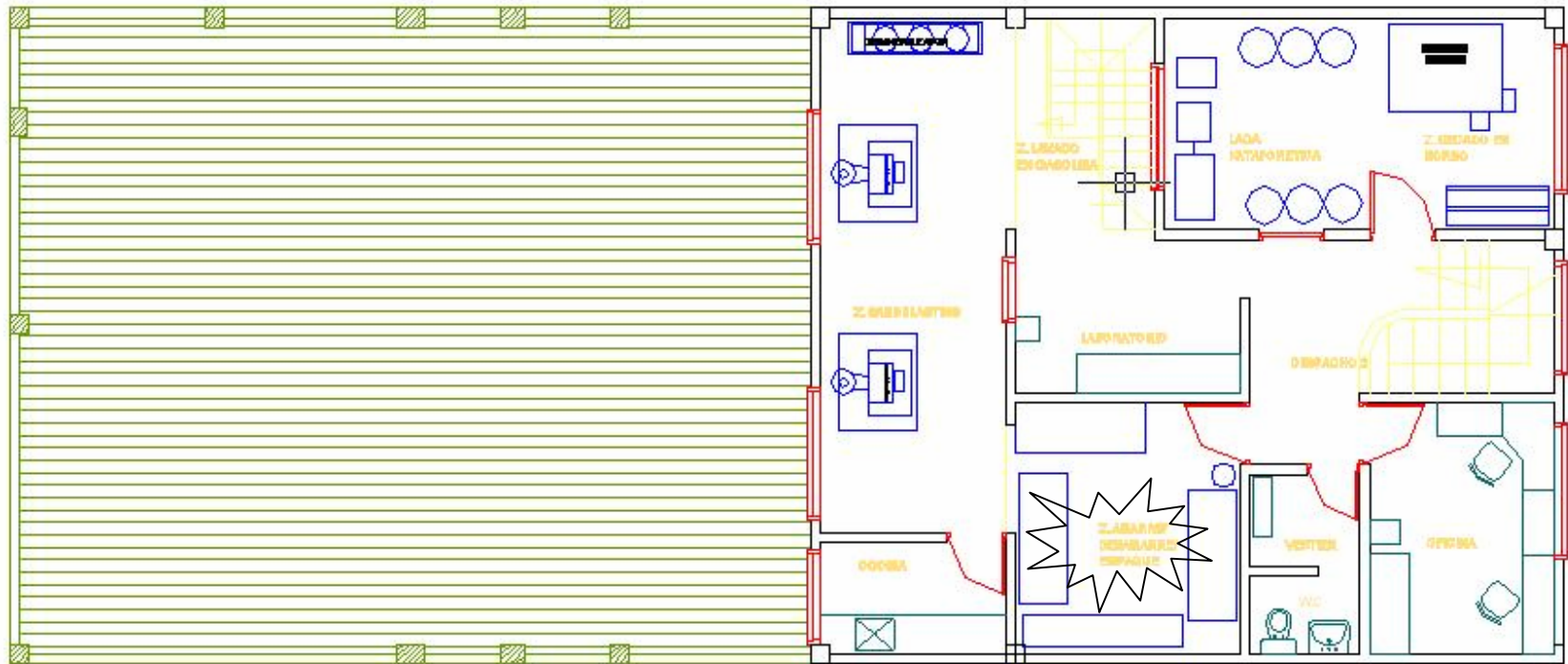


Mayor nivel de ruido

ECOMAPA RUIDO

➤ SEGUNDO PISO

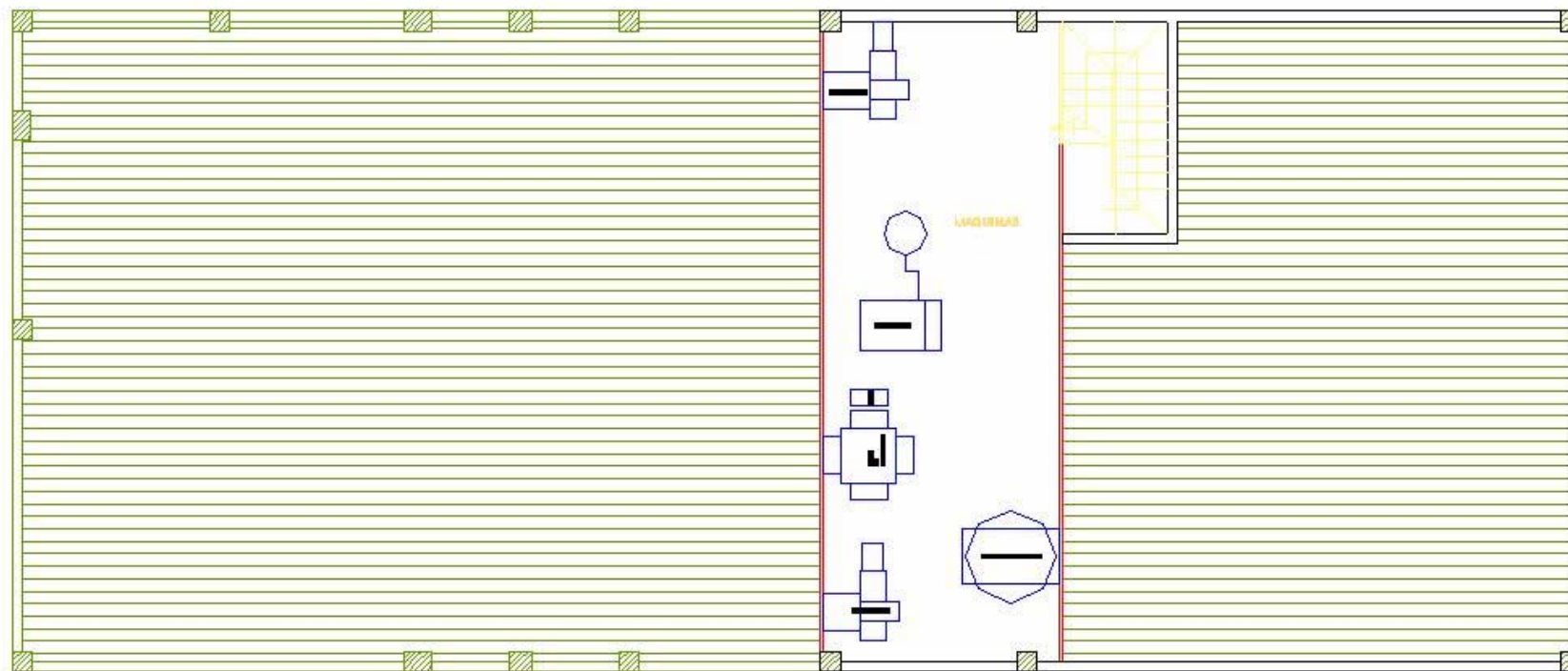
➤ **SEGUNDO PISO**



Mayor nivel de ruido

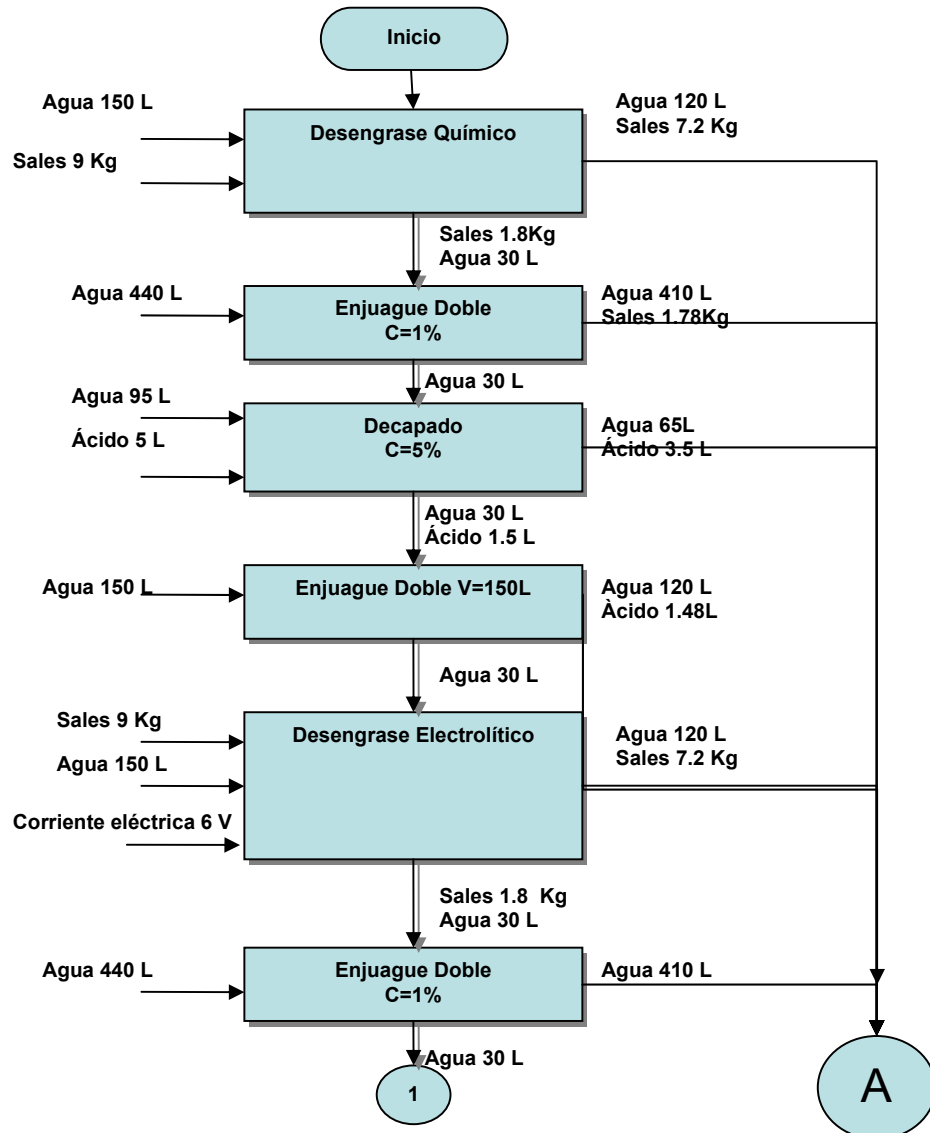
ECOMAPA RUIDO

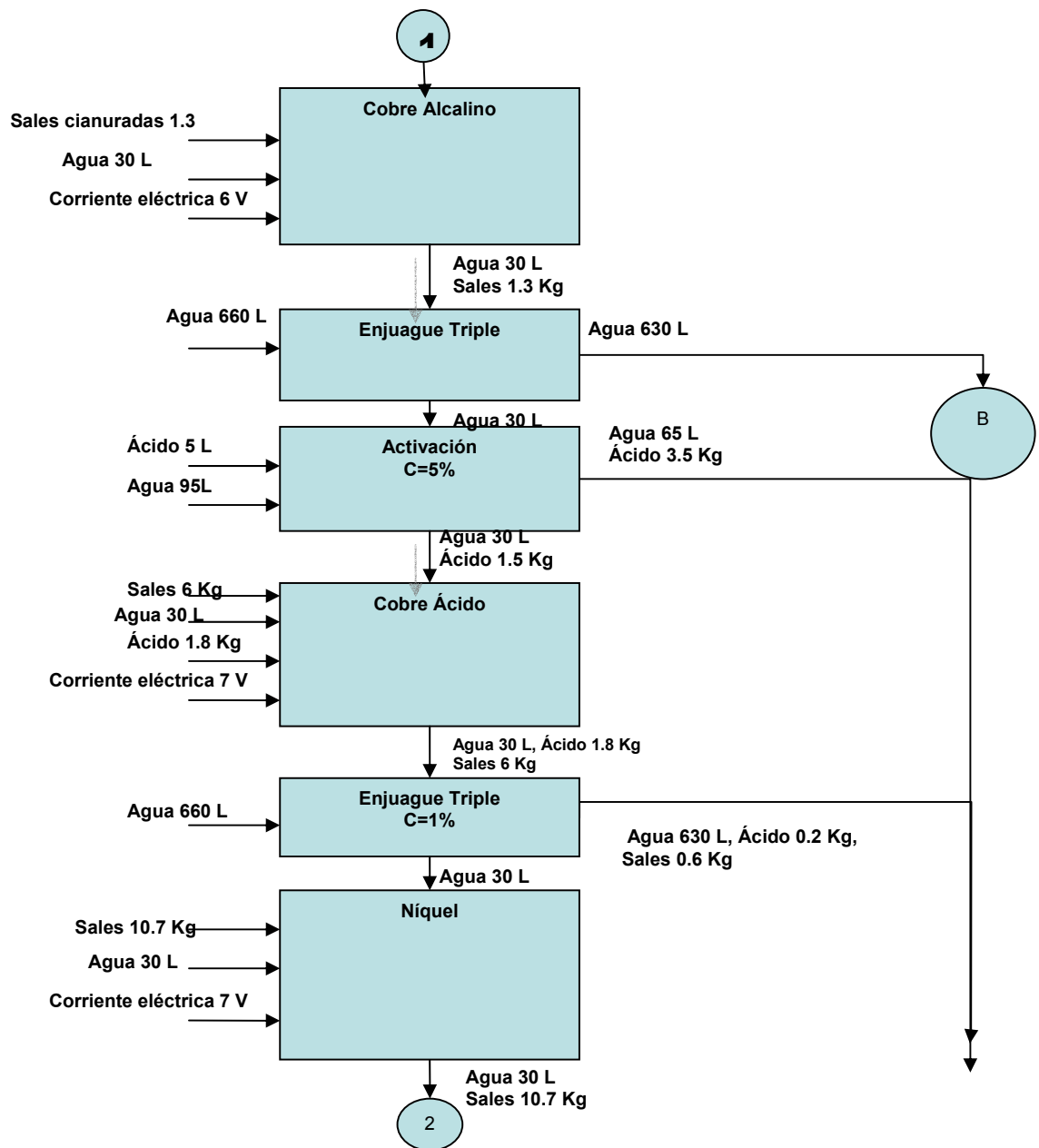
➤ TERCER PISO

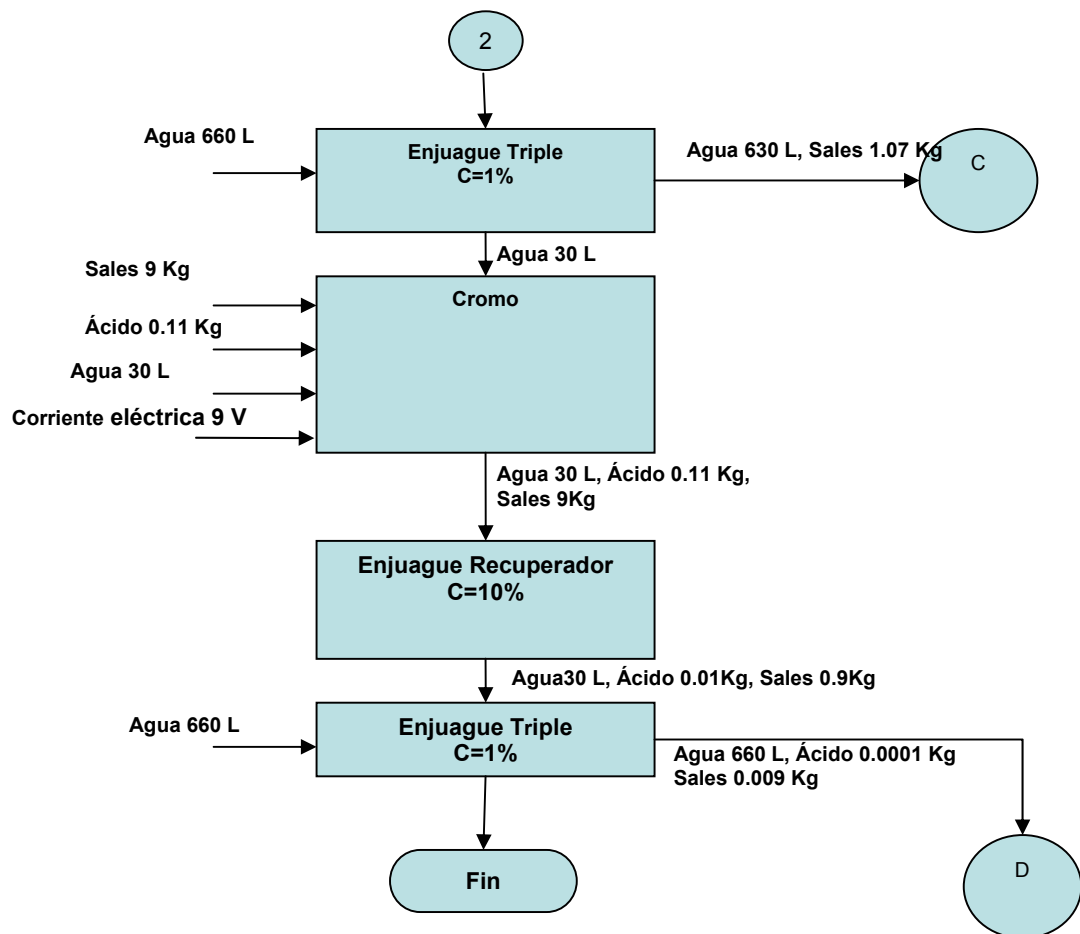


3.5. ECOBALANCE

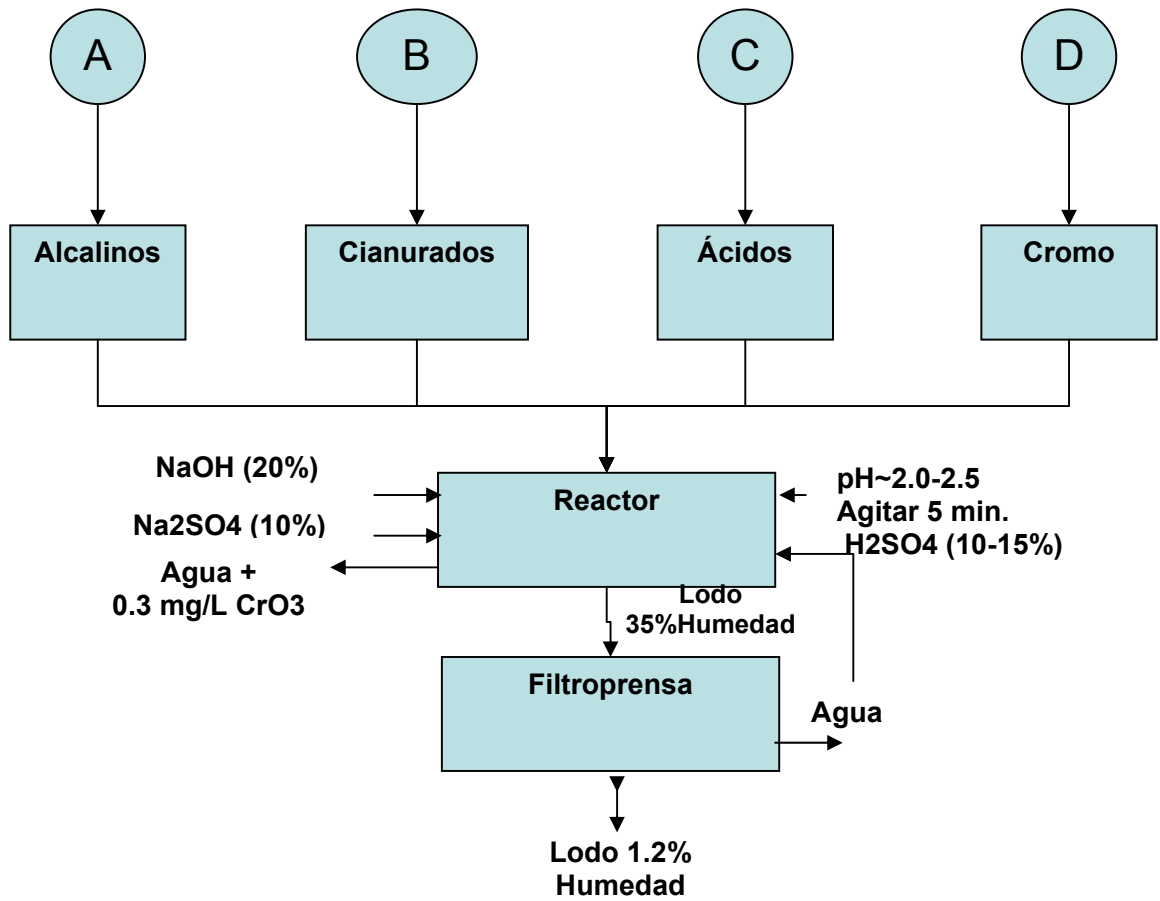
3.5.1. DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE CROMADO SOBRE HIERRO







Para los vertimientos finales A, B, C y D se plantea:



4. ALTERNATIVAS DE PRODUCCION MÁS LIMPIA

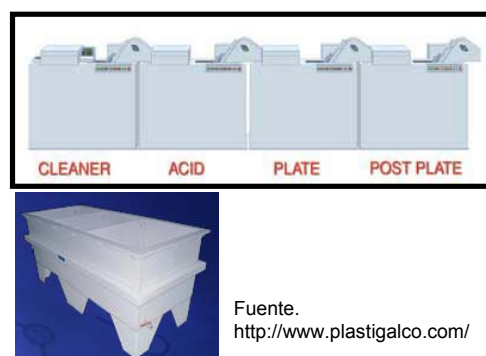
ETAPA	RECURSO A INTERVENIR	ALTERNATIVA
ENJUAGUES	AGUA	1. ENJUAGUES MÚLTIPLES EN CONTRACORRIENTE FLUJO CONTINUO Y TANQUES RECUPERADORES. 2. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA 3. SENSORES DE CONDUCTIVIDAD. 4. BOMBAS DE CONTROL DE FLUJO DE AGUA AUTOMÁTICAS.
PRETRATAMIENTO (Pulido)	PASTA COLA ENERGIA ELECTRICA	5. IMPLEMENTAR UN PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. 6. COLOCAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO.
DESENGRASES	ENERGIA ELECTRICA *CALOR	7. AISLAR LOS TANQUES CON RECUBRIMIENTOS QUE CONSERVEN EL CALOR COMO EL ICOPOR Y/O FIBRA DE VIDRIO. 8. IMPLEMENTAR DESENGRASES EN FRÍO.

ETAPA	RECURSO A INTERVENIR	ALTERNATIVA
BAÑOS ELECTROLITICOS (Níquel y cromo)	ENERGÍA ELÉCTRICA *CALOR *ELECTRICIDAD	<p>9. IMPLEMENTAR RECUPERADORES DE VAPORES POR CONDENSACION (ESFERAS EN POLIPROPILENO).</p> <p>10. CAMBIAR SISTEMAS DE FILTRACIÓN DE DISCOS A CARTUCHOS.</p> <p>11. RESISTENCIAS CON CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA</p>

➤ **TANQUES PARA ENJUAGUE EN CONTRACORRIENTE – FLUJO CONTINUO -**



Fuente. www.serfilco.com



Fuente.
<http://www.plastigalco.com/>

Cada vez que una pieza es enjuagada (en 1 enjuague), la película arrastrada previamente se diluye y esto se repite cada vez que una pieza pasa por el mismo enjuague. Si esto se hace durante un largo periodo de tiempo, la solución se irá concentrando cada vez más hasta alcanzar el equilibrio y a partir de ese momento no importa que tan buena sea la calidad del agua utilizada, ya no podrá seguir diluyendo el arrastre. En este punto nos podemos dar cuenta que para algunos procesos –es el caso del cromado- un (1) solo enjuague no es suficiente para

garantizar un resultado óptimo; el secreto está en mantener el enjuague lo suficientemente diluido para que permita trabajar sin problemas

La alternativa planteada es colocar un tanque en la etapa de enjuague adicional y se aumentará la calidad del mismo y disminuirá el consumo de agua, ya que el cambio de los diferentes enjuagues se hará en periodos de tiempo mas largos; se sabe que para los procesos alcalinos se deben colocar al menos dos (2) enjuagues y un (1) recuperador, mientras que para los procesos ácidos tres (3) enjuagues y un (1) recuperador son recomendables¹⁶.

BENEFICIOS

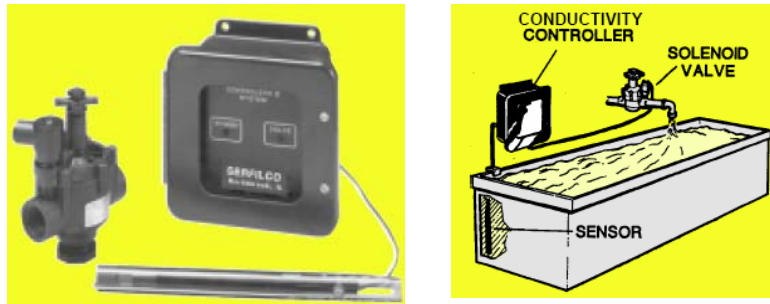
- Disminución del consumo de agua hasta en un 90%.
- Eliminación de pérdidas por goteo en el arrastre.
- Optimización del espacio
- Implementación de recuperador.
- Disminución en los tiempos de proceso.
- Disminución de vertimientos

➤ REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL

¹⁶ Minimizing Water Usage, Money Ted

➤ CONTROL DE CONDUCTIVIDAD

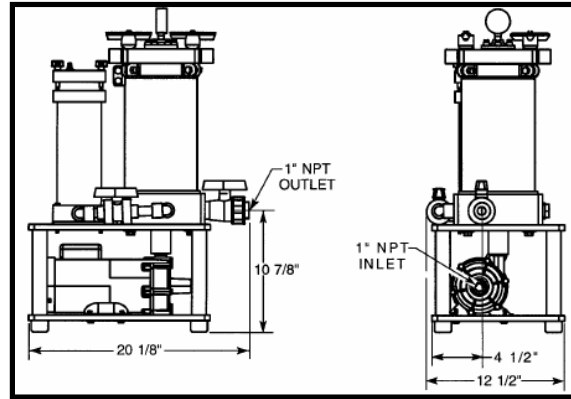


Fuente. www.serfilco.com

BENEFICIOS:

- Ahorros hasta de un 85 % de agua para enjuague
- Elimina rechazos por manchas de gota.
- Reduce lodos en aguas de vertimiento.
- Disminuye la descarga de vertimientos

➤ SISTEMA DE FILTRACIÓN

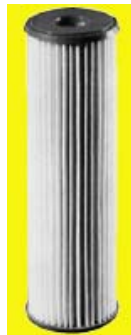


Fuente. www.serfilco.com

ESPECIFICACIONES:

- Capacidad: 1200 gph
- Bomba y cámara de filtración en polipropileno
- Cartuchos de filtración en polipropileno

CARTUCHOS DE FILTRACIÓN

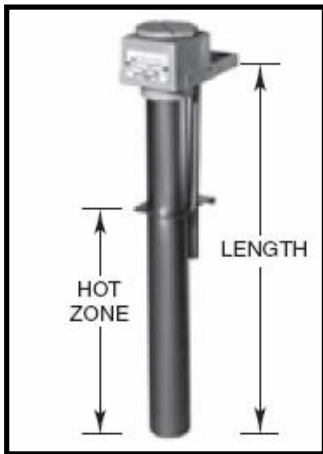


VENTAJAS: Fuente. www.serfilco.com

- Permite una fina filtración a altos caudales.

- Mayor área superficial de contacto.
- Mayor resistencia
- Lavables
- Bajos costos

➤ **RESISTENCIAS DE INMERSIÓN Y CONTROLADOR**

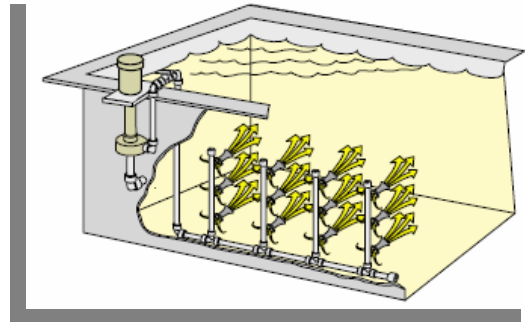
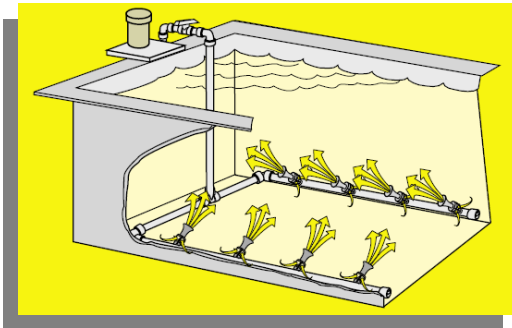


Fuente. www.serfilco.com

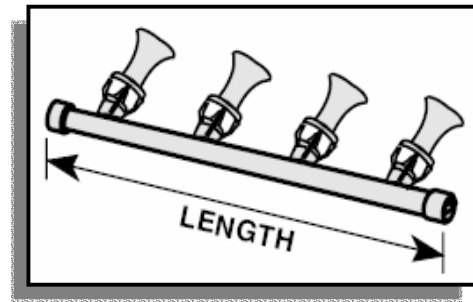
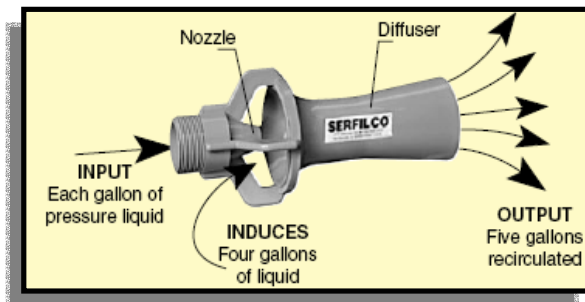
BENEFICOS:

- Fabricadas en materiales altamente resistentes (titanio, acero, plomo, cuarzo).
- Fusibles de seguridad para sobrecarga o caída accidental al tanque.
- Control automático de temperatura

➤ **SISTEMAS DE AGITACIÓN SIN AIRE (EDUCTORES)**



Fuente. www.serfilco.com



Fuente. www.serfilco.com

BENEFICIOS

- Reduce emisiones al aire hasta en un 90%
- Bajan los costos en calentamiento hasta en un 25 %.
- Disminuyen los consumos de abrillantador hasta en un 20 %.
- Ahorro en el consumo de metales gracias a una deposición mas uniforme.
- Permite trabajar a densidades de corriente más altas.
- Reduce los carbonatos en los procesos alcalinos.
- Reduce o elimina las picaduras por gasificación.

➤ **RECUPERADORES DE VAPORES POR CONDENSACION (ESFERAS EN POLIPROPILENO)**



BENEFICIOS

- Excelente resistencia química.
- Bajo peso específico (menos que el agua)
- Alto punto de fusión
- Es un aislador eléctrico excelente
- Se utiliza a menudo donde se requiere la capacidad de flotar en los baños electrolíticos a alta temperatura.
- Es altamente resistente a las sustancias químicas, tales como ácidos, los álcalis, muchas sustancias inorgánicas, soluciones salinas, solventes, gasolina (gasolina), agua, aceites, grasas, detergente.

CONTINUOUS HEAT RESISTANCE	
MATERIAL TYPE	TEMPERATURE °C
Silicon	+315
Teflon	+287
Nylon	+163
Polypropilene	+149
Polycarbonate	+121

Polyesther	+121
High density polyethylene	+121
Delrin	+105
Vulkollan	+94
Acrylic	+82
Polystyrene	+76

<http://www.rgpballs.com>

4.1. EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS.

4.1.1. INVERSION Y RETORNO

COSTO DE INEFICIENCIA ANUAL	\$ 32.550.132
COSTOS DE IMPLEMENTACION DE ALTERNATIVAS	\$ 20.852.360
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN	9 MESES

Fuente. El autor

Tabla 16. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de cromado.

Materia prima	Fórmula	Cantidad recomendada g/L
Trióxido de cromo (Ácido crómico)	CrO_3	250- 300
Sulfato (Ácido sulfúrico)	SO_4	2.5 – 3.0
Relación Crómico:Sulfato	$\text{CrO}_3:\text{SO}_4$	100:1
Temperatura (°C)	T	45
Voltaje (V)	V	12

Tiempo de inmersión (pieza)	t	30 – 60 seg.
-----------------------------	---	--------------

Fuente: Eduardo Ojeda Burbano. Contratista Acercar.

Tabla 17. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de niquelado.

Materia prima	Fórmula	Cantidad recomendada g/L
Sulfato de Níquel	NiSO ₄	250 - 300
Cloruro de Níquel	NiCl ₂	60 - 90
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	45 - 55
pH		4.0 – 4.4
Temperatura (°C)	T	45 - 55
Voltaje	V	6 - 8
Tiempo de Inmersión	t	15 – 30 min

Fuente: Eduardo Ojeda Burbano. Contratista Acercar.

Tabla 18. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de cobrizado ácido.

Materia prima	Fórmula	Cantidad recomendada g/L
Sulfato de Cobre	CuSO ₄	180 - 200
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	60 - 70
Temperatura (°C)	T	18-25
Voltaje	V	2 - 4
Tiempo de Inmersión	t	7 - 15 min

Fuente: Eduardo Ojeda Burbano. Contratista Acercar.

Tabla 19. Formulación típica del baño electrolítico en el proceso de cobrizado alcalino.

Materia prima	Fórmula	Cantidad recomendada g/L
Cianuro de Cobre	CuCN	30 - 40
Cianuro de sodio	NaCN	11 - 15
Temperatura (°C)	T	18-25
Voltaje	V	6 - 8
Tiempo de Inmersión	t	5 - 10 min

Fuente: Eduardo Ojeda Burbano. Contratista Acercar.

4.2. INDICADORES

De acuerdo a la evaluación realizada planteamos los siguientes indicadores como método de autogestión:

Cantidad de agua usada por día por área de Aluminio o Coll Roll cromada

Cantidad de agua usada por unidad de producto

Tabla 20. Indicadores Ambientales

ASPECTO	INDICADOR AMBIENTAL	REGISTROS (S/N)	CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
Agua	m ³ /dm ²	S	Sí	Se levanta la información diariamente
Aire	N/A	N/A	N/A	N/A
Energía	kWh/dm ²	S	Sí	Se levanta la información diariamente
Residuos	NO EXISTE			
Vertimientos	NO EXISTE			
Productos químicos	kg/L	S	Sí	Se utiliza para el control de baños electrolíticos
Aceites	N/A	N/A	N/A	N/A
Residuos peligrosos	NO EXISTE			

Fuente: HIGHLIGHTS S. A. Cámara de Comercio de Bogotá, 2006.

➤ *Inversión en temas de Producción Más Limpia*

En la Tabla 21 se resumen las inversiones en temas de PML realizadas por la empresa.

Tabla 21. Inversiones en temas de Producción Más Limpia

INVERSIÓN	AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	COSTO, \$
Agitación hidráulica	2004	12'500.000
Extractores de vapores de	2004	38'000.000

INVERSIÓN	AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	COSTO, \$
electrobrillo		
Desengrase libre de cianuro	2004	300.000

Fuente: HIGHLIGHTS S. A.

4.3. CUMPLIMIENTO DE NORMATIVIDAD

En la Tabla 22 se presenta el estado de cumplimiento de la empresa frente a la normatividad vigente.

Tabla 22. Estado de cumplimiento de la empresa frente a la normatividad vigente

ASPECTO	NORMA APLICABLE	ESTADO DE CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
Agua	Ley 373/97	Incumple	La empresa carece de un Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua
Aire	Decreto 948 de 1995 Decreto. 1208 del 03	Incumple	La empresa emite a la atmósfera vapores ácidos y/o alcalinos sin tratamiento adecuado
Residuos	Decreto 2309 de 1986	Incumple	La empresa dispone como residuo sólido urbano los empaques de los productos químicos que son potencialmente tóxicos. El distribuidor no se hace responsable actualmente de este tipo de residuo especial
Vertimientos	Resolución 1074 de 1997 Resolución 1596 de 2001	Incumple	La empresa vierte al alcantarillado las aguas residuales industriales sin tratamiento adecuado. Se está cotizando la compra de una planta

ASPECTO	NORMA APLICABLE	ESTADO DE CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
			de tratamiento de agua residual industrial
Tasas retributivas	Decreto 901 de 1997		
Productos químicos	Ley 55 del 93	Cumple parcialmente	La empresa ha dado capacitación a los empleados sobre los productos químicos que manipulan; sin embargo, faltan fichas de seguridad de algunos productos químicos, las cuales no han sido suministradas por los proveedores
Aceites	No aplica		
Residuos peligrosos	Decreto 2309 de 1986 Ley 55 del 93	Incumple	La empresa dispone los lodos de los baños de níquel y cromo como residuo sólido urbano, al igual que los empaques de los productos químicos, ya que los proveedores no se hacen responsables de éstos hasta el momento
Publicidad exterior visual	Decreto 959/00	Cumple	La empresa no tiene publicidad exterior visual
Ruido	Decreto 948 de 1995 Resolución 8321/83	Cumple	El ruido de los equipos al exterior de la empresa es imperceptible

Fuente: El autor.

5. CONCLUSIONES

- El sector galvanico consume una gran variedad de materias primas, así como unas cantidades de agua importantes en relación con el tamaño de las instalaciones industriales de que dispone. En consecuencia, genera como elementos residuales cantidades destacadas de compuestos que, mal gestionados, ponen en peligro el propio funcionamiento del sistema.
- Las industrias de tratamiento de superficies metálicas cuya finalidad es protegerlas de la corrosión, mejorar su resistencia al desgaste y erosión, o mejorar su aspecto mediante recubrimientos metálicos utilizan químicos y metales de peligrosidad para la salud humana. Estas materias primas se puede sustituir, siendo este un campo de actuación que ayuda a minimizar la contaminación ambiental.
- Considerando que el punto mas critico es el consumo de agua (en el arrastre y en la fuente) la mayoría de las alternativas tratadas a lo largo de la presente monografía se basan en su reducción y recuperación. Implementando un sistema de enjuagues múltiples en contra corriente de flujo continuo que está demostrado, es el método más eficiente de ahorro de agua en el proceso de cromado.
- Prevenir la contaminación implementando tecnologías de producción mas limpia, sustitución de materiales en los procesos por otros menos peligrosos, y capacitación al personal. Racionalizar el consumo de agua y energía permite una disminución de costos de producción, tratamiento de efluentes y previene sanciones de la autoridad ambiental.
- Con este documento se han querido poner a disposición diferentes alternativas para el sector galvanico con el fin de orientar en la optimización del proceso, de forma que se integren conceptos ambientales.
- El proceso de electro recubrimiento implica una pérdida de exergía o mejor un aumento de la energía, el cual se puede observar claramente en las perdidas de energía térmica a lo largo de la línea de cromado.

6. RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un estudio previo a las empresas de galvanotecnia para establecer las opciones más adecuadas dependiendo su tamaño, para optimizar la actividad industrial y ejecutar profesionalmente teniendo en cuenta el aspecto medio ambiental.
- Evaluando la distribución de planta actual se determinó que los tiempo de desplazamiento y flujo de material se podían mejorar por lo que se propone una nueva distribución que cuente con menos espacio en el transporte de material, minimizando el tiempo de desplazamiento de las piezas a tratar y las perdidas por goteo o arrastre entre las diferentes etapas del proceso.
- Las empresas dedicadas a la galvanotecnia deben implementar estrategias de producción mas limpia, antes de invertir en sofisticados sistemas de control de procesos y tratamiento de efluentes.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACERCAR, DAMA, ""Unidad De Asistencia para la Pequeña y Mediana industria" Bogotá.
- ACERCAR, CAMARA DE COMERCIO, DAMA- "Guia ambiental para el manejo de materiales peligrosos em lãs MIPYMES". Bogotá.
- ACERCAR, DAMA, "Galvanotecnia. Planes de acción para mejoramiento ambiental". 3er Mundo Editores. Bogotá
- ANDRADE, C. (1996), "Eco balances", Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Documentación Interna. Highs Light
- FUNDES COLOMBIA, "Guía De Buenas practicas para el sector Galvanotecnia". Bogotá.
- PRIETO, Rosa Erlide. Propuesta alternativas de producción mas limpia. casa vinícolas los frayles. Universidad de La Sabana. Especialización en Ingeniería Ambiental. Bogota, 2003
- MÁRQUEZ, Ricardo León. Sistemas de Gestión Ambiental, Conceptos y Herramientas. En: Taller Regional de Producción más Limpia - Región Santanderes. Centro Nacional de Producción Más Limpia - Colombia.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, (1997), "Política Nacional de Producción más Limpia", propuesta presentada al Consejo Nacional Ambiental, Santa i.e. de Bogotá, Colombia.
- MILTON Susan J; JESSEN C. Arnold. "Probabilidad y estadística para aplicación en ingeniería y ciencias computacionales". 4ª edición. Mexico 2004. Editorial McGraw Hill

- MONTGOMERY D.C Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería 2da edición. México 2002. Editorial Limusa
- ORMAZABAL F.J. “Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones”.
- www.dama.gov.co
- www.ideam.gov.co
- www.ideam.gov.co/temas/calidad/dgo.pdf
- www.minambiente.gov.co
- www.serfilco.com

ANEXOS

ANEXO A.

Fichas Internacionales de Seguridad Química		
CADMIO		ICSC: 0020
D A T O S I M P O R T A N T E	ESTADO FISICO; ASPECTO	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION
	Grumos blandos entre azules y blancos o polvo gris; se vuelve quebradizo por exposición a 80°C y pierde el brillo en ambientes húmedos.	La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La inhalación del humo puede originar edema pulmonar (véanse Notas) y fiebre de los humos metálicos.
	PELIGROS QUIMICOS	Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
	Puede explotar por calentamiento intenso. El polvo reacciona con oxidantes, azida de hidrógeno, cinc, selenio y telurio, causando peligro de incendio o explosión.	
	LIMITES DE EXPOSICION	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
	TLV (como TWA): 0.01 mg/m ³ A2 (polvo total); 0.002 mg/m ³ A2 (fracción respirable) (ACGIH 1993-1994).	Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida a las partículas de polvo. La sustancia puede afectar al riñón, dando lugar a proteinuria y disfunción del riñón.
	VIAS DE EXPOSICION	Esta sustancia es probablemente carcinógena para los seres humanos.
	La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.	
PROPIEDADES FISICAS	RIESGO DE INHALACION	
	La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.	
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 765°C	
	Punto de fusión: 321°C	
	Densidad relativa (agua = 1): 8.6	
	Solubilidad en agua: Ninguna	
	Temperatura de autoignición: 250°C	

<div>DATOS</div> <div>AMBIENTALES</div>		
<div>NOTAS</div>		
<p>Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como agua, espuma, dióxido de carbono y halones.</p> <p>Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.</p> <p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se ven agravados por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.</p> <p>NO llevar a casa la ropa de trabajo.</p>		
<div>INFORMACION ADICIONAL</div>		
CADMIO		ICSC: 0020
<div>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</div>	<p>Ni la CCE ni el IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea (CEE 67/548) y sus adaptaciones. Las frases de riesgo específico (frases R) y los consejos de prudencia (frases S) no traspuestas a 31 de Mayo de 1992 a la normativa española están marcadas (*).</p>	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

COBRE

ICSC: 0240

<p>COBRE (polvo) Cu</p> <p>Masa atómica: 63.5 CAS: 7440-50-8 RTECS: GL5325000 ICSC: 0240</p>			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	LUCHA CONTRA INCENDIOS/ PRIMEROS AUXILIOS
INCENDIO	Combustible.	Evitar las llamas.	Agentes especiales, arena seca, NO utilizar otros agentes.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
• Inhalación	Tos, dolor de cabeza, jadeo, dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
• Piel	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• Ojos	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

<ul style="list-style-type: none">• Ingestión	Dolor abdominal, náuseas, vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).	Separado de (véanse Peligros Químicos).		
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0240	Preparada en colaboración entre el IPCS y la CCE. © CCE, IPCS, 1991. Versión española traducida y editada por el INSHT		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

COBRE

ICSC: 0240

DATOS IMPORTANTES	ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo rojo, vira a verde por exposición a ambientes húmedos.	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.
	PELIGROS QUIMICOS Se forman compuestos inestables frente al choque con compuestos acetilénicos, óxido de etileno y azidas. Reacciona con oxidantes fuertes tales como cloratos, bromatos e iodatos, originando peligro de explosión.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La inhalación del humo puede originar fiebre de los humos metálicos (véanse Notas).
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 0.2 mg/m ³ (humos) (ACGIH 1993-1994). TLV (como TWA): como Cu; 1 mg/m ³ (polvo y nieblas) (ACGIH 1993-1994).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel.
	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.	
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 2595°C Punto de fusión: 1083°C Densidad relativa (agua = 1): 8.9 Solubilidad en agua: Ninguna	

DATOS
AMBIENTALES

NOTAS

Los síntomas de la fiebre de los humos metálicos no se ponen de manifiesto hasta pasadas algunas horas.

INFORMACION ADICIONAL

COBRE

ICSC: 0240

<p>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</p>	<p>Ni la CCE ni el IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea (CEE 67/548) y sus adaptaciones. Las frases de riesgo específico (frases R) y los consejos de prudencia (frases S) no traspuestas a 31 de Mayo de 1992 a la normativa española están marcadas (*).</p>
-----------------------------------	---

CROMO

ICSC: 0029

CROMO
(polvo)
Cr (metal)
Masa atómica: 52.0

Nº CAS 7440-47-3
Nº RTECS GB4200000
Nº ICSC 0029

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible si se encuentra en forma de polvo. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas si se encuentra en forma de polvo.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION	Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.	Evitar el depósito del polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión del polvo.	
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡HIGIENE Estricta!	
<input type="checkbox"/> INHALACION	Tos.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<input type="checkbox"/> PIEL	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
<input type="checkbox"/> OJOS	Enrojecimiento.	Pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

<div>☐ INGESTION</div>	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger con aspirador el material derramado, recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador con filtro P2 para partículas nocivas).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 0029	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

CROMO

ICSC: 0029

DATOS IMPORTANTES	ESTADO FISICO; ASPECTO Metal gris, brillante.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular.	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con oxidantes fuertes como por ejemplo el peróxido de hidrógeno, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona con ácido sulfúrico e hidróclórico diluido. Incompatible con álcalis y carbonatos alcalinos.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 0.5 mg/m ³ A4 (ACGIH 1997-1998).	
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 2642°C Punto de fusión: 1900°C	Densidad relativa (agua = 1): 7.14 Solubilidad en agua: Ninguna.
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Los límites de explosividad no se encuentran referenciados en la bibliografía. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 5-056 CROMO		
ICSC: 0029		CROMO
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

SULFATO DE NIQUEL

ICSC: 0063

SULFATO DE NIQUEL

Sulfato níqueloso

 NiSO_4

Masa molecular: 154.8



Nº CAS 7786-81-4

Nº RTECS QR9350000

Nº ICSC 0063

Nº CE 028-009-00-5

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	
<input type="checkbox"/> INHALACION	Tos, dolor de garganta.	Ventilación (no si es polvo), extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
<input type="checkbox"/> PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
<input type="checkbox"/> OJOS	Enrojecimiento.	Gafas de protección de seguridad o pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria, si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
<input type="checkbox"/> INGESTION	Dolor abdominal, vértigo, dolor de cabeza, náuseas, vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>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. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).</p>		<div>   </div> <p> símbolo Xn símbolo N R: 22-40-42/43- </p> <p> 50/53 S: (2-)22-36/37-60-61 CE: </p>
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
<div> <div>ICSC: 0063</div> <div> Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994 </div> </div>		

SULFATO DE NIQUEL

ICSC: 0063

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Cristales amarillos e inodoros.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente a 848°C, produciendo humos tóxicos de trióxido de azufre y óxido de níquel. La disolución en agua es un ácido débil.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 0.1 mg/m ³ (como Ni) (ACGIH 1995-1996). MAK: III A1 (1996).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La exposición a inhalación prolongada o repetida puede originar asma. Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al aerosol. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de fusión (se descompone): 848°C Densidad relativa (agua = 1): 3.7	Solubilidad en agua: Elevada (29.3 g/100 ml a 0°C)
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Toda persona que haya mostrado síntomas de asma, NO debe entrar nunca en contacto con esta sustancia.		
INFORMACION ADICIONAL		

FISQ: 4-176 SULFATO DE NIQUEL	
ICSC: 0063	SULFATO DE NIQUEL © CCE, IPCS, 1994
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).


SULFATO DE COBRE (Anhidro)

ICSC: 0751

Sulfato de cobre
Sulfato de cobre(2+)
 CuSO_4
Masa molecular: 159.6

Nº CAS 7758-98-7
Nº RTECS GL8800000
Nº ICSC 0751
Nº CE 029-004-00-0

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
<input type="checkbox"/> INHALACION	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<input type="checkbox"/> PIEL	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes protectores.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
<input type="checkbox"/> OJOS	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<input type="checkbox"/> INGESTION	Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Diarrea. Náuseas. Shock o colapso. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	NO provocar el vómito. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	

<p>Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).</p>	<p>Mantener en lugar seco. Bien cerrado.</p>	<div data-bbox="1066 324 1316 459">  </div> <div data-bbox="1316 324 1444 481"> <p>NU (transporte): No clasificado</p> </div> <div data-bbox="1066 481 1316 728"> <p>o CE: símbolo Xn símbolo N R: 22-36/38-50/53 S: 2-22-60-61</p> </div>
<p>VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE</p>		
<p>ICSC: 0751</p>	<p>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003</p>	

SULFATO DE COBRE (Anhidro)

ICSC: 0751

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Cristales blancos higroscópicos.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	PELIGROS QUIMICOS Reacciona violentamente con hidroxilamina, causando peligro de incendio. Reacciona con magnesio, formando gas inflamable/explosivo (hidrógeno - véase ICSC 0001) Ataca el hierro y el zinc en presencia de agua..	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas dispersadas en el aire, especialmente en estado de polvo.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como cobre): 1 mg/m ³ (como TWA) (ACGIH 2003) MAK: 1 (I) mg/m ³ ; categoría de limitación de pico: II (2) (DFG 2003)	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION El aerosol irrita severamente los ojos y la piel, e irrita el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. Si se ingiere, la sustancia puede causar efectos en sangre, riñón e hígado, dando lugar a anemia hemolítica, y a alteración en riñones e hígado.
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetidato the aerosol. La sustancia puede afectar al hígado al ser ingerida.
PROPIEDADES FISICAS	Se descompone por debajo del punto de ebullición a 650°C Densidad: 3.6g/cm ³	Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 20.3
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. En la cadena alimentaria referida a los seres humanos tiene lugar bioacumulación, por ejemplo en peces. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.	
NOTAS		
INFORMACION ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 2001 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003

	FISQ: 6-172
ICSC: 0751	<p>SULFATO DE COBRE (Anhidro)</p> <p>© CE, IPCS, 2003</p>
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>

ANEXO B

NORMATIVIDAD AMBIENTAL

NORMATIVIDAD	OBSERVACIONES
LEY 99 DE 1993	Acoge la declaración de Río de Janeiro de 1992. Asume la Biodiversidad como patrimonio nacional e interés de la humanidad Consagra protección especial a fuentes y nacimientos de agua. Instaura los estudios de impacto ambiental como requisito previo a la realización de ciertas obras.
Acuerdo 09 de 1990. Ley 99 de 1993 decreto 673/95	Programa “formar ciudad” plan de desarrollo económico social y de obras públicas
Decreto 1753 de 1994, decreto ley 2150 de 1995, Resoluciones Mina ambiente de 1996 y 1997	Licencia Ambiental: requisitos, condiciones y obligaciones para prevenir, mitigar corregir o compensar los efectos ambientales del proyecto o actividad autorizada.
Decreto 02 de 1982 y Decreto 948 de 1995	Legislación protección y control de la calidad del aire
Decreto 2107 de 1995, resolución 1351, 1619, y 898 de 1995	Reglamentación protección y control de la calidad del aire
Decreto 1594 de 1984, Resolución 2314 de 1986, Resolución J.D. Eva 055 de 1987, resolución 1074 de 1997 – DAMA	Normatividad vigente del recurso agua
Decreto 901 de 1997	Tasas retributivas (vertimientos)
Decreto 2104 de 1983, resolución 2309 de 1986, Ley 430 de 1998	Normatividad Residuos sólidos
Ley 491 de 1999	Seguro ecológico – Delitos ambientales

ANEXO C

GLOSARIO

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades.

CARGA CONTAMINANTE DIARIA (Cc). Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de la sustancia contaminante, por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas, es decir:

$$Cc = Q \times C \times 0.0864 \times (t/24)$$

donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

2

Q = Caudal promedio, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0864 = Factor de conversión de unidades

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

En el cálculo de la carga contaminante de cada sustancia, objeto del cobro de la tasa retributiva por vertimientos, se deberá descontar a la carga presente en el afluente las mediciones de la carga existente en el punto de captación del recurso siempre y cuando se capte en el mismo cuerpo de agua.

CAUDAL PROMEDIO (Q). Corresponde al volumen de vertimientos por unidad de tiempo durante el período de muestreo. Para los efectos del presente decreto, el caudal promedio se expresará en litros por segundo (l/s).

CONCENTRACIÓN (C). Es el peso de un elemento, sustancia o compuesto, por unidad de volumen del líquido que lo contiene. Para los efectos del presente decreto, la concentración se expresará en miligramos por litro (mg/l), excepto cuando se indiquen otras unidades.

CONSECUENCIA NOCIVA. Es el resultado de incorporar al recurso hídrico una o varias sustancias contaminantes, que alteren las condiciones de calidad del recurso o que no puedan ser asimiladas por el mismo.

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Se tendrán en cuenta las definiciones establecidas en el Decreto *1713 de 2002*, y las del Decreto N° *3100 de 2003*, estas son:

ENJUAGAR. Es reemplazar por una película de agua inocua la capa contaminante que queda adherida a la pieza una vez sale de la solución del proceso.; un enjuague se puede considerar eficiente siempre y cuando además de cumplir su función de “enjuagar” debe hacerlo de forma económica y con el menor esfuerzo posible.

GESTIÓN: Es un conjunto de los métodos, procedimientos y acciones desarrollados por la Gerencia, Dirección o Administración del generador de residuos hospitalarios y similares, sean estas personas naturales y jurídicas y por los prestadores del servicio de desactivación y del servicio público especial de aseo, para garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente sobre residuos hospitalarios y similares.

GESTIÓN INTEGRAL: Es el manejo que implica la cobertura y planeación de todas las actividades relacionadas con la gestión de los residuos hospitalarios y similares desde su generación hasta su disposición final.

GENERADOR: persona que produce residuos sólidos y es usuario del servicio

LÍMITES PERMISIBLES DE VERTIMIENTO. Es el contenido permitido de un elemento, sustancia, compuesto o factor ambiental, solos o en combinación, o sus productos de metabolismo establecidos en los permisos de vertimientos y/o planes de cumplimiento de conformidad con lo establecido en el artículo 30 del presente decreto.

Los límites permisibles de vertimiento de sustancias, parámetros, elementos o compuestos fijados en los permisos de vertimiento o planes de cumplimiento determinarán la consecuencia nociva de dichos vertimientos.

LODO. Suspensión de materiales en un líquido proveniente del tratamiento de aguas residuales, del tratamiento de efluentes líquidos o de cualquier actividad que lo genere.

MONITOREO. Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas de una característica, elemento, parámetro o de un proceso en un sitio y período determinados, con el objeto de verificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública.

RESIDUO SÓLIDO O DESECHO. Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos, aquellos provenientes del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.

MUESTRA COMPUESTA. Es la integración de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el período de muestras.

MUESTRA PUNTUAL. Es la muestra tomada en un lugar representativo, en un determinado momento.

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO. Plan en virtud del cual se establecen en forma genérica los diferentes usos a los cuales está destinado el recurso hídrico de una cuenca o cuerpo de agua, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 o las normas que lo sustituyan o modifiquen.

PERÍODO DE DESCARGA MENSUAL (T). Corresponde al número de días durante el mes en el cual se realizan vertimientos.

PROYECTOS DE INVERSIÓN EN DESCONTAMINACIÓN HÍDRICA. Son todas aquellas inversiones cuya finalidad sea mejorar la calidad físico-química y/o

bacteriológica de los vertimientos o del recurso hídrico. Se incluyen inversiones en interceptores, emisarios finales y sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como los estudios y diseños asociados a los mismos.

PUNTO DE CAPTACIÓN. Es el lugar en el cual el usuario toma el recurso hídrico para cualquier uso.

PUNTO DE DESCARGA. Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento, en el cual se deben llevar a cabo los muestreos y se encuentra ubicado antes de su incorporación a un cuerpo de agua.

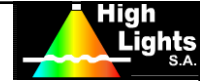
RECURSO. Se entiende como recurso todas las aguas superficiales, subterráneas, marinas y estuarinas.

TARIFA DE LA TASA RETRIBUTIVA. Es el valor que se cobra por cada kilogramo de sustancia contaminante vertida al recurso.

USUARIO. Es usuario toda persona natural o jurídica, de derecho público o privado, cuya actividad produzca vertimientos puntuales.

VERTIMIENTO. Es cualquier descarga final al recurso hídrico, de un elemento, sustancia o compuesto que esté contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios o aguas residuales.

VERTIMIENTO PUNTUAL. Es aquel vertimiento realizado en un punto fijo, directamente o a través de un canal, al recurso.



**DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN
DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA
EN LA INDUSTRIA DE GALVANOTECNIA
EN EL PROCESO DE CROMADO**

ÁLVARO ARANGO GARCÉS
Ingeniero Químico
SANDRA MILENA BALLESTEROS SOLANO
Ecóloga
GINA PATRICIA CASAS GÓMEZ
Ingeniera Industrial

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA
ESPECIALIZACIÓN INGENIERÍA AMBIENTAL
2007**

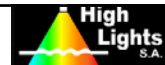


TABLA DE CONTENIDO

- **OBJETIVO GENERAL**
- **OBJETIVOS ESPECIFICOS**
- **PRESENTACIÓN DE HIGH LIGHTS S.A**
- **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**
- **DIAGNOSTICO: APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE PML.**
- **CONCLUSIONES**
- **RECOMENDACIONES**
- **BIBLIOGRAFIA**

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Formular un programa con alternativas de Producción más Limpia (PML) a partir de un diagnóstico, aplicando herramientas como: Matriz DOFA, Eco mapas, Eco balances, Matriz MED y Costos de Ineficiencia para la industria High Lights S.A., en el proceso de cromado, con el fin de mejorar el desempeño ambiental y productivo de la compañía.

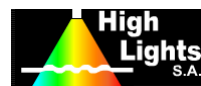


OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Descripción del proceso de cromado.
2. Diagnosticar el proceso de cromado a partir de la aplicación de herramientas de PML como: Matriz DOFA, Eco mapas, Eco balances, Matriz MED y Costos de Ineficiencia.
3. Determinar índice de consumo de agua, energía y residuos por producto terminado para el proceso de cromado.
4. Determinar áreas críticas en el proceso de cromado, según las herramientas de PML usadas.
5. Plantear alternativas de Producción mas limpia en cada una de las áreas catalogadas como críticas.
6. Realizar la evaluación técnico- económica de las alternativas planteadas.
7. Definir alternativas aplicables después de la evaluación.

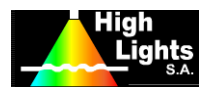


PRESENTACION DE HIGH LIGHTS S.A



- HIGH LIGHTS fue fundada en 1989
- Se dedica a la fabricación y comercialización de sistemas luminosos
- Ubicada en la CI 5C # 23 - 22 (actual planta de galvanotecnia)

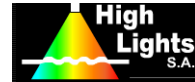
PRESENTACION DE HIGH LIGHTS S.A



- Su nómina cuenta con 150 empleados, distribuidos así: 49 operativos y 101 administrativos.
- Cobertura a nivel Nacional y en el exterior, en **Costa Rica, Venezuela, Ecuador y Estados Unidos.**



PRESENTACION DE HIGH LIGHTS S.A



- En la elaboración de sistemas luminosos, se llevan a cabo procesos como:

1. Mecanizado
2. Maquinado
3. Inyección
4. Galvanotecnia



DESCRIPCION DEL PROBLEMA

- En la última etapa del proceso de elaboración de lámparas, las superficies metálicas son sometidas a un proceso de electrorecubrimiento, para dar cromo como acabado final.

INTRODUCCION AL PROBLEMA

PARÁMETRO	EFFECTOS EN INSTALACIONES DE ALCANTARILLADO	EFFECTOS EN AGUAS SUPERFICIALES
pH	<ul style="list-style-type: none"> • Daño a los colectores, por exceso de acidez o alcalinidad. • Inhibición del crecimiento microbiano en los sistemas de tratamiento biológico de las aguas servidas. 	<p>Efectos sobre las aguas destinadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo humano • Bebida animal • Riego • Recreación • Estética • Vida acuática. • Incumplimiento de la normatividad
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de las velocidades de reacciones químicas y bioquímicas, ocasionado por un aumento de temperatura. • Volatilización de compuestos orgánicos presentes en los residuos líquidos, con gasificación y producción de emanaciones tóxicas y mal olor. • La presencia de gases aumenta la presión de las tuberías. • Disminución en la capacidad de las trampas de grasas. 	<p>Las altas temperaturas desfavorecen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La dilución de oxígeno en la masa de agua. • Alteración del desarrollo de la vida acuática. • Incumplimiento a la normatividad.

INTRODUCCION AL PROBLEMA

PARAMETRO	EFFECTOS EN INSTALACIONES DE ALCANTARILLADO	EFFECTOS EN AGUAS SUPERFICIALES
Sólidos suspendidos	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de sedimentos al interior de las tuberías, produciendo obstrucción de fluidos. 	<p>Se produce acumulación de sedimentos ocasionando estancamiento y depósitos en terrenos de uso agrícola.</p> <p>Incumplimiento a la normatividad.</p>
Aceites y grasas	<ul style="list-style-type: none"> • Se dificulta el paso de fluidos. • Disminución en la transferencia de oxígeno. 	<p>Efectos sobre la absorción de oxígeno atmosférico en el agua, afectando los procesos de fotosíntesis de algas, plantas y organismos acuáticos en general.</p>
Sulfatos	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitación de sales insolubles que atacan las tuberías de cemento. 	<p>Incumplimiento a la normatividad.</p>

INTRODUCCION AL PROBLEMA

PARAMETRO	EFFECTOS EN INSTALACIONES DE ALCANTARILLADO	EFFECTOS EN AGUAS SUPERFICIALES
Metales pesados	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el crecimiento microbiano.	Interfieren en los procesos naturales de auto depuración biológica de cuerpos receptores. Incumplimiento a la normatividad.
Detergentes	Interfieren en los procesos biológicos de tratamiento de aguas servidas, inhibiendo el desarrollo microbiano.	Interfieren en los procesos de absorción de oxígeno, creando ambientes anaerobios.

INTRODUCCION AL PROBLEMA

Tabla . Efectos contaminantes en la salud humana.

PARAMETRO	EFFECTO DE SU INHALACION	EFFECTO DE SU INGESTION
Cadmio	Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio. Disfunción renal.	Tumores testiculares Disfunción renal Hipertensión Arterioesclerosis Inhibición del crecimiento Cáncer.
Cromo	Cáncer pulmonar Cáncer gastrointestinal Enfermedades de la piel	Cáncer pulmonar Úlceras Perforaciones en tabique nasal Complicaciones respiratorias
Plomo	Interferencia en el proceso de formación de elementos sanguíneos Daños al hígado y riñón Efectos neurológicos	Afecciones a la piel Anemia Disfunción neurológica Daños al riñón
Níquel	Enfermedad respiratoria Defectos y malformaciones en el nacimiento Cáncer pulmonar Cáncer nasal	
Cianuro	Daños sistema respiratorio Letal	Daños sistema respiratorio Letal

Fuente. Guía de las buenas practicas para el sector galvanotecnia



DIAGNOSTICO

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE PML

PROCESO DE REVESTIMIENTO CON CROMO

Con cromo se pueden hacer dos clases de recubrimiento:

- Cromo decorativo (mate y brillante)
- Cromo duro

Los metales base sobre los cuales se depositan estos recubrimientos son:

- Aluminio
- Cold Rolled

Descripción del proceso de cromado

DIAGRAMA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

• Metal Base: Cold Rolled

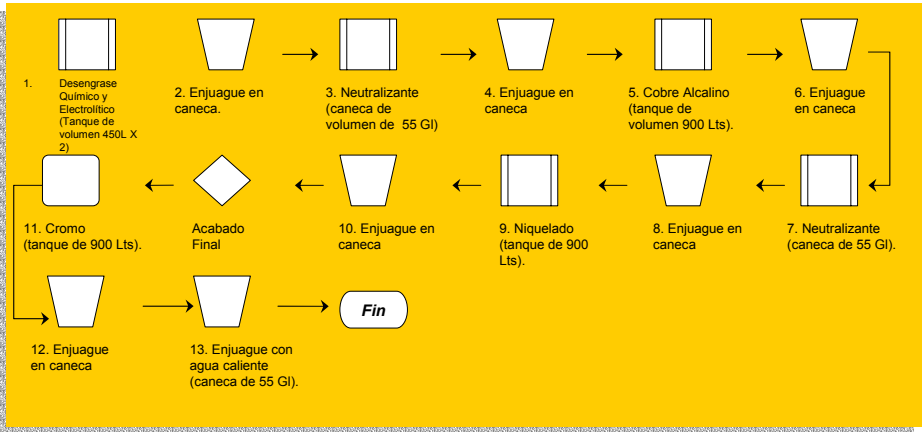
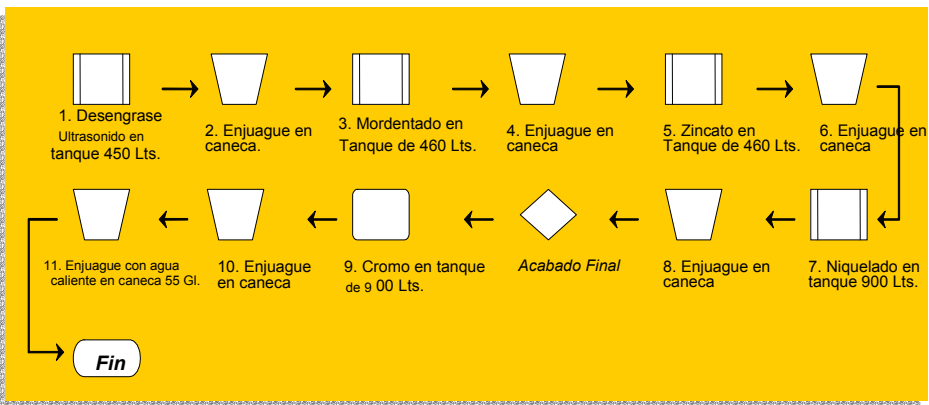


DIAGRAMA DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

Metal Base: Aluminio



DESCRIPCION DEL BALANCE



Recubrimiento de Aluminio con Cromo brillante

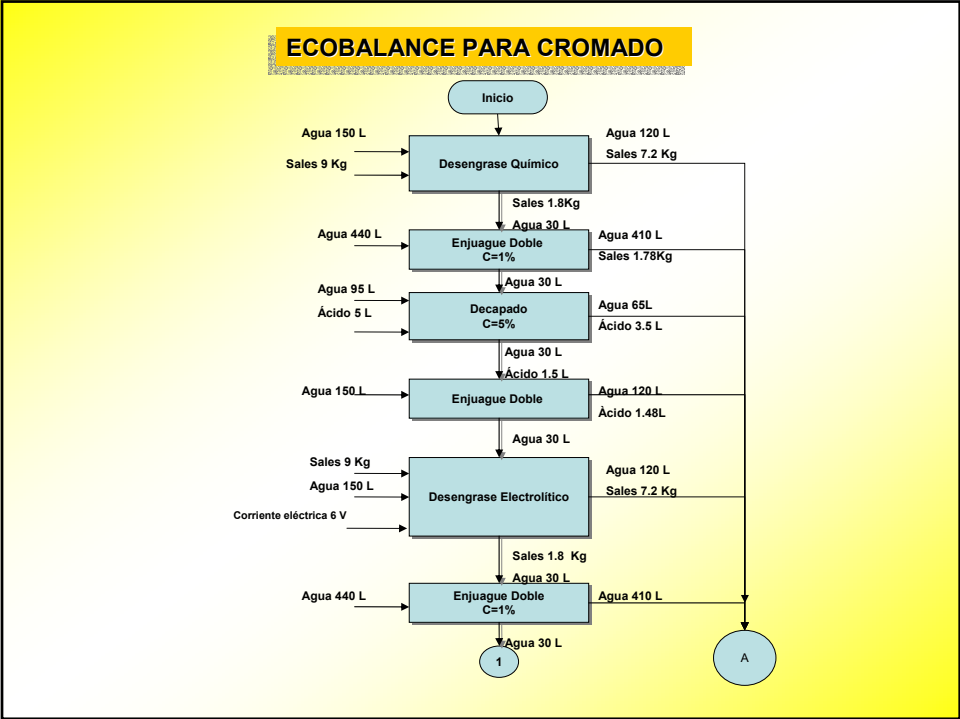
ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas en Aluminio	1. DESENGRASE POR ULTRASONIDO Temperatura: 50C Tiempo: 60 s <i>Metex TS 40A.: 50 g/L</i> <i>Solución acuosa</i>	VERTIMIENTO <i>Metex TS 40A.: 50 g/L</i> <i>Solución acuosa</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	Alcantarillado

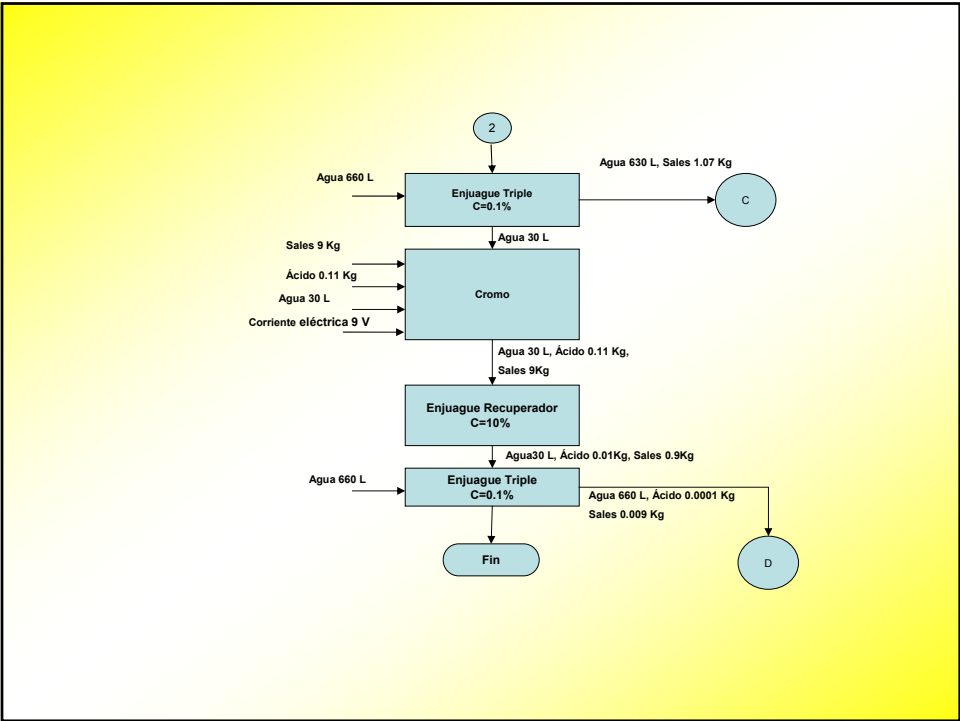
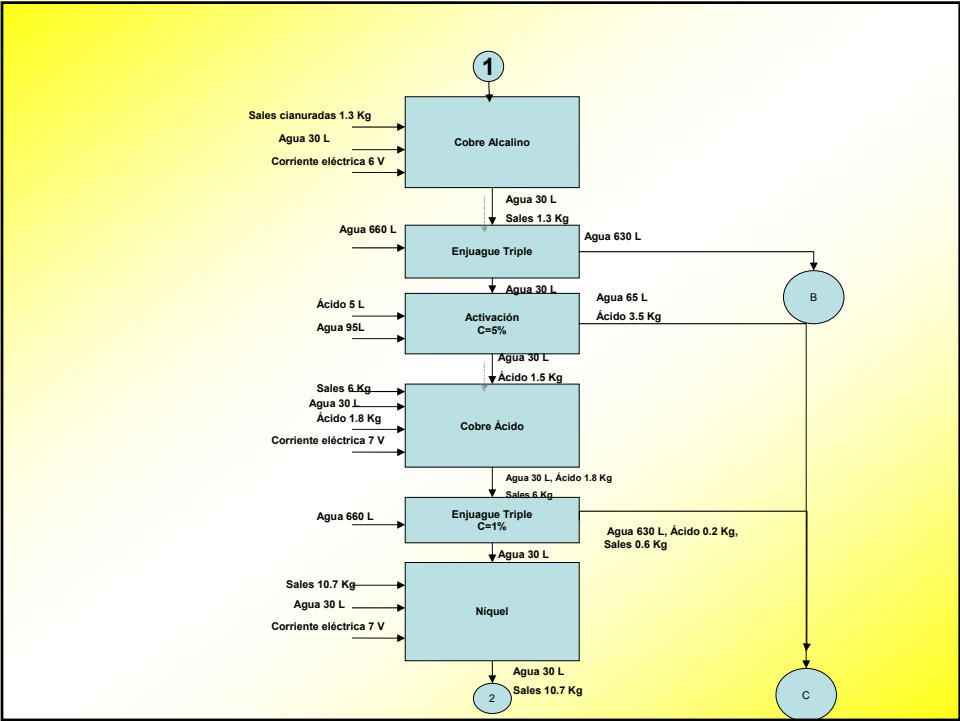
ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas en Aluminio	2. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas desengrasadas	3. MORDENTADO Temperatura: Ambiente Tiempo: 60 s <i>Metex 629: 50 g/L</i> <i>Ácido Nítrico: 50%</i> <i>Solución acuosa.</i>	VERTIMIENTO <i>Metex 629: 50 g/L</i> <i>Ácido Nítrico: 50%</i> <i>Solución acuosa</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas mordentadas	4. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas mordentadas	5. ZINCATO Temperatura: Ambiente Tiempo: 60 s <i>Bondal Dip: 22 °Bé</i> Volumen: 460 L.	VERTIMIENTO <i>Bondal Dip: 22 °Bé</i> Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	Alcantarillado

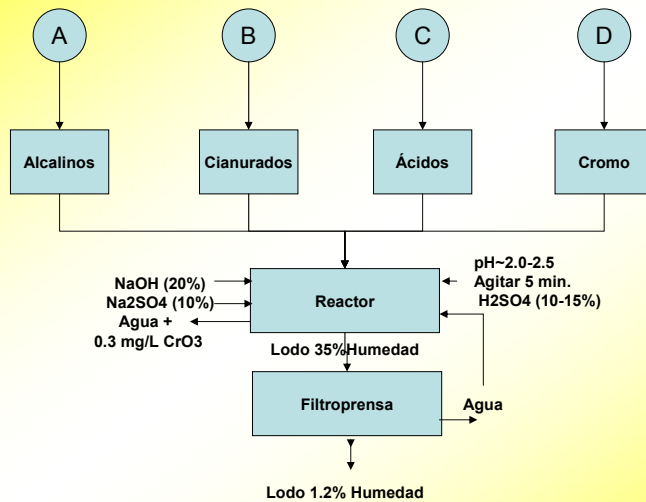
ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas zincadas	6. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas zincadas	7. NIQUELADO Temperatura: 60C Tiempo: 10 min pH: 4,5 Amperaje anódico: 500 A Sulfato de Níquel: 300 g/L Cloruro de Níquel: 90 g/L Ácido Bórico: 50 g/L Tecnibrite: 3 mL/L Base para Ni: 30 mL/L Corrector para Ni: 3 mL/L Antipit 206: 6 mL/L Tecnilever: 6 mL/L Solución acuosa Ánodos de Níquel	VERTIMIENTO Sulfato de Níquel: 300 g/L Cloruro de Níquel: 90 g/L Ácido Bórico: 50 g/L Tecnibrite: 3 mL/L Base para Ni: 30 mL/L Corrector para Ni: 3 mL/L Antipit 206: 6 mL/L Tecnilever: 6 mL/L Solución acuosa Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	Alcantarillado

ENTRADA	PROCESO	SALIDA	DISPOSICIÓN
Piezas niqueladas	8. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas niqueladas	9. CROMADO Temperatura: 42C Tiempo: 4 min Amperaje: 1000 A Tensión: 20V Ácido crómico: 300 g/L Ácido sulfúrico: 3 g/L Spray Stop: 0,2 g/L Solución acuosa Ánodos de Plomo	VERTIMIENTO Ácido crómico: 300 g/L Ácido sulfúrico: 3 g/L Spray Stop: 0,2 g/L Solución acuosa Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento en L	Alcantarillado
Piezas cromadas	10. ENJUAGUE Por medio de enjuagues en estanco, con agua desmineralizada	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros, por cada enjuague en estanco	Alcantarillado
Piezas cromadas	11. ENJUAGUE A temperatura de 70C, en caneca	VERTIMIENTO Aproximadamente el 0,05% de la superficie tratada, como volumen de vertimiento, en litros	Alcantarillado





Alternativa planteada para vertimientos finales



ÍNDICES DE CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA PARA EL PROCESO DE CROMADO

AGUA

Cantidad de agua usada por día por área de Aluminio o Cold Rolled cromada

La dotación es de quince litros por minuto 15 L/min y el consumo promedio es de 45 metros cúbicos mensuales.

ENERGIA ELECTRICA

Cantidad de energía usada por lote de producto.

El consumo promedio es de 5000 a 6500 kWh/mes.

ÁREA PROCESADA

57587.2 dm²/mes Aprox.

Agua m ³ /dm ²	0.0007 (0.78L/dm ²)
Energía Kwh/dm ²	0.11

MATRIZ MED

ETAPAS DEL PROCESO	MATERIALES	ENERGIA	DESECHOS
PREPARACION MECANICA	Esmeriles, abrasivos, cintas, pastas de pulido	Eléctrica (200 Kwh-mes)	Pelusa de pulido esmeriles (2.0Kg/mes); Pasta (1.5 Kg./mes); Cola (1.0 Kg./mes) Trapos (10 Kg./mes); Plástico burbuja (10 Kg./mes)
DESENGRASE	Solventes, soda, carbonato de sodio, fosfato sódico, agente humectante, metasilicatos.	Eléctrica (600 Kwh/mes), gas natural	Goteo al piso Aceites emulsificados, lodos de desengrase(20 Kg./mes), partículas en suspensión

MATRIZ MED

ETAPAS DEL PROCESO	MATERIALES	ENERGIA	DESECHOS
ENJUAGUE	Agua, arrastres del desengrase.	Eléctrica(240 Kwh/mes), gas natural	Aguas alcalinas (enjuagues contaminados por arrastres) (12 m³/mes)
DECAPADO	Acido sulfúrico, nítrico, o clorhídrico, inhibidores, aditivos, agua		Aguas ácidas, lodos de compuestos metálicos del tanque, residuos de filtrado (0.3 m³/mes),. niebla ácida
ENJUAGUE	Agua, arrastres del decapado	Eléctrica(240 Kwh/mes), gas natural	Enjuagues contaminados por arrastres(1 m³/mes)

MATRIZ MED

ETAPAS DEL PROCESO	MATERIALES	ENERGIA	DESECHOS
NEUTRALIZACION	Soluciones ácidas		Formación de lodos de sales, Goteo al piso
ENJUAGUE	Agua, arrastres de la neutralización.	Eléctrica (240 Kwh/mes), gas natural	Aguas residuales (1 m ³ /mes)
ELECTRORECUBRIMIENTO	Sales metálicas (Sulfatos, cloruros, cianuros) de cobre, níquel y cromo.	Eléctrica (209 Kwh/mes)	Neblinas ácidas o básicas (no está determinada la cantidad)
ENJUAGUE	Agua, arrastre de metalización	Eléctrica (240 Kwh/mes)	Aguas residuales, sales metálicas disueltas (32 m ³ /mes)
SECADO	Aire caliente	Eléctrica, gas natural (no está determinada)	Vapores

MATRIZ DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> Programa de Gestión Ambiental es deficiente Desperdicio en el consumo de agua en el proceso de enjuague. No se evidencian etapas de almacenamiento de residuos y evacuación de materiales No hay un cuarto de almacenamiento adecuado para materias primas y disposición de residuos. Se evidencia derrames de sustancias químicas en el suelo generando contaminación del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Optimización del proceso y ahorro de costos mediante el uso eficiente de materias primas y recurso hídrico. Control de calidad en los productos terminados. Reducción de residuos generados, y por ende reducción de costos asociados a su correcta manipulación y disposición.

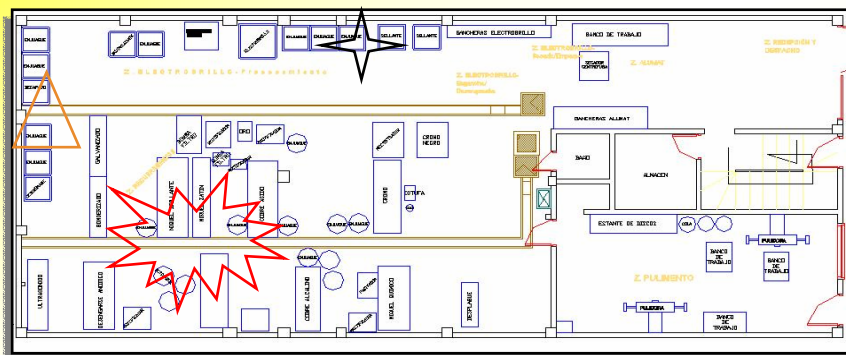
MATRIZ DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> No se utilizan los elementos de protección adecuados. No existe caracterización de residuos por tipo y fuente. El desperdicio de las etapas del proceso son conducidos al alcantarillado. No hay programa de uso eficiente de agua. No hay programa establecido de seguridad y ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la imagen ante los clientes, proveedores, comunidad en general. Disminución de costos Exportación de productos que cumplan los estándares y regulaciones internacionales a nivel ambiental. A partir del programa de producción mas limpia, reducir residuos

MATRIZ DOFA

FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> Conciencia ambiental por parte de la alta dirección. Implementación de programas de Gestión de Calidad. Exportación de los productos fabricados. 	<ul style="list-style-type: none"> Cobro de Tasas retributivas y sanciones por parte del DAMA por el no cumplimiento de las normas especialmente vertimiento de residuos industriales, emisiones atmosféricas de calderas. Sanciones por la inadecuada Gestión Integral de Residuos Sólidos. Deterioro de la imagen de la compañía ante clientes, consumidores y proveedores por la contaminación no Controlada Perdida de recurso al no tener control en los procesos

ECO MAPA DE AGUA



Consumo Alto

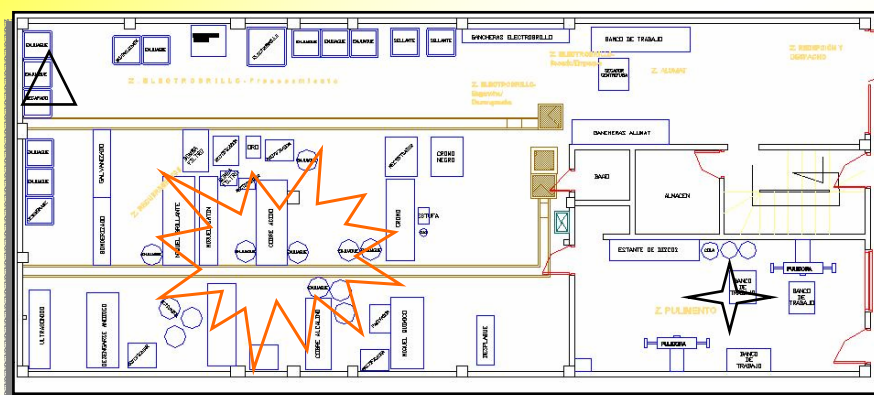


Consumo Medio



Consumo Bajo

ECO MAPA DE ENERGIA



Consumo Alto



Consumo Medio



Consumo Bajo



Alto
Medio
Bajo

INEFICIENCIA MATERIA PRIMA

	CANTIDAD (Litros/mes) *	COSTO MATERIA PRIMA PERDIDA	Índice (pérdidas \$/dm2)/mes
DESENGRASE	295	\$50.150	0.87
MORDENTADO	228	\$132.000	2.3
ZINCATO	228	\$187500	3.26
COBRE ALCALINO	28.24	\$34.000	0.6
COBRE ACIDO	28.4	\$99.400	1.73
NIQUEL	28.4	\$142.000	2.47
CROMO	152	\$423.000	7.35
AGUA DE ENJUAGUE	45000	\$181852	3.15

*asumiendo 57587.2 dm²/mes y valor M3 Agua: \$2528 +\$1605(alcantarillado)

INEFICIENCIA HORA MAQUINA PERDIDA

	kWh/día	COSTO DE HORA MAQUINA PERDIDA	COSTO TOTAL PÉRDIDAS/mes	Índice (pérdidas \$/dm ²)/mes
DESENGRASE	*5 KWH hora en exceso	\$ 295	\$44250	0.77
MORDENTADO	-	-	-	-
ZINCATO	-	-	-	-
COBRE ALCALINO	-	-	-	-
COBRE ACIDO	-	-	-	-
NIQUEL	*15KWH hora en exceso	\$ 295	\$132750	2.3
CROMO	*10KWH hora en exceso	\$ 295	\$88500	1.54
AGUA DE ENJUAGUE	-	-	-	-

*asumiendo 57587.2 dm²/mes

INEFICIENCIA MANEJO DE DESPERDICIOS

	CANTIDAD (Litros/mes) *	COSTO DE MANEJO DE DESPERDICIOS	COSTO total DE MANEJO DE DESPERDICIOS	Índice (pérdidas \$/dm ²)/mes
DESENGRASE	295	-	-	-
MORDENTADO	228	-	-	-
ZINCATO	228	-	-	-
COBRE ALCALINO	28.24	-	-	-
COBRE ACIDO	28.4	--	--	--
NIQUEL	28.4	-	-	-
CROMO	152	-	-	-
AGUA DE ENJUAGUE	45000	\$ 22500/m3	\$1012500	17.19
Total	45988.04	\$22500/m3	\$1034730	17.96

*asumiendo 57587.2 dm²/mes

COSTOS DE INEFICIENCIA TOTALES

	COSTO MATERIA PRIMA PERDIDA	COSTO DE HORA MAQUINA PERDIDA	COSTO DE MANEJO DE DESPERDICIOS	COSTO DE IMPUESTOS AMBIENTALES
DESENGRASE	\$50.150	\$44250	-	\$580.000 por permiso de vertimientos.
MORDENTADO	\$132.000	-	-	
ZINCATO	\$187500	-	-	
COBRE ALCALINO	\$34.000	-	-	
COBRE ACIDO	\$99.400	-	-	
NIQUEL	\$142.000	\$132750	-	
CROMO	\$423.000	\$88500	-	
AGUA DE ENJUAGUE	\$181852	-	\$1034730 +30.000.000*	
COSTOS TOTALES	\$1249902	\$265500	\$31034730	\$580000

\$32550132

* Costo de la planta de tratamiento de aguas residuales

**ÁREAS CRÍTICAS EN EL PROCESO DE
CROMADO, SEGÚN LAS
HERRAMIENTAS DE PML USADAS.**

PLANTA DE ELECTRO RECUBRIMIENTO

ETAPA	RECURSO UTILIZADO
ENJUAGUES	AGUA
PRETRATAMIENTO (Pulido)	PASTA COLA ENERGÍA ELÉCTRICA
DESENGRASES	AGUA ENERGÍA: *CALOR *ELECTRICIDAD
BAÑOS ELECTROLITICOS (Níquel y cromo)	AGUA ENERGÍA: *CALOR *ELECTRICIDAD

ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LAS DIFERENTES ÁREAS.

DESCRIPCIÓN ALTERNATIVA

ETAPA	RECURSO A INTERVENIR	ALTERNATIVA
ENJUAGUES	AGUA	1. ENJUAGUES MÚLTIPLES EN CONTRACORRIENTE FLUJO CONTINUO Y TANQUES RECUPERADORES. 2. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA 3. SENSORES DE CONDUCTIVIDAD. 4. BOMBAS DE CONTROL DE FLUJO DE AGUA AUTOMÁTICAS.

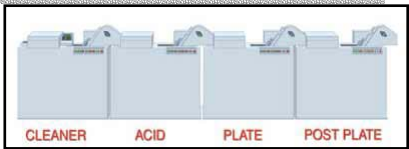
ETAPA	RECURSO A INTERVENIR	ALTERNATIVA
PRETRATAMIENTO (Pulido)	PASTA COLA ENERGIA ELECTRICA	5. IMPLEMENTAR UN PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. 6. COLOCAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO.
DESENGRASES	ENERGIA ELECTRICA *CALOR	7. AISLAR LOS TANQUES CON RECUBRIMIENTOS QUE CONSERVEN EL CALOR COMO EL ICOPOR Y/O FIBRA DE VIDRIO. 8. IMPLEMENTAR DESENGRASES EN FRÍO.

ETAPA	RECURSO A INTERVENIR	ALTERNATIVA
BAÑOS ELECTROLITICOS (Níquel y cromo)	ENERGÍA ELÉCTRICA *CALOR *ELECTRICIDAD	9. IMPLEMENTAR RECUPERADORES DE VAPORES POR CONDENSACION (ESFERAS EN POLIPROPILENO). 10. CAMBIAR SISTEMAS DE FILTRACIÓN DE DISCOS A CARTUCHOS. 11. RESISTENCIAS CON CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA

1. TANQUES PARA ENJUAGUE EN CONTRACORRIENTE – FLUJO CONTINUO -



Fuente. www.serfilco.com



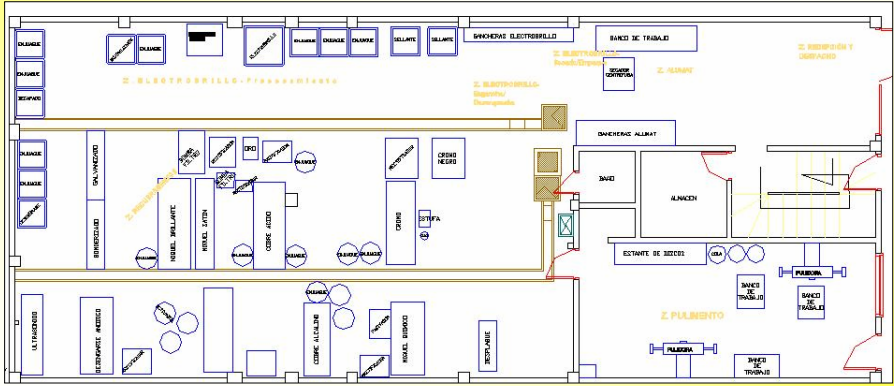
Fuente.
<http://www.plastigalco.com/>

VENTAJAS

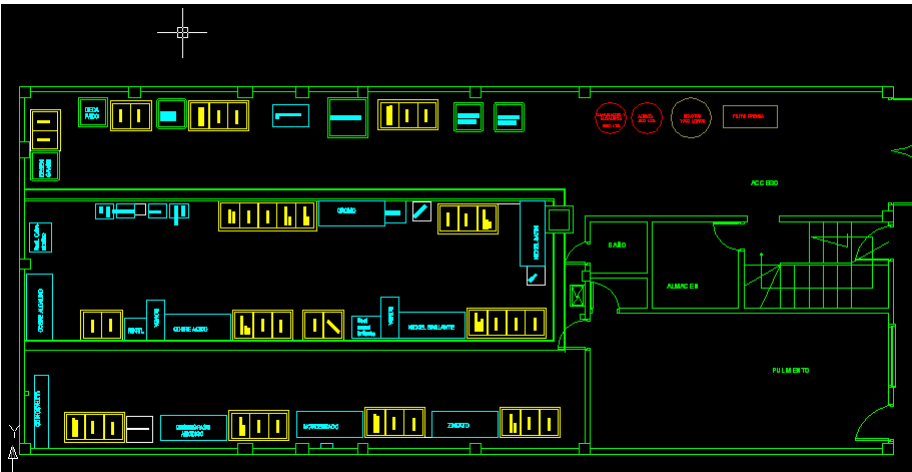
- DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA HASTA EN UN 90%.
- ELIMINACIÓN DE PÉRDIDAS POR GOTEO EN EL ARRASTRE.
- OPTIMIZACIÓN DEL ESPACIO
- IMPLEMENTACIÓN DE RECUPERADOR.
- DISMINUCIÓN EN LOS TIEMPOS DE PROCESO.
- DISMINUCIÓN DE VERTIMIENTOS

2. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA ACTUAL



DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PROPUESTA



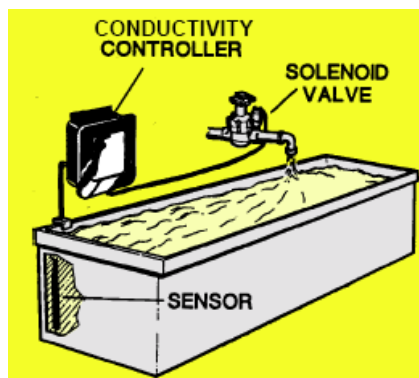


Fuente. www.serfilco.com

3 y 4. CONTROL DE CONDUCTIVIDAD

BENEFICIOS:

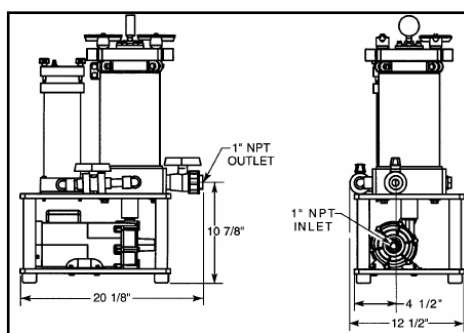
- AHORROS HASTA DE UN 85 % DE AGUA PARA ENJUAGUE
- ELIMINA RECHAZOS POR MANCHAS DE GOTA.
- REDUCE LODOS EN AGUAS DE VERTIMIENTO.
- DISMINUYE LA DESCARGA DE VERTIMIENTOS



Fuente. www.serfilco.com



SISTEMA DE FILTRACIÓN

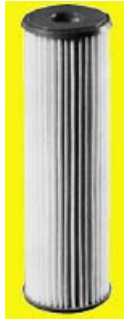


Fuente. www.serfilco.com

ESPECIFICACIONES:

- CAPACIDAD: 1200 GPH
- BOMBA Y CÁMARA DE FILTRACIÓN EN POLIPROPILENO
- CARTUCHOS DE FILTRACIÓN EN POLIPROPILENO

CARTUCHOS DE FILTRACIÓN

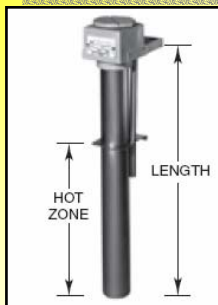


Fuente: www.serfilco.com

VENTAJAS:

- PERMITE UNA FINA FILTRACIÓN A ALTOS CAUDALES.
- MAYOR AREA SUPERFICIAL DE CONTACTO.
- MAYOR RESISTENCIA
- LAVABLES
- BAJOS COSTOS

RESISTENCIAS DE INMERSIÓN Y CONTROLADOR



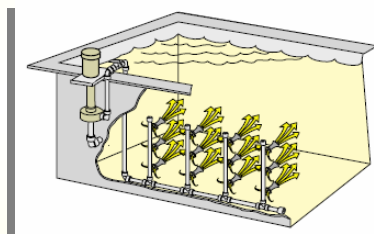
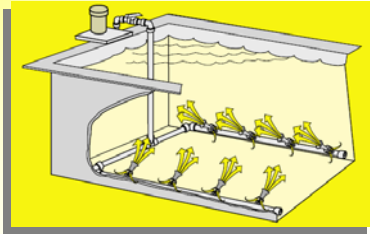
Fuente: www.serfilco.com



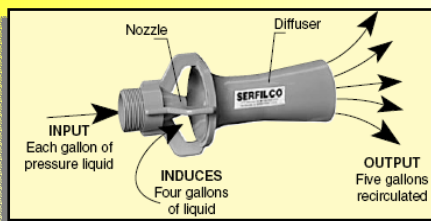
BENEFICOS:

- FABRICADAS EN MATERIALES ALTAMENTE RESISTENTES (TITANIO, ACERO, PLOMO, CUARZO).
- FUSIBLES DE SEGURIDAD PARA SOBRECARGA O CAIDA ACCIDENTAL AL TANQUE.
- CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA

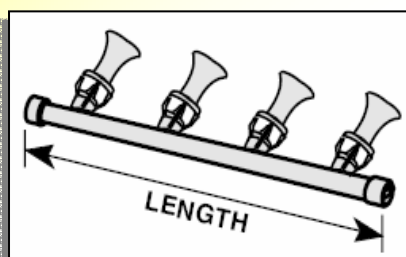
SISTEMAS DE AGITACIÓN SIN AIRE (EDUCTORES)



Fuente. www.serfilco.com



Fuente. www.serfilco.com



Fuente. www.serfilco.com

BENEFICIOS

- REDUCE EMISIONES AL AIRE HASTA EN UN 90%
- BAJAN LOS COSTOS EN CALENTAMIENTO HASTA EN UN 25 %.
- DISMINUYEN LOS CONSUMOS DE ABRILLANTADOR HASTA EN UN 20 %.
- AHORRO EN EL CONSUMO DE METALES GRACIAS A UNA DEPOSICIÓN MAS UNIFORME.
- PERMITE TRABAJAR A DENSIDADES DE CORRIENTE MAS ALTAS.
- REDUCE LOS CARBONATOS EN LOS PROCESOS ALCALINOS.
- REDUCE O ELIMINA LAS PICADURAS POR GASIFICACIÓN.

CONTINUOUS HEAT RESISTANCE	
MATERIAL TYPE	TEMPERATURE °C
Silicon	+315
Teflon	+287
Nylon	+163
Polypropilene	+149
Polycarbonate	+121
Polyester	+121
High density polyethylene	+121
Delrin	+105
Vulkollan	+94
Acrylic	+82
Polystyrene	+76



BENEFICIOS

- EXCELENTE RESISTENCIA QUIMICA.
- BAJO PESO ESPECIFICO (menos que el agua)
- ALTO PUNTO DE FUSION
- ES UN AISLADOR ELÉCTRICO EXCELENTE
- SE UTILIZA A MENUDO DONDE SE REQUIERE LA CAPACIDAD DE FLOTAR EN LOS BAÑOS ELECTROLITICOS A ALTA TEMPERATURA.
- ES ALTAMENTE RESISTENTE A LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS, TALES COMO ÁCIDOS, LOS ALCALIS, MUCHAS SUSTANCIAS INORGÁNICAS, SOLUCIONES SALINAS, SOLVENTES, GASOLINA (GASOLINA), AGUA, ACEITES, GRASAS, DETERGENTE.

<http://www.rgpballs.com>

EVALUACIÓN TÉCNICO- ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS.

ETAPA	ALTERNATIVA	COSTOS														
ENJUAGUES	<ul style="list-style-type: none"> • ENJUAGUES MULTIPLES EN CONTRACORRIENTE FLUJO CONTINUO. 	Especificaciones de los tanques para enjuague: <ul style="list-style-type: none"> •Largo 2.13 m •Ancho 0.70 m •Alto 1 m (Patas 10 Cm) •Material de fabricación polipropileno. 														
	<ul style="list-style-type: none"> •IMPLEMENTAR TANQUES RECUPERADORES. 	<table> <tr> <th>Numero de tanques</th><th>Numero de compartimientos</th><th>Precio</th></tr> <tr> <td>1</td><td>5</td><td>\$1.150.000</td></tr> <tr> <td>1</td><td>4</td><td>\$1.090.000</td></tr> <tr> <td>3</td><td>8</td><td>\$7.632.000</td></tr> <tr> <td>2</td><td>4</td><td>\$1.184.000</td></tr> </table>	Numero de tanques	Numero de compartimientos	Precio	1	5	\$1.150.000	1	4	\$1.090.000	3	8	\$7.632.000	2	4
Numero de tanques	Numero de compartimientos	Precio														
1	5	\$1.150.000														
1	4	\$1.090.000														
3	8	\$7.632.000														
2	4	\$1.184.000														

ETAPA	ALTERNATIVA	COSTOS
ENJUAGUES	<ul style="list-style-type: none"> • REDISTRIBUCION DE PLANTA 	Mano de obra: \$105.000. Alquiler de herramienta: \$ 30.000 Transporte: \$100.000 Elementos de protección personal: \$30.000
	<ul style="list-style-type: none"> •SENSORES DE CONDUCTIVIDAD. •BOMBAS DE CONTROL DE FLUJO DE AGUA AUTOMATICAS. 	Equipo: Control stik system Accesorios: Sensor, controlador, valvula selenoide. Cantidad : 3 (1 enjuague cobre acido; 1 enjuague niquel;1 enjuague cromo) Valor unitario: \$1.016.000

ETAPA	ALTERNATIVA	COSTOS
PRETRATAMIENTO (Pulido)	<ul style="list-style-type: none"> •IMPLEMENTAR UN PLAN DE GESTION DE RESIDUOS. •COLOCAR UN SISTEMA DE CAPTACION DE MATERIAL PARTICULADO. 	-
DESENGRASES	<ul style="list-style-type: none"> •IMPLEMENTAR DESENGRASES EN FRIO. 	<ul style="list-style-type: none"> •Valor: \$272.000 Inicial •Mantenimiento del baño mensual: \$93.000.

ETAPA	ALTERNATIVA	COSTOS																
BAÑOS ELECTROLITICOS (Níquel y cromo)	<ul style="list-style-type: none">•IMPLEMENTAR RECUPERADORES DE VAPORES POR CONDENSACION (ESFERAS EN POLIPROPILENO).•CAMBIAR SISTEMAS DE FILTRACION DE DISCOS A CARTUCHOS.•RESISTENCIAS CON CONTROL AUTOMATICO DE TEMPERATURA	<p>Cantidad: 100 Unidades Valor: \$ 40.000</p> <p>Cámaras de filtración: 2 unidades, \$3.000.000 Cartuchos de filtración en pp.: 12 unidades, \$111360.</p> <table><tr><th>Cantidad</th><th>Potencia</th><th>Material</th><th>Precio</th></tr><tr><td>1</td><td>2.5KW</td><td>Acero inoxidable</td><td>\$560.000</td></tr><tr><td>1</td><td>2.5 KW</td><td>Titanio</td><td>\$ 890.000</td></tr><tr><td>1</td><td>2.5 KW</td><td>Plomo</td><td>\$524000</td></tr></table>	Cantidad	Potencia	Material	Precio	1	2.5KW	Acero inoxidable	\$560.000	1	2.5 KW	Titanio	\$ 890.000	1	2.5 KW	Plomo	\$524000
	Cantidad	Potencia	Material	Precio														
1	2.5KW	Acero inoxidable	\$560.000															
1	2.5 KW	Titanio	\$ 890.000															
1	2.5 KW	Plomo	\$524000															

INVERSION Y RETORNO

COSTO DE INEFICIENCIA ANUAL	\$ 32.550.132
COSTOS DE IMPLEMENTACION DE ALTERNATIVAS	\$ 20.852.360
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN	9 MESES

ALTERNATIVAS APLICABLES DESPUÉS DE LA EVALUACIÓN

ETAPA	ALTERNATIVA
ENJUAGUES	<ul style="list-style-type: none"> • ENJUAGUES MULTIPLES EN CONTRACORRIENTE FLUJO CONTINUO. • IMPLEMENTAR TANQUES RECUPERADORES. • REDISTRIBUCION DE PLANTA

CONCLUSIONES

•El sector galvanico consume una gran variedad de materias primas, así como unas cantidades de agua importantes en relación con el tamaño de las instalaciones industriales de que dispone. En consecuencia, genera como elementos residuales cantidades destacadas de compuestos que, mal gestionados, ponen en peligro el propio funcionamiento del sistema.

•Las industrias de tratamiento de superficies metálicas cuya finalidad es protegerlas de la corrosión, mejorar su resistencia al desgaste y erosión, o mejorar su aspecto mediante recubrimientos metálicos utilizan químicos y metales de peligrosidad para la salud humana. Estas materias primas se puede sustituir, siendo este un campo de actuación que ayuda a minimizar la contaminación ambiental.

•Considerando que el punto mas critico es el consumo de agua (en el arrastre y en la fuente) la mayoría de las alternativas tratadas a lo largo de la presente monografía se basan en su reducción y recuperación. Implementando un sistema de enjuagues múltiples en contra corriente de flujo continuo que está demostrado, es el método mas eficiente de ahorro de agua en el proceso de cromado.



CONCLUSIONES

Prevenir la contaminación implementando tecnologías de producción mas limpia, sustitución de materiales en los procesos por otros menos peligrosos, y capacitación al personal. Racionalizar el consumo de agua y energía permite una disminución de costos de producción, tratamiento de efluentes y previene sanciones de la autoridad ambiental.

Con este documento se han querido poner a disposición diferentes alternativas para el sector galvanico con el fin de orientar en la optimización del proceso, de forma que se integren conceptos ambientales.

El proceso de electro recubrimiento implica una perdida de exergía o mejor un aumento de la anergía, el cual se puede observar claramente en las perdidas de energía térmica a lo largo de la línea de cromado.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un estudio previo a las empresas de galvanotecnica para establecer las opciones más adecuadas dependiendo su tamaño, para optimizar la actividad industrial y ejecutar profesionalmente teniendo en cuenta el aspecto medio ambiental.

- Evaluando la distribución de planta actual se determinó que los tiempo de desplazamiento y flujo de material se podían mejorar por lo que se propone una nueva distribución que cuente con menos espacio en el transporte de material, minimizando el tiempo de desplazamiento de las piezas a tratar y las perdidas por goteo o arrastre entre las diferentes etapas del proceso.

- Las empresas dedicadas a la galvanotecnica deben implementar estrategias de producción mas limpia, antes de invertir en sofisticados sistemas de control de procesos y tratamiento de efluentes.

BIBLIOGRAFIA

- ACERCAR, DAMA, ""Unidad De Asistencia para la Pequeña y Mediana industria" Bogotá.
- AMETLLER, J. *Depuración de efluentes producidos por instalaciones de tratamiento de superficies*. Institut de Tecnologia i Modelització Ambiental. Terrassa. Junio de 1993.
- DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT. Generalitat de Catalunya. *Galvanotecnia i Medi Ambient. Guia pràctica per a una correcta gestió ambiental a les empreses de galvanotècia*. Barcelona, 1era i 2ª edició 1992 i 1994.
- DAMA, "Galvanotecnia". Bogotá
- Documentación Interna. Highs Light
- FUNDES COLOMBIA, "Guía De Buenas practicas para el sector Galvanotecnia". Bogotá.
- PRIETO, Rosa Erlide. Propuesta alternativas de producción mas limpia. casa vinícolas los frayles. Universidad de La Sabana. Especialización en Ingeniería Ambiental. Bogota, 2003

BIBLIOGRAFÍA

- MONTGOMERY D.C Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería 2da edición. Mexico 2002. Editorial Limusa
- MILTON Susan J; JESSEN C. Arnold. "Probabilidad y estadística para aplicación en ingeniería y ciencias computacionales". 4ª edición. Mexico 2004. Editorial McGraw Hill
- ANDRADE, C. (1996), "Eco balances", Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- HARTINGER, L. Handbook of effluent treatment and recycling for the metal finishing industry. Finishing Publications, Ltd. Wiltshire. 2ª edición. 1994.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, (1997), "Política Nacional de Producción más Limpia", propuesta presentada al Consejo Nacional Ambiental, Santa fe de Bogotá, Colombia.
- MÁRQUEZ, Ricardo León. Sistemas de Gestión Ambiental, Conceptos y Herramientas. En: Taller Regional de Producción más Limpia - Región Santanderes. Centro Nacional de Producción Más Limpia - Colombia.
- www.ideam.gov.co
- www.serfilco.com
- <http://www.plastigalco.com/>
- <http://www.rgpballs.com>



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

