



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN DEPARTAMENTO
DE GALVANIZADO POR ELECTRÓLISIS PARA LA EMPRESA INCAPROSA**

Otto Rodrigo Lantan Reynosa
Asesorado por el Ing. Renaldo Girón Alvarado

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN DEPARTAMENTO
DE GALVANIZADO POR ELECTRÓLISIS PARA LA EMPRESA INCAPROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OTTO RODRIGO LANTAN REYNOSA
ASESORADO POR EL ING. RENALDO GIRÓN ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Byron Estuardo Ixpatá Reyes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE GALVANIZADO POR ELECTROLISIS PARA LA EMPRESA INCAPROSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha septiembre de 2011.

Otto Rodrigo Lantan Reynosa

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el dueño de mi vida, guiar todos mis pasos y darme todo lo que tengo hoy en la vida.
- Mi madre** Claudia Reynosa, por su gran amor, y el gran ejemplo de vida y lucha que ha sido para mí. Por su responsabilidad e incondicional apoyo.
- Mi padre** Saulo Lantan, por su apoyo, consejos y estar pendiente de mí en todo momento.
- Mis abuelos** Otto Reynosa y Marta Barrera de Reynosa, por ser como otros padres para mí. Por estar presentes en todo momento para aconsejarme y brindarme su apoyo incondicional, son un gran ejemplo de vida. A Raquel Marroquín, por estar siempre pendiente de mí y darme su gran cariño y afecto.
- Mis hermanos** Marcela Nicté y Juan Esteban Lantan, a pesar de su corta edad, le han dado inmensa alegría a mi vida. Dios los bendiga mucho.
- Mi familia** Ivy Reynosa, Marvin Reynosa, Lizeth Lantan, Lunaly Lantan, Nicté Alvarez, Erick Suárez, Andrés Suárez y Ronaldo Suárez, por estar siempre pendientes de mí y estar dispuestos a tenderme su mano.

Mis asesores Ing. Renaldo Girón, Ing. Hugo Rivera, Lic. José Carlos Chiquín, Ing. Julio Zambrano, Ing. Fredy Aguilar y Licda. Diana Salguero, por su guía y excelente apoyo en mi trabajo de graduación, sus consejos y amistad incondicional.

Universidad de San Carlos de Guatemala Por haberme brindado la oportunidad de adquirir conocimientos para mi desarrollo profesional y ser una escuela de vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Generalidades de la empresa	1
1.1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.2. Ubicación.....	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Política de calidad	4
1.2. Conceptos de galvanoplastia	4
1.2.1. Electrolito.....	5
1.2.2. Electrólisis	7
1.2.3. Ión	8
1.2.4. Estequiometria.....	8
1.2.5. pH.....	9
1.2.6. Ánodo	9
1.2.7. Cátodo.....	10
1.2.8. Cincado electrolítico	10
1.2.8.1. Propiedades	10
1.2.8.2. Ventajas	11

1.3.	Costos.....	12
1.3.1.	Costo directo	12
1.3.2.	Costo indirecto	12
1.3.3.	Análisis económico.....	13
1.3.4.	Análisis financiero	13
2.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	15
2.1.	Descripción del proceso actual	15
2.2.	Subcontratación de empresas de galvanizado.....	15
2.2.1.	Costos por galvanizado	16
2.2.2.	Tiempos de entrega	17
2.2.3.	Servicio al cliente	17
3.	PROPUESTA.....	19
3.1.	Recurso material	19
3.1.1.	Materia prima	19
3.1.1.1.	Sustancias químicas.....	19
3.1.1.2.	Zinc.....	20
3.1.2.	Insumos.....	21
3.1.2.1.	Electrolito	21
3.1.2.2.	Agua.....	21
3.1.2.3.	Desengrasante	22
3.1.2.4.	Abrillantador	23
3.1.3.	Maquinaria.....	23
3.1.3.1.	Generador de corriente continua.....	24
3.1.3.2.	Rectificador de corriente	24
3.1.3.3.	Cuba.....	25
3.1.3.4.	Calentador de Inmersión	30
3.1.4.	Instrumentos de medición	31

	3.1.4.1.	Termómetro.....	31
	3.1.4.2.	pH-metro	31
	3.1.4.3.	Balanza	32
3.2.		Recurso humano	33
	3.2.1.	Personal operativo.....	33
		3.2.1.1. Perfil	33
		3.2.1.2. Capacitación.....	35
	3.2.2.	Personal administrativo	37
		3.2.2.1. Perfil	37
		3.2.2.2. Capacitación.....	37
3.3.		Piezas para proceso de galvanizado.....	39
	3.3.1.	Punta de dos pulgadas.....	40
	3.3.2.	Punta de cuatro pulgadas.....	41
	3.3.3.	Viga en U.....	42
	3.3.4.	Oreja rectangular	43
	3.3.5.	Oreja triangular.....	44
	3.3.6.	Espaciador.....	45
	3.3.7.	Platina	46
	3.3.8.	Curva grande.....	47
	3.3.9.	Curva pequeña	48
	3.3.10.	Espaciador en angular.....	49
	3.3.11.	Varilla hexagonal	50
	3.3.12.	Rodillo tractor	51
	3.3.13.	Rodillo cola.....	52
3.4.		Descripción del proceso	53
	3.4.1.	Selección de la pieza.....	53
	3.4.2.	Desengrase químico.....	53
	3.4.3.	Decapado químico.....	54
	3.4.4.	Primer enjuague	57

3.4.5.	Neutralizado	57
3.4.6.	Galvanizado	58
3.4.7.	Segundo enjuague	61
3.4.8.	Sellamiento.....	61
3.4.9.	Tercer enjuague	62
4.4.10.	Secado	62
3.5.	Diseño de taller de galvanoplastia	62
3.5.1.	Área de galvanizado.....	63
3.5.1.1.	Distribución de maquinaria.....	63
3.5.2.	Especificaciones.....	64
3.5.2.1.	Tipo de edificio	65
3.5.2.2.	Piso	65
3.5.2.3.	Pintura.....	66
3.5.2.4.	Sistema de iluminación	67
3.5.2.5.	Sistema de ventilación	67
3.5.3.	Seguridad industrial.....	68
3.5.3.1.	Equipo de seguridad industrial	69
3.5.3.2.	Señalización	74
3.6.	Estructura organizacional.....	79
3.7.	Análisis económico.....	80
3.7.1.	Inversión inicial.....	81
3.7.2.	Costos de operación	82
3.7.2.1.	Costos directos.....	82
3.7.2.2.	Costos indirectos.....	83
3.7.3.	Punto de equilibrio.....	84
3.7.4.	Demanda de piezas galvanizadas.....	85
3.7.4.1.	Maquinaria fabricada.....	85
3.7.4.1.1.	Costo subcontratación.....	86

	3.7.4.1.2.	Tiempo de entrega ...	87
	3.7.4.1.3.	Servicio al cliente	87
	3.7.4.2.	Servicio de galvanizado.....	88
3.8.		Análisis financiero	88
	3.8.1.	Estado de resultados proyectado	88
	3.8.2.	Valor presente neto (VPN)	90
	3.8.3.	Tasa interna de retorno (TIR)	92
	3.8.4.	Beneficio costo	92
4.		IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO PROCESO	95
	4.1.	Proceso de galvanizado	95
	4.1.1.	Diagrama de flujo	97
	4.1.2.	Área de trabajo	98
	4.1.3.	Encargado	98
	4.2.	Diseño de taller de galvanoplastía	98
	4.2.1.	Descripción.....	99
	4.2.2.	Diagrama de recorrido.....	100
	4.3.	Capacitación.....	101
	4.3.1.	Cronograma de capacitación.....	101
	4.3.2.	Encargado	102
	4.3.3.	Personal administrativo	102
	4.3.4.	Personal operativo.....	103
	4.4.	Seguridad industrial.....	103
	4.5.	Cronograma de implementación	104
5.		SEGUIMIENTO	107
	5.1.	Indicadores.....	107
	5.1.1.	Recubrimiento uniforme	107
	5.1.2.	Apariencia	108

5.2.	Control.....	108
5.2.1.	Ficha de control.....	109
5.2.2.	Ficha de aprobación.....	109
5.2.3.	Procedimiento correctivo	110
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	113
6.1.	Desechos	113
6.1.1.	Desechos líquidos	113
6.1.2.	Desechos químicos	114
6.1.3.	Desechos sólidos	114
6.2.	Medidas de mitigación.....	115
6.2.1.	Desechos líquidos y químicos	115
6.2.2.	Desechos sólidos	115
6.3.	Efectos adversos de sustancias químicas en el ser humano	116
	CONCLUSIONES.....	121
	RECOMENDACIONES.....	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de planta en Guatemala	2
2.	Ubicación de oficinas en El Salvador	3
3.	Electrolito fuerte	5
4.	Electrolito débil.....	5
5.	Esquema de electrolito en proceso de electrólisis	6
6.	Barras de zinc	20
7.	Ecuación de electrolito alcalino	21
8.	Desengrasante MD240 para hierro negro	22
9.	Galón de Formalina.....	23
10.	Parte frontal de rectificador de corriente	24
11.	Cuba de desengrase químico	25
12.	Cuba de decapado químico	26
13.	Cuba B de galvanizado	28
14.	Cuba de enjuague.....	29
15.	Cuba de neutralizado	30
16.	Calentador de inmersión de teflón	30
17.	Termómetro digital	31
18.	pH-metro digital.....	32
19.	Balanza digital.....	32
20.	Punta de dos pulgadas	40
21.	Punta de cuatro pulgadas	41
22.	Viga en U	42
23.	Oreja rectangular	43

24.	Oreja triangular	44
25.	Espaciador	45
26.	Platina.....	46
27.	Curva grande	47
28.	Curva pequeña	48
29.	Espaciador en angular	49
30.	Varilla hexagonal	50
31.	Rodillo tractor.....	51
32.	Rodillo cola	52
33.	Desengrase químico	54
34.	Contraste decapado – óxido	55
35.	Neutralizado.....	57
36.	Cuba de galvanizado con electrolito	58
37.	Esquema de electrólisis	59
38.	Área disponible de galvanizado en planta	63
39.	Esquema de distribución de maquinaria	64
40.	Interior de planta	65
41.	Piso en planta	66
42.	Techo interior de la planta.....	67
43.	Salidas de aire en planta.....	68
44.	Monogafas con ventilación indirecta	69
45.	Guantes de neopreno	70
46.	Botas de PVC	71
47.	Delantal de PVC reforzado	71
48.	Casco.....	72
49.	Respirador con filtro.....	73
50.	Extintor.....	73
51.	Esquema de equipo de seguridad en taller.....	74
52.	Señalización de emergencia en taller	75

53.	Rótulo NFPA en área de desengrase químico	75
54.	Rótulo NFPA en área de decapado químico	76
55.	Señalización en área de decapado químico	76
56.	Rótulo NFPA en áreas de enjuague.....	77
57.	Rótulo NFPA en área de neutralizado.....	77
58.	Rótulo NFPA en área de galvanizado	78
59.	Señalización en área de galvanizado.....	78
60.	Rótulo NFPA en área de sellado.....	79
61.	Organigrama	80
62.	Flujo de efectivo - VPN	91
63.	Diagrama de flujo de proceso de galvanizado	96
64.	Distribución de áreas de trabajo.....	98
65.	Esquema de implementación	99
66.	Diagrama de recorrido	100
67.	Esquema de implementación de seguridad industrial	103
68.	Rodillo galvanizado	107
69.	Lámina galvanizada	108
70.	Orden de trabajo	109
71.	Ficha de aprobación.....	110
72.	Diagrama de flujo de seguimiento.....	111

TABLAS

I.	Propiedades del galvanizado electrolítico	10
II.	Costos por galvanizado subcontratado	16
III.	Reactivos químicos	20
IV.	Dimensiones de cubas de galvanizado.....	27
V.	Perfil de jefe de taller	33
VI.	Perfil de operario.....	34

VII.	Capacitación para el galvanizado	36
VIII.	Capacitación de gerencia de planta	38
IX.	Capacitación de otro personal administrativo	39
X.	Tiempo de decapado	56
XI.	Tiempo de galvanizado	60
XII.	Constantes de galvanizado	61
XIII.	Inversión inicial	81
XIV.	Insumos directos	82
XV.	Mano de obra directa.....	83
XVI.	Mano de obra indirecta y administración	83
XVII.	Salario total de mano de obra indirecta y administración	84
XVIII.	Punto de equilibrio año 2011	84
XIX.	Punto de equilibrio año 2012	85
XX.	Comparación de costos de subcontratación.....	86
XXI.	Estado de resultados año 2011	88
XXII.	Estado de resultados año 2012	89
XXIII.	Flujos anuales	91
XXIV.	Beneficio costo de primeros cinco años	93
XXV.	Cronograma de capacitación.....	101
XXVI.	Cronograma de implementación.....	105
XXVII.	Desechos líquidos	113
XXVIII.	Desechos químicos	114
XXIX.	Efectos adversos de ácido sulfúrico	116
XXX.	Primeros auxilios de ácido sulfúrico	117
XXXI.	Efectos adversos de hidróxido de sodio	118
XXXII.	Primeros auxilios de hidróxido de sodio	119
XXXIII.	Efectos adversos de óxido de zinc	120
XXXIV.	Primeros auxilios de óxido de zinc	120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
B/C	Beneficio costo
C	Coulomb
°C	Grado centígrado
kg	Kilogramo
m³	Metro cúbico
%	Porcentaje
“	Pulgada
Q	Quetzal guatemalteco
V	Voltio

GLOSARIO

Anodización	Técnica utilizada para modificar la superficie de un material. Se conoce como anodizado a la capa de protección artificial que se deposita sobre una superficie.
Electrodo	Conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo; un semiconductor, un electrolito, un gas, entre otros.
Epoxi	Es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor. En caso de las pinturas epóxicas, son un grupo de pinturas de alta resistencia química, sin que les afecten los disolventes ni los aceites o grasas. Además de gran resistencia al roce y tránsito pesado, y poseen excelente adherencia sobre cemento.
Exotérmico	Cualquier reacción química que desprende calor, es decir, con una variación negativa de entalpía. Se da principalmente, en las reacciones de oxidación. Cuando ésta es intensa puede dar lugar al fuego. Cuando reaccionan entre sí dos átomos de hidrógeno para formar una molécula, el proceso es exotérmico.

Galvanoplastia	Proceso basado en el traslado de iones metálicos desde un ánodo a un cátodo en un medio líquido, compuesto fundamentalmente por sales metálicas y ligeramente aciduladas.
Inmersión	Inclusión de un sólido en un líquido.
Pasivación	Formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material, frecuentemente un metal, que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos.
Polaridad	Propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma.
Soluto	Sustancia que se encuentra disuelta en un determinado disolvente.
TIR	Tasa interna de retorno.
TMAR	Tasa mínima atractiva de rendimiento.
Viniléster	Tipo de resina muy resistente a la corrosión. Soporta altas temperaturas y la fatiga. Posee buenas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico.
VPN	Valor presente neto.

RESUMEN

INCAPROSA es una empresa que se ha dedicado por más de treinta años a la producción de una amplia gama de piezas uso industrial. A través de los años, la organización ha ofrecido al mercado productos de gran calidad, cumpliendo con los requerimientos y estándares de sus clientes.

Dentro de la planta se lleva a cabo el diseño y la confección de piezas fabricados de hierro negro. Para que éstas cuenten con una amplia vida útil, es necesario que estén protegidas contra la corrosión, debido a las inclemencias climáticas u otros factores externos a los que serán sometidas durante su uso. El medio de protección utilizado es el galvanizado con zinc.

A través de los años, la empresa ha utilizado un servicio subcontratado para llevar a cabo el galvanizado de las piezas. En consecuencia se han generado altos costos en producción, y se ha detectado la necesidad de llevar a cabo un proyecto por medio del cual, se diseñe un taller de galvanoplastia dentro de la planta, y así generar un ahorro económico a mediano y largo plazo, y además tener control total sobre la calidad de sus productos.

Al mismo tiempo, el proyecto conlleva diseñar un proceso de galvanizado por electrólisis, específico para las necesidades de la empresa. Éste en su totalidad se encuentra formado por diez etapas.

Cada uno de los procedimientos, será llevado a cabo dentro de la planta de producción de la empresa. Cada una de ellas posee su propia área de

trabajo equipada debidamente, por medio de cubas específicas, rectificador de corriente para el proceso de electrólisis, entre otras cosas según sea necesario.

El taller en su totalidad está diseñado para contar con equipamiento y señalización de seguridad industrial específica por área, ya que se utiliza una variedad de reactivos químicos y corrientes altas, y es primordial otorgar al recurso humano, las condiciones propicias y óptimas de desempeño.

Adicionalmente, se ha especificado una proyección de cinco años, para medir el desempeño económico y financiero para la empresa. Una de las bondades del proyecto, es el diseño de un sistema de cobro por metro cuadrado, el cual le presenta grandes beneficios. La evaluación presenta un valor presente neto de Q. 116 666,40. A la vez, una tasa interna de retorno cercana al 60%; y cifras positivas en relación beneficio costo.

OBJETIVOS

General

Evaluar el proceso de galvanizado por electrólisis para la implementación de un departamento de galvanoplastía en la empresa INCAPROSA.

Específicos

1. Describir el proceso de galvanizado electrolítico conforme a los requerimientos de la empresa.
2. Diseñar el taller de galvanoplastía, según las necesidades del nuevo proceso productivo.
3. Establecer los costos directos e indirectos dentro de la empresa, de acuerdo a la implementación del departamento de galvanoplastía.
4. Establecer los ingresos obtenidos por ahorro en costos de fabricación.
5. Definir los procesos necesarios para la implementación del departamento de galvanoplastía en la empresa.
6. Instituir pautas para control, respecto a estándares y las medidas correctivas del proyecto.

7. Describir los desechos envueltos en el proceso de galvanizado, así como las medidas de mitigación de los mismos.

8. Describir los posibles efectos adversos ocasionados por el manejo de las sustancias químicas dentro del proceso de galvanizado.

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera de metales en Guatemala se divide en distintas áreas de trabajo. Entre ellas, está la fabricación de piezas para uso industrial y repuestos automotrices. La elaboración de estos productos requiere un alto grado de especialización de parte de los fabricantes. Las empresas dedicadas a la realización de artículos mediante la manipulación del metal están obligadas a ofrecer un alto nivel de calidad y amplia vida útil en sus productos finales.

El galvanizado es un proceso mediante el cual se cubre un metal con otro. Su función es proteger la superficie de la pieza contra la corrosión, extendiendo su vida útil en grandes proporciones. La galvanoplastia, como se conoce también, se puede llevar a cabo de dos formas. El galvanizado en frío, el cual es un proceso más simple y práctico para la industria metalúrgica; por otra parte está el galvanizado en caliente, que es un procedimiento mucho más complejo y especializado.

INCAPROSA es una empresa dedicada a la venta y fabricación de productos y piezas de uso industrial y automotriz. La producción de los mismos es hecha a partir de hierro y acero, materiales que con el tiempo son propensos a la corrosión galvánica. Actualmente, la empresa no cuenta con un proceso de galvanizado para la protección de sus productos y pretenden incorporar dicho proceso dentro de sus actividades.

La implementación de un departamento de galvanizado en la empresa INCAPROSA pretende brindar un proceso de manufactura completo. Dicha mejora ofrece un nivel de control mucho más elevado sobre el producto final a

ofrecer. Por otra parte, beneficia a las empresas en la reducción de costos y manejo de tiempos de fabricación y entrega, que son factores determinantes en el mercado.

El presente trabajo de graduación sienta las bases necesarias para el área de galvanizado. Se especifica y detalla el procedimiento de galvanoplastia dentro de la planta, que para efectos de los requerimientos de la empresa INCAPROSA, es un proceso de galvanizado en frío. A la vez, se plasma el diseño del área destinada a dicha actividad y la distribución de maquinaria e insumos requeridos.

Además del proceso productivo, se incluyen los beneficios económicos que brinda el proyecto, especificando el procedimiento para la implementación del departamento de galvanizado dentro de la empresa. Como parte de la propuesta del proyecto se trazan las pautas de seguimiento y monitoreo para la implementación. Por último, se lleva a cabo el estudio ambiental respectivo, especificando los impactos del proyecto, así como las medidas de mitigación de los mismos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Descripción de información pertinente de INCAPROSA, adicionalmente se presenta información conceptual sobre los temas de importancia para la comprensión óptima del proyecto.

1.1. Generalidades de la empresa

A continuación se presentan los datos generales de INCAPROSA:

1.1.1. Descripción de la empresa

Industrias Cárcamo y Productos Industriales Cárcamo S.A. INCAPROSA fue fundada el 4 de noviembre de 1979, por el ingeniero Roberto Cárcamo y su esposa Ana Álvarez de Cárcamo. Es una empresa dedicada a la transformación de metales y a la fabricación de maquinaria industrial.

El objetivo principal de la creación de INCAPROSA en ese tiempo, fue para cubrir las necesidades de las industrias dedicadas a la producción de café, arroz y cardamomo. La experiencia y grado de especialización desarrollados en estas áreas, permitió la incursión en otros sectores industriales, tales como: concentrados, azúcar, granos, hule, alimentos, entre otros.

En la actualidad, se dedica también, a la importación, distribución y comercialización de productos de alta calidad para el sector industrial y automotriz para Guatemala, El Salvador y Honduras.

1.1.2. Ubicación

Debido a las exigencias del mercado actual, INCAPROSA cuenta con instalaciones en Guatemala y El Salvador.

En Guatemala se encuentra la planta de producción. Está ubicada en la 11 calle 28-75, zona 4 de Mixco, Bodegas Industriales El Naranjo. Las oficinas centrales, en la 18 calle 1-65, zona 1. Adicionalmente, cuentan con sucursales dentro de la ciudad capital, en las zonas: 9, 11, y 18; además, una en la zona 4 de Mixco.

Figura 1. **Ubicación de planta en Guatemala**



Fuente: Google Earth, todos los derechos reservados. Consulta: 1 de febrero de 2012.

Dentro de El Salvador, las oficinas centrales están instaladas en Urbanización y avenida. Vista Hermosa, bloque A número 110, San Salvador.

Además, cuentan con una sucursal en el departamento de San Miguel y otra en Soyapango, municipio de San Salvador.

Figura 2. **Ubicación de oficinas en San Salvador**



Fuente: Google Earth, todos los derechos reservados. Consulta: 1 de febrero de 2012.

1.1.3. Misión

“Contribuir con los clientes a manera de brindarle soluciones oportunas, que satisfagan sus necesidades a corto y mediano plazo, con equipos y productos de calidad, precios competitivos, garantía y soporte técnico; todo ello basado en un servicio de excelencia.”

1.1.4. Visión

“Ser líder en la fabricación de maquinaria industrial y en la distribución de productos para la industria y la rama automotriz, a escala nacional y centroamericana.”

1.1.5. Política de calidad

“Fabricar productos con apego a los estándares de calidad y buscando siempre la mejora continua, para lograr la completa satisfacción del cliente.”

Se fabrica maquinaria agrícola e industrial con los más altos estándares de diseño, fabricación y puesta en marcha con el respaldo de 30 años de experiencia.

INCAPROSA es representante regional de Koyo Latín América S.A., para Guatemala y El Salvador. Además de ser distribuidores autorizados de rodamientos NSK Industrial y automotriz, para Guatemala y El Salvador.

1.2. Conceptos de galvanoplastia

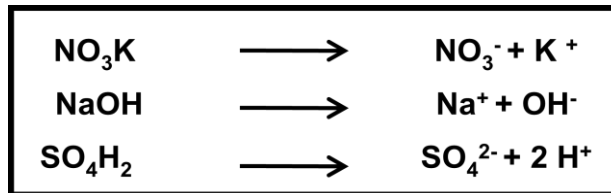
A continuación se presenta una serie de conceptos relacionados con el tema de galvanizado por electrólisis o galvanoplastia, que sirven de base para la comprensión del proceso en general.

1.2.1. Electrolito

Solución de sales en agua que da lugar a la formación de iones y que permite que la energía eléctrica pase a través de ellos. Los electrolitos pueden ser fuertes o débiles.

Un electrolito fuerte es toda sustancia que al disolverse en agua, provoca la formación de iones con una reacción de disolución prácticamente irreversible. Por ejemplo:

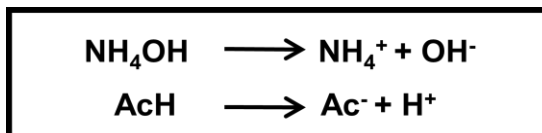
Figura 3. **Electrolito fuerte**



Fuente: elaboración propia.

Un electrolito débil es una sustancia que al disolverse en agua, produce iones parciales, con reacciones de tipo reversible. Por ejemplo:

Figura 4. **Electrolito débil**

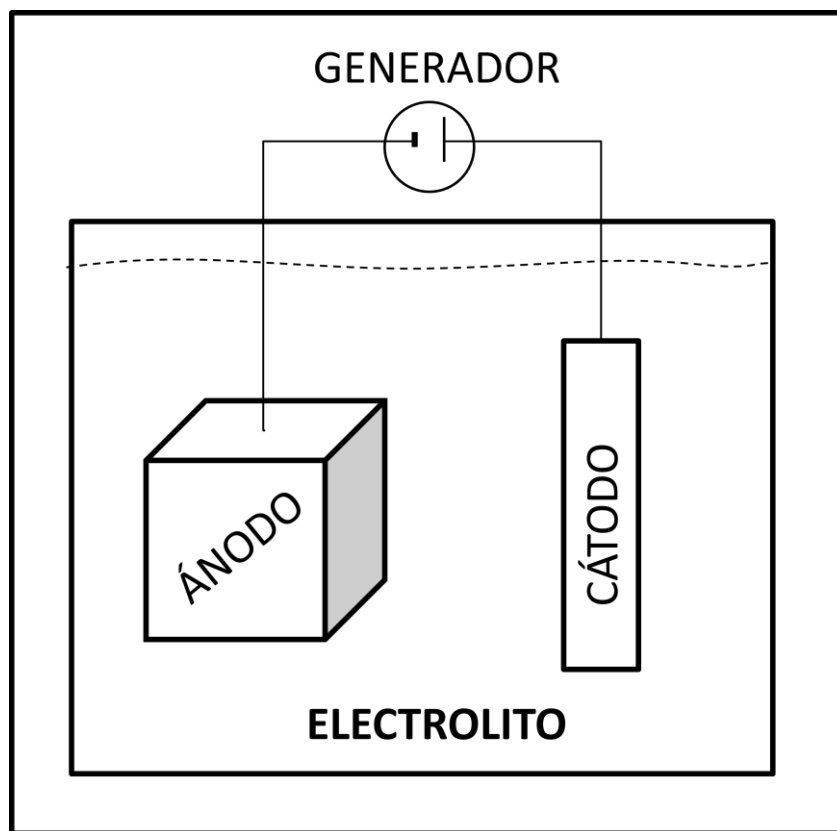


Fuente: elaboración propia.

Los electrolitos, generalmente, existen como ácidos, bases o sales.

Un electrolito se describe como concentrado si tiene una alta concentración de iones; o diluido si posee una baja concentración de los mismos. Si una alta proporción del soluto disuelto se disocia en iones, la solución es fuerte; si la mayor parte del soluto permanece no ionizado, la solución es débil.

Figura 5. **Esquema de electrolito en el proceso de electrólisis**



Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Electrólisis

Es un proceso en el que se aplica una diferencia de potencial entre dos electrodos y se realiza una reacción óxido reducción. La diferencia de potencial aplicada depende de la conformación del electrolito.

Cabe resaltar que en algunos procesos de electrólisis, si el valor de la diferencia de potencial aplicado es tan sólo ligeramente mayor que el calculado teóricamente, la reacción es lenta o no se produce, por lo que resulta necesario aumentar el potencial aplicado. Este fenómeno se da cuando en alguno de los electrodos se produce algún desprendimiento de gas. El potencial añadido en exceso se denomina potencial de sobretensión.

La cantidad de producto que se forma durante el proceso de electrólisis depende de:

- Corriente que circula a través de la cuba
- Masa equivalente de la sustancia que forma el electrolito

Michael Faraday, enunció dos leyes que rigen la electrólisis:

Primera ley de Faraday: la masa depositada por electrólisis es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que ha circulado.

Segunda ley de Faraday: si una cantidad de electricidad atraviesa distintos electrolitos, las masas de las sustancias depositadas durante el proceso son proporcionales a los respectivos equivalentes químicos.

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

El equivalente químico de un elemento en un compuesto, es la relación entre la masa de un mol de átomos del elemento y el número de oxidación con que actúa el compuesto.

$$Eq = \frac{\text{masa}}{\text{No. de oxidación}}$$

1.2.3. Ión

Es una partícula cargada eléctricamente formada por un átomo o molécula no eléctricamente neutra. A partir de un estado neutro, se han ganado o perdido electrones; a este fenómeno se le conoce como ionización.

Los iones cargados negativamente, producidos por haber más electrones que protones, se conocen como aniones; éstos son atraídos por el ánodo. Los cargados positivamente, consecuencia de una pérdida de electrones, se conocen como cationes; atraídos por el cátodo.

1.2.4. Estequiometria

Se deriva del griego *Stoicheion*, que significa elemento y *Metrón*, que significa medir. Se encarga del cálculo de las relaciones cuantitativas entre reactivos y productos en el transcurso de una reacción química.

En una reacción química se observa una modificación de las sustancias presentes: los reactivos se modifican para dar lugar a los productos.

A escala microscópica, la reacción química es una modificación de los enlaces entre átomos, por desplazamientos de electrones: unos enlaces se rompen y otros se forman, pero los átomos implicados se conservan. Esto es lo que se llama la ley de conservación de la materia, que implica las dos leyes siguientes:

- La conservación del número de átomos de cada elemento químico
- La conservación de la carga total

Las relaciones estequiometrias entre las cantidades de reactivos consumidos y productos formados dependen directamente de estas leyes de conservación, y están determinadas por la ecuación de la reacción.

La estequiometria desempeña un papel fundamental en el proceso electrolítico, ya que por medio de éstas se establecerán las cantidades de sustancias químicas a utilizar en el proceso y los tiempos de cada proceso.

1.2.5. pH

Es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno en una solución acuosa.

1.2.6. Ánodo

Electrodo en el cual se produce una reacción de oxidación. La polaridad del ánodo depende del tipo de dispositivo y del modo en que se opera, según la dirección de la corriente eléctrica. En consecuencia, en un dispositivo que consume energía, el ánodo es positivo, y en un dispositivo que proporciona energía, el ánodo es negativo.

1.2.7. Cátodo

Electrodo en el cual se produce una reacción de oxidación. La polaridad del cátodo depende del tipo de dispositivo y del modo en que se opera, según la dirección de la corriente eléctrica. En consecuencia, en un dispositivo que consume energía, el cátodo es negativo, y en un dispositivo que proporciona energía, el cátodo es positivo

1.2.8. Cincado electrolítico

Consiste en depositar sobre la pieza una capa de cinc mediante corriente continua a partir de una solución salina que contiene cinc. El proceso se utiliza para proteger piezas más pequeñas, cuando requieren un acabado más uniforme que proporciona el galvanizado.

1.2.8.1. Propiedades

A continuación, en la tabla I, se describen las propiedades del galvanizado por electrólisis.

Tabla I. **Propiedades del galvanizado electrolítico**

Propiedad	Galvanizado electrolítico
Características del recubrimiento	Buena, comparativamente al resto de recubrimientos
Continuidad y uniformidad	Uniforme, con limitaciones de acuerdo a la solubilidad del baño
Espesor	Variable entre 2,5 y 5 μm . Posibilidad de espesores superiores a costa de menor rentabilidad

Continuación de la tabla I.

Conformabilidad y propiedades mecánicas	El acero galvanizado electrolíticamente tiene excelente conformabilidad y puede ser soldado mediante soldadura por punto
--	--

Fuente: elaboración propia.

1.2.8.2. Ventajas de utilizar cincado electrolítico

- El espesor de la capa protectora de zinc suele ser de 10 micras y no superior a las 30 micras, consiguiendo que no se aumente notablemente el volumen de la pieza.
- La capa protectora se adhiere electrolíticamente a la pieza. Esta capa pasa a formar parte de la pieza, con lo que se podrá doblar y modificar la pieza sin pérdida de capa protectora.
- No deforma los materiales, el proceso se realiza a temperatura ambiente.
- El precio es económico, en comparación a otras opciones de recubrimiento.
- Versatilidad en acabados. El cincado electrolítico tiene un aspecto fino y brillante, y no deja impurezas.

1.3. Costos

A continuación se presentan conceptos referentes a manejo de costos, sobre los cuales se fundamenta el análisis financiero y económico que se presenta en el capítulo 3.

1.3.1. Costo directo

Es el que se deriva de los materiales, mano de obra, herramientas, maquinaria o labores directamente involucradas en la construcción física del producto.

Ejemplo: en el proceso de cincado electrolítico, los costos de los operarios que trabajan directamente en el proceso como mano de obra directa; los reactivos químicos necesarios para el proceso como materia prima directa.

1.3.2. Costo indirecto

Son todos los costos distintos de la materia prima directos y la mano de obra directa en que se incurre para producir un bien. Éstos no se pueden identificar o cuantificar en los productos terminados o en un área específica de producción.

Ejemplo: mano de obra indirecta, materiales indirectos, energía eléctrica, arrendamiento, depreciaciones, impuestos, entre otros.

1.3.3. Análisis económico

- Establecer la cantidad de recursos económicos necesarios para la realización de un proyecto determinado.
- Estimar la inversión inicial y los costos involucrados en operación.
- Determina el punto de equilibrio, el cual indica donde los ingresos son iguales a los costos, es decir, donde los beneficios por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables. Indica el nivel de producción mínimo para no incurrir en pérdida.

1.3.4. Análisis financiero

Es un método utilizado para establecer las consecuencias financieras de las decisiones de negocios, aplicando diversas técnicas que permiten seleccionar la información relevante y realizar mediciones y establecer conclusiones como:

- Rendimiento de una determinada inversión
- Rendimiento actual de un negocio
- Grado de riesgo de una inversión
- Flujo de fondos necesario para pagos de interés y pasivo

Un análisis financiero busca identificar los cursos de acción que tienen el mayor efecto positivo en el valor de la empresa. Entre las herramientas financieras más utilizadas se encuentran:

- Valor presente neto: procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con la inversión inicial.
- Tasa interna de retorno: tasa de interés con la cual el valor presente neto es igual a cero. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima de rendimiento. Si la tasa de interna de retornó es mayor a la tasa mínima de rendimiento, se recomienda aceptar el proyecto.
- Relación beneficio costo: toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultados, para determinar cuáles son los beneficios por cada unidad monetaria que se invertida en el proyecto.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Se describe la metodología de producción actual de la empresa, con el objeto de mejorarla mediante la implementación de un departamento de galvanizado por electrólisis. Se exponen aspectos del servicio al cliente y se especifican los costos de subcontratación en los que INCAPROSA ha incurrido en 2010.

2.1. Descripción del proceso actual

INCAPROSA se dedica a la manufactura de equipo y piezas de ensamblaje de metal para su utilización en distintas empresas de la industria nacional e internacional. Dichos productos deben poseer calidad y durabilidad; esto implica que cada una de las piezas fabricadas debe estar acondicionada para dicho propósito.

Dicho acondicionamiento se refiere, específicamente, a la protección contra la corrosión. Para esto, la empresa somete una variedad de piezas a un proceso de galvanizado por electrólisis, que brinda un recubrimiento adecuado y óptimo al producto.

2.2. Subcontratación de empresas de galvanizado

La empresa ha recurrido el servicio de subcontratación para dicha tarea, ya que actualmente, no cuentan con un departamento destinado a esa labor.

El proceso productivo empieza por la fabricación de las piezas, para luego ser enviadas a la empresa de galvanizado, la cual se encarga de aplicarle el

revestimiento. Posteriormente, las piezas se encuentran listas para ser utilizadas para el propósito por el cual fueron diseñadas.

2.2.1. Costos por galvanizado

En 2010, INCAPROSA incurrió en costos por galvanizado por un monto de Q. 49 012,00. Las empresas subcontratadas manejan un sistema de cobro por libra, independientemente de la cantidad de piezas requeridas.

A continuación se presentan los costos desglosados en meses:

Tabla II. **Costos por galvanizado**

Mes	Costo mensual Q.
Enero	2 940,72
Febrero	3 920,96
Marzo	4 411,08
Abril	5 146,26
Mayo	5 636,38
Junio	6 861,68
Julio	6 126,50
Agosto	4 411,08
Septiembre	3 920,96
Octubre	2 695,66
Noviembre	1 715,42
Diciembre	1 225,30
Total	49 012,00

Fuente: Departamento de Contabilidad de la empresa.

2.2.2. Tiempos de entrega

Uno de las principales complicaciones con el servicio de subcontratación se refleja en los tiempos de entrega. Debido a la alta demanda que estas empresas manejan, sus tiempos de servicio y entrega presentan retrasos.

Esto presenta un gran inconveniente para INCAPROSA, pues ante la incertidumbre del servicio, se ven en la necesidad de agregar un margen de tiempo adicional en el despacho del producto final, el cual constituye un costo de oportunidad considerable capaz de mermar las ganancias.

2.2.3. Servicio al cliente

En cuanto al servicio al cliente por parte de las empresas subcontratadas cabe resaltar algunos aspectos como:

- Tiempo de servicio: dichas empresas laboran solo cinco días a la semana. Por ninguna circunstancia sacrifican tiempo de descanso para trabajar un pedido. Este detalle es un gran inconveniente, ya que no programan órdenes para los últimos días de la semana laboral, y los atienden al regresar del descanso, afectando negativamente la actividad productiva de INCAPROSA.
- Calidad intermedia: al llevar a cabo el proceso de galvanizado por medios exteriores, la empresa no cuenta con un control total sobre la calidad de las piezas. Para INCAPROSA es mandatorio poseer el dominio completo sobre la manufactura de sus productos.

3. PROPUESTA

Describe el proceso de galvanizado por electrólisis. INCAPROSA requiere que dicho procedimiento se lleve a cabo con un recubrimiento de zinc. Dentro del mismo se especifica el recurso material y humano necesario. Además, se detalla el diseño del taller de galvanoplastía, por último, se realiza un análisis económico

3.1. Recurso material

Se especifican los insumos, maquinaria, instrumentos de medición, y la cuantificación de los mismos.

3.1.1. Materia prima

A continuación se describen las distintas materias primas utilizadas en el proceso de galvanoplastía.

3.1.1.1. Sustancias químicas

El galvanizado por electrólisis se encuentra compuesto por una diversidad de etapas, en cada una de las cuales, las piezas son sometidas a procedimientos que involucran una variedad de soluciones químicas necesarias para la transformación y obtención del producto final.

A continuación se presenta la tabla III que contiene los distintos reactivos químicos utilizados:

Tabla III. **Reactivos químicos**

Proceso	Nombre del reactivo
Desengrase químico	Desengrasante formulado
Decapado químico	Ácido sulfúrico al 5%
Neutralizado	Agua destilada
Galvanizado	Óxido de zinc
	Abrillantadores
	Hidróxido sódico
Sellado	Agua destilada

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. **Zinc**

De este elemento se desprende la capa que posteriormente cubrirá las piezas por vía electrolítica. Se recomienda el uso de barras de zinc puro, en un 99,99% para el desempeño eficiente del proceso.

Figura 6. **Barras de zinc**



Fuente: <http://www.mx.all.biz/g24312/>. Consulta: 5 de febrero de 2012.

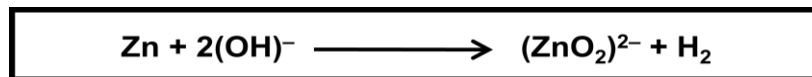
3.1.2. Insumos

A continuación se especifican los insumos utilizados en los distintos procedimientos del galvanizado por electrólisis.

3.1.2.1. Electrolito

En el proceso del galvanizado se utiliza un electrolito, específicamente del tipo zinc alcalino, éste reacciona con los alcalinos provocando cincados solubles, según la siguiente reacción, donde también se libera hidrógeno:

Figura 7. Ecuación de electrolito alcalino



Fuente: elaboración propia.

La formulación para el electrolito es la siguiente:

- Óxido de zinc 9,5 g/l
- Hidróxido sódico 90-120 g/l
- Abrillantadores 10-50 ml/l

3.1.2.2. Agua

El agua es utilizada en las etapas de enjuague y neutralizado. Se emplea para eliminar los iones libres restantes adquiridos en fases anteriores. Se puede utilizar agua destilada, la cual al carecer de sales, utiliza sus iones libres para la sustracción de los residuos durante las reacciones químicas.

Otra opción es el agua no potable, la cual es más económica al no tener que pasar por proceso de destilación. Cabe resaltar que ésta se tiene que aplicar en mayor cantidad en comparación al agua destilada, pues al no poseer una gran cantidad de iones libres, se necesita un mayor volumen de la misma, para eliminar los residuos de la pieza que se esté trabajando.

3.1.2.3. Desengrasante

Es una solución que busca eliminar las grasas, las pinturas y los barnices que pueda poseer la pieza antes de ser trabajada, consiguiendo eliminar la tensión superficial del baño galvánico y proporcionar mejores resultados en el producto final.

En el mercado se encuentran distintos tipos de desengrasantes. Unas son sustancias utilizadas a temperatura caliente y otros a temperaturas frías. Es de vital importancia utilizar el que se adapte mejor a las necesidades del proceso.

Para este caso, se empleará un desengrasante formulado específicamente para hierro negro y otros metales. Éste es hecho a base de detergentes y presenta un alto grado de eficiencia en su propósito.

Figura 8. **Desengrasante MD240 para hierro negro**



Fuente: <http://www.rcquimica.com/>. Consulta: 5 de febrero de 2012.

3.1.2.4. **Abrillantador**

La función de los abrillantadores es facilitar el movimiento de partículas en el proceso de anodizado o electrólisis. La presencia de éstos es vital para el funcionamiento óptimo de la operación. Se pueden utilizar distintos reactivos como la sacarina, la trieta y la formalina, siendo ésta última, a un rendimiento del 37%, la que destaca por su bajo costo y funcionalidad.

Figura 9. **Galón de formalina**



Fuente: <http://www.grupocolono.com>. Consulta: 5 de febrero de 2012.

3.1.3. **Maquinaria**

En el proceso de galvanizado por electrólisis se utiliza maquinaria específica destinada a procedimientos especiales. A continuación se describe dicho equipo.

3.1.3.1. Generador de corriente continua

INCAPROSA cuenta con una generación de energía con corriente trifásica y tensión de salida de 120 V y 240 V.

3.1.3.2. Rectificador de corriente

Un rectificador de corriente, es un dispositivo que permite convertir la corriente alterna en corriente directa. Para este caso, se requiere un rectificador para corriente trifásica.

Por el diseño del proceso, en el que se utilizan, aproximadamente, 1 200 litros de electrolito, se recomienda un rectificador que pueda generar, por lo menos, 1 200 amperios para que el proceso de galvanizado sea confiable.

Figura 10. Parte frontal del rectificador de corriente



Fuente: <http://rectificadoresmit.com/>. Consulta: 8 de febrero de 2012.

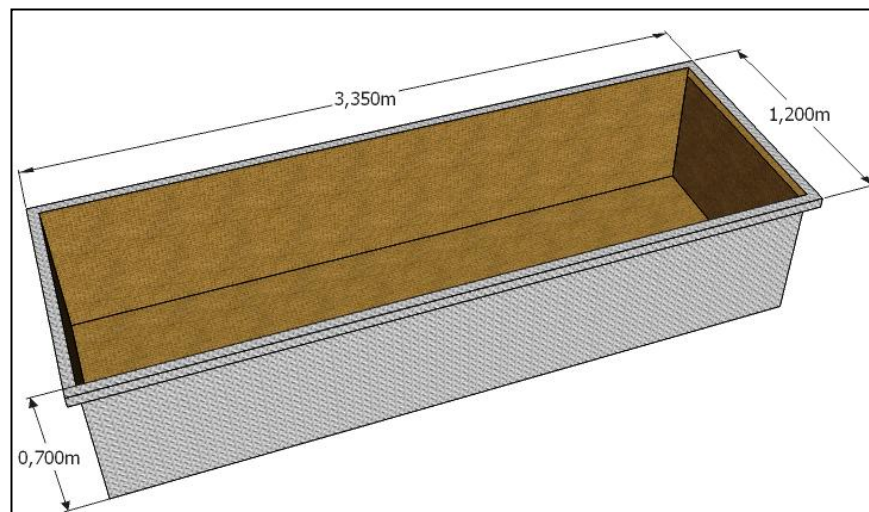
3.1.3.3. Cuba

Es un tanque en la cual se desarrollan las distintas etapas del proceso. Es recomendable utilizarlas en procedimientos heterogéneos para no provocar reacciones no deseadas. A continuación se describen las especificaciones de cada cuba requerida por proceso:

- Cuba de desengrase químico

Dentro de este tanque se lleva a cabo el desengrase por inmersión de cada pieza que requiera galvanizado. En el interior de ésta va colocada una sustancia química responsable de eliminar toda la grasa presente en la superficie del metal.

Figura 11. **Cuba de desengrase químico**



Fuente: elaboración propia.

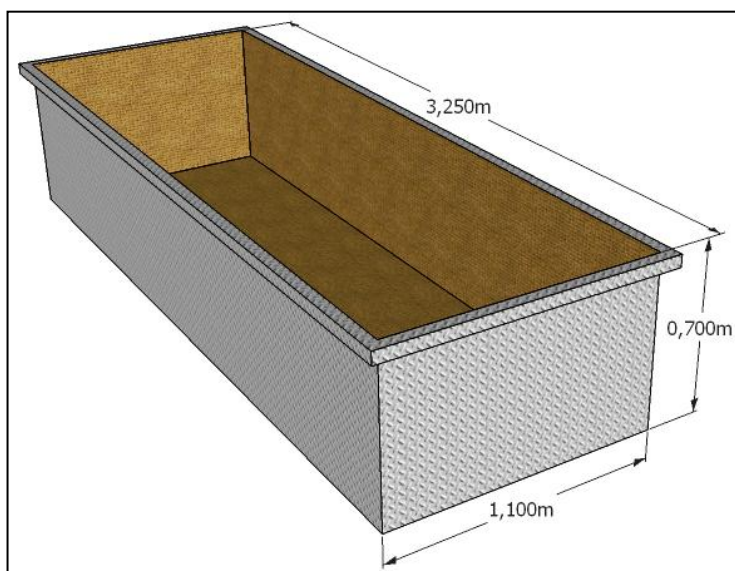
Debe ser construida a base de metal en su totalidad y contener un recubrimiento de resina viniléster en el interior que proporciona propiedades favorables al uso de desengrasante que incrementaran la vida útil de la cuba.

- **Cuba de decapado químico**

Este tanque es utilizado, específicamente, para el decapado del producto. Dentro de él va depositada la solución responsable de la eliminación del óxido de hierro contenido en la superficie de la pieza.

Al igual que la cuba anterior, debe ser fabricada con metal y poseer en su interior un revestimiento de la resina viniléster que beneficiará la resistencia al ácido. A la vez debe poseer una tapadera que impida la salida los gases generados por el ácido.

Figura 12. **Cuba de decapado químico**



Fuente: elaboración propia.

- Cuba de galvanizado

Es aquí donde se lleva a cabo el proceso de galvanizado de la pieza. La cuba de galvanizado posee un diseño más complejo. Dentro de ella se va a encontrar el electrolito, por el cual, a través del paso de corriente continua se llevará a cabo el procedimiento de anodización.

La cuba de galvanizado debe ser fabricada de metal, con un revestimiento de resina viniléster en el interior. A lo largo de la misma van colocadas 3 barras de cobre, por las cuales transitará corriente directa. Éstas tienen que tener capacidad para soportar la pieza a galvanizar y las barras de zinc que irán sumergidas en el electrolito.

Las barras de cobre van distribuidas de la siguiente manera:

- Dos barras van posicionadas a lo largo de los bordes izquierdo y derecho, y a través de ellas viaja corriente positiva proveniente del rectificador. En éstas se suspenden las barras de zinc, que actúan como ánodo.
- En el centro, a lo largo de la cuba, se coloca una sola barra, por la cual transita la corriente positiva. En ella va suspendida la pieza que se quiere galvanizar, que es el cátodo.

Se utilizarán tres cubas de galvanizado. Una para piezas pequeñas, una para las de mayor tamaño y una última, para las que poseen curvas pronunciadas. Es importante que cada una de éstas cuente con los requerimientos antes descritos.

A continuación se presentan en la tabla IV, las dimensiones para los tres tanques:

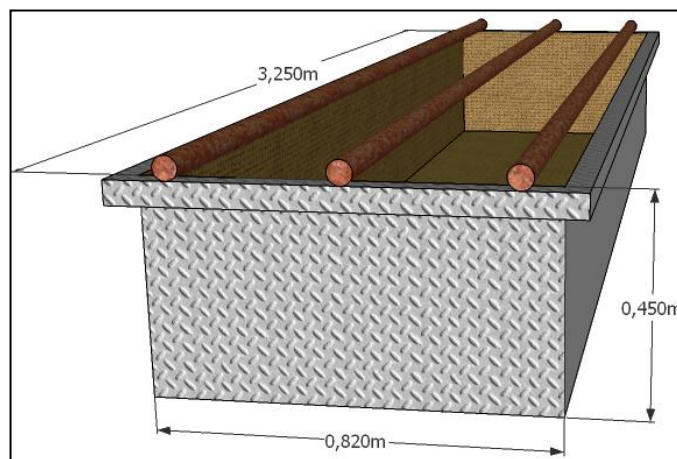
Tabla IV. **Dimensiones de cubas de galvanizado**

Dimensiones de cubas			
	Largo	Ancho	Profundidad
Cuba A	0,88 m	0,82 m	0,60 m
Cuba B	3,25 m	0,82 m	0,45 m
Cuba C	1,75 m	1,46 m	0,45 m

Fuente: elaboración propia.

Al igual que las cubas anteriores, ésta posee revestimiento de viniléster, que tiene la capacidad de contener reactivos y soluciones químicas; y además puede soportar altas temperaturas.

Figura 13. **Cuba B de galvanizado**



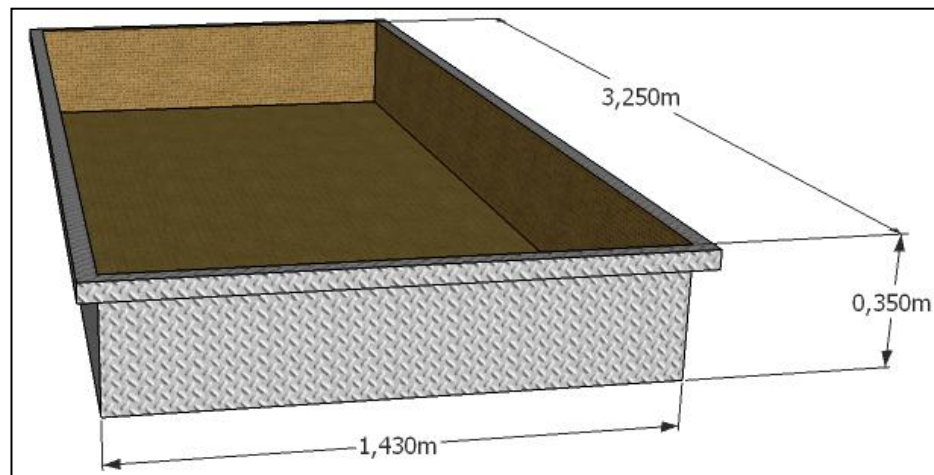
Fuente: elaboración propia.

- Cuba de enjuague

Éstas se utilizan para aplicar agua sobre las piezas y así eliminar ácidos, restos de zinc y electrolito adquiridos en procedimientos anteriores.

Las cubas de enjuague son fabricadas de metal, con un recubrimiento interior de viniléster. Cabe resaltar que en dichos tanques sólo se trabajará con agua corriente y los restos químicos que se desprendan de las piezas al ser lavadas.

Figura 14. **Cuba de enjuague**

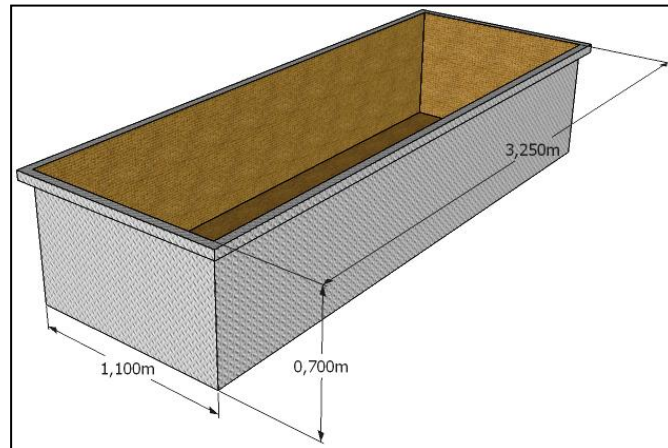


Fuente: elaboración propia.

- Cuba de neutralizado

Es aquí donde se tratan las piezas luego de pasar por el primer enjuague. Su construcción es similar al de la cuba de decapado.

Figura 15. **Cuba de neutralizado**

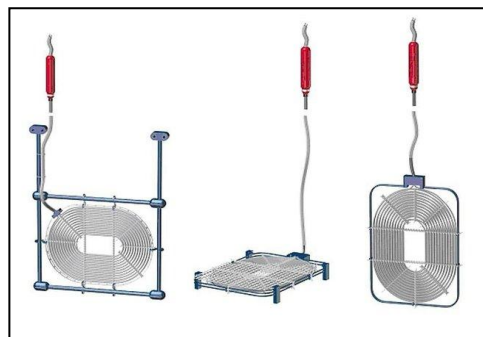


Fuente: elaboración propia.

3.1.3.4. **Calentador de Inmersión**

Este calentador es utilizado para llevar distintas sustancias a temperaturas deseadas según sea necesario. Es requerido en los procedimientos de neutralizado y sellado de las piezas.

Figura 16. **Calentador de inmersión de teflón**



Fuente: <http://www.galvatek.com.mx/>. Consulta: 9 de febrero de 2012.

3.1.4. Instrumentos de medición

Durante el proceso de galvanizado se lleva una serie de mediciones constantes por medio de instrumentos específicos. A continuación se describen los instrumentos de medición a utilizar.

3.1.4.1. Termómetro

Es utilizado en el neutralizado y sellado. La finalidad de éste es llevar a cabo la medición exacta de las temperaturas para dichos procesos.

Figura 17. **Termómetro digital**



Fuente: <http://www.shoptronica.com>. Consulta: 9 de febrero de 2012.

3.1.4.2. pH-metro

El propósito de este instrumento es medir el pH de las soluciones involucradas en distintos procesos donde se debe controlar dicha variable.

Figura 18. **pH-metro digital**



Fuente: <http://www.shoptronica.com>. Consulta: 9 de febrero de 2012.

3.1.4.3. **Balanza**

La balanza es utilizada para la medición de masa de los distintos reactivos químicos empleados en las distintas soluciones que intervienen en cada una de las etapas del proceso.

Figura 19. **Balanza electrónica**



Fuente: <http://www.shoptronica.com>. Consulta: 9 de febrero de 2012.

3.2. Recurso humano

Describen aspectos del personal operativo y administrativo que interviene en el proceso.

3.2.1. Personal operativo

A continuación se describe el perfil del personal operativo, especificando funciones y competencias.

3.2.1.1. Perfil

Especifica funciones, competencias, requerimientos y actividades, por puesto.

- Jefe de taller

Tabla V. Perfil de jefe de taller

Denominación del puesto: Jefe de taller	
Función	Responsable directo del taller. Se encarga del manejo de personal, asignación de tareas. Responde por administración insumos y equipo.
Cadena de mando	Gerente de planta - Jefe de taller - Operario - Ayudante.
Supervisa a	Taller en general.
Escolaridad	Primaria completa y preferentemente, una carrera técnica.
destreza y habilidad	Manejo de equipo de galvanotecnia y equipo eléctrico.

Continuación de la tabla V.

Criterio e iniciativa	Requiere comprender instrucciones puntuales y ejecutarlas.
Experiencia	Administración de insumos, personal y talleres con equipo eléctrico y otros.
Relaciones	Otras áreas operativas de la empresa
Seguridad	Los errores que cometa, pueden poner en peligro la seguridad de personas internas y externas a la planta.
Esfuerzo mental	Exige concentración y precisión al momento de trabajar.
Esfuerzo físico	Requiere manejo de piezas metálicas de tamaños variables.
Manejo de tiempo	Precisión en manejo de tiempo en el proceso. Trabajo bajo presión.
Riesgo	El no seguir las normas de seguridad puede comprometer su salud, la del personal a su cargo y la planta en general.

Fuente: elaboración propia.

- Operario

Tabla VI. **Perfil de operario**

Denominación del puesto: Operario	
Función	Encargado directo del proceso de galvanizado, manejo de taller, insumos, equipo y personal asignado.
Cadena de mando	Gerente de planta – Jefe de taller - Operario.
Supervisa a	Ayudantes de taller.
Escolaridad	Primaria completa y preferentemente, una carrera técnica.

Continuación de la tabla VI.

destreza y habilidad	Manejo de equipo de galvanotecnia y equipo eléctrico.
Criterio e iniciativa	Requiere comprender instrucciones puntuales y ejecutarlas.
Experiencia	Manejo de personal y talleres con equipo eléctrico y otros.
Relaciones	Otras áreas operativas de la empresa
Seguridad	Los errores que cometa pueden poner en peligro la seguridad de personas internas y externas a la planta.
Esfuerzo mental	Exige concentración y precisión al momento de trabajar.
Esfuerzo físico	Requiere manejo de piezas metálicas de tamaños variables.
Manejo de recursos	Precisión en manejo de todos los recursos en el proceso.
Riesgo	La no utilización del equipo de seguridad puede comprometer su salud y la del personal a su cargo

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.2. Capacitación

El personal operativo y administrativo requiere capacitación y adiestramiento para el desarrollo del proceso de galvanizado, el manejo del equipo disponible, manejo de sustancias químicas, utilización de equipo de seguridad industrial y la distribución del taller de galvanoplastia. A continuación se presenta una ficha de capacitación con los aspectos mencionados con anterioridad.

Tabla VII. **Capacitación para el galvanizado**

Tema	Proceso de galvanizado por electrólisis	
Objetivo	Capacitar al personal operativo sobre el proceso de galvanizado por electrólisis. Tanto en manejo de equipo operacional, sustancias químicas, equipo de seguridad industrial y manejo del taller de galvanoplastia en general.	
Equipo, material y metodología		
Concepto	Material bibliográfico	Metodología
Equipo eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Manual de rectificador de corriente 	<ul style="list-style-type: none"> Explicación y demostración de funcionamiento de rectificador. Distribución y funcionamiento de tomas de corriente eléctrica.
Proceso de galvanizado por electrólisis	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de flujo de proceso. Ficha de formulaciones químicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Explicación y demostración del proceso. Especificación de estándares. Procedimientos correctivos.
Seguridad industrial	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de seguridad de reactivos químicos. Manual de equipo de seguridad industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Demostración de utilización de equipo de seguridad industrial. Explicación de consecuencias del mal manejo del equipo.
Seguridad industrial		<ul style="list-style-type: none"> Explicación de señalización de seguridad.
Taller de galvanoplastia	<ul style="list-style-type: none"> Plano del taller. Diagrama de recorrido. 	<ul style="list-style-type: none"> Recorrido al taller e instalaciones de la planta.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Personal administrativo

El proceso de galvanoplastía no puede funcionar sin la asistencia e involucramiento de personal administrativo, por lo que a continuación se describe información acerca del perfil y capacitación de dicha área.

3.2.2.1. Perfil

Actualmente, la empresa cuenta con el personal administrativo requerido, ya que la implementación del departamento de galvanizado es una mejora en el proceso productivo.

3.2.2.2. Capacitación

La capacitación del personal administrativo va orientada a la descripción completa del proceso. Es de vital importancia que la gerencia de planta posea un amplio dominio del tema y todo lo que involucra. Además, los departamentos relacionados con costos y otras tareas relacionadas deben estar informados de los cambios originados como consecuencia de la implementación.

A continuación, en la tabla VIII, se presenta la ficha de capacitación del área administrativa.

Tabla VIII. **Capacitación de gerencia de planta**

Área	Gerencia de planta	
Tema	Proceso de galvanizado por electrólisis	
Objetivo	Capacitar al gerente de planta sobre el proceso de galvanizado por electrólisis. Tanto en manejo de equipo operacional, sustancias químicas, equipo de seguridad industrial y manejo del taller de galvanoplastia en general.	
Equipo, material y metodología		
Concepto	Material bibliográfico	Metodología
Equipo eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Manual de rectificador de corriente 	<ul style="list-style-type: none"> Explicación y demostración de funcionamiento de rectificador.
Proceso de galvanizado por electrólisis	<ul style="list-style-type: none"> Diagrama de flujo de proceso. Ficha de formulaciones químicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Explicación y demostración del proceso. Especificación de estándares. Procedimientos correctivos.
Seguridad industrial	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de seguridad de reactivos químicos. Manual de equipo de seguridad industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Demostración de utilización de equipo de seguridad industrial. Explicación de consecuencias del mal manejo del equipo. Explicación de señalización de seguridad.

Continuación de la tabla VIII.

Taller de galvanoplastía	<ul style="list-style-type: none"> • Plano del taller. • Diagrama de recorrido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recorrido al taller e instalaciones de la planta.
Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis económico • Análisis financiero 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación y explicación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Capacitación de otro personal administrativo**

Área	Otro personal administrativo	
Tema	Proceso de galvanizado por electrólisis	
Objetivo	Capacitar al personal administrativo sobre los cambios en base a la implementación del departamento de galvanoplastía.	
Equipo, material y metodología		
Concepto	Material bibliográfico	Metodología
Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de costos nuevos, lista de insumos y proveedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación y explicación.

Fuente: elaboración propia.

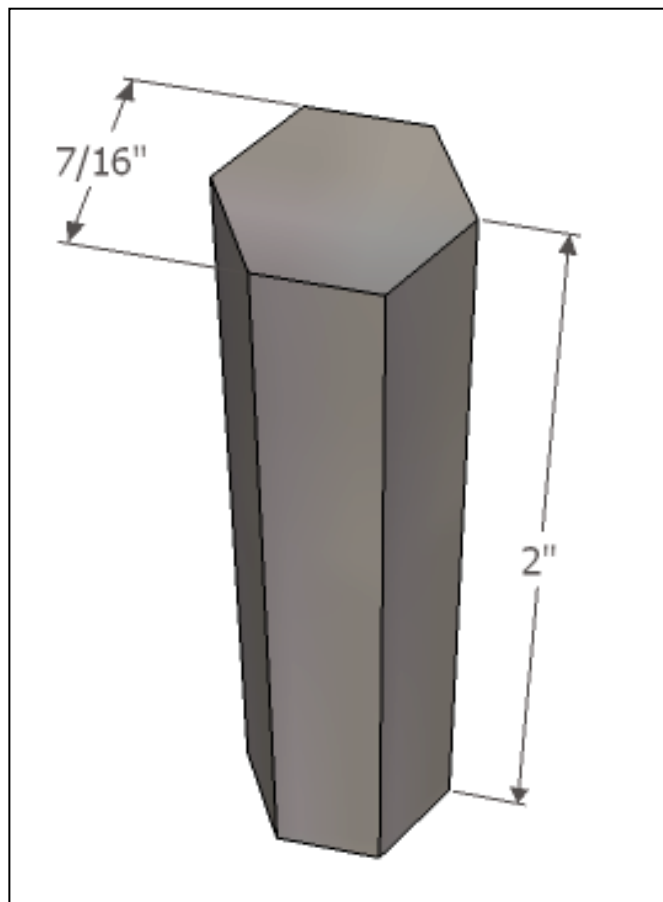
3.3. Piezas para proceso de galvanizado

A continuación se describen las piezas que requieren proceso de cincado electrolítico.

3.3.1. Punta de dos pulgadas

- Material: hierro negro
- Forma: hexagonal-cilíndrica

Figura 20. Punta de dos pulgadas

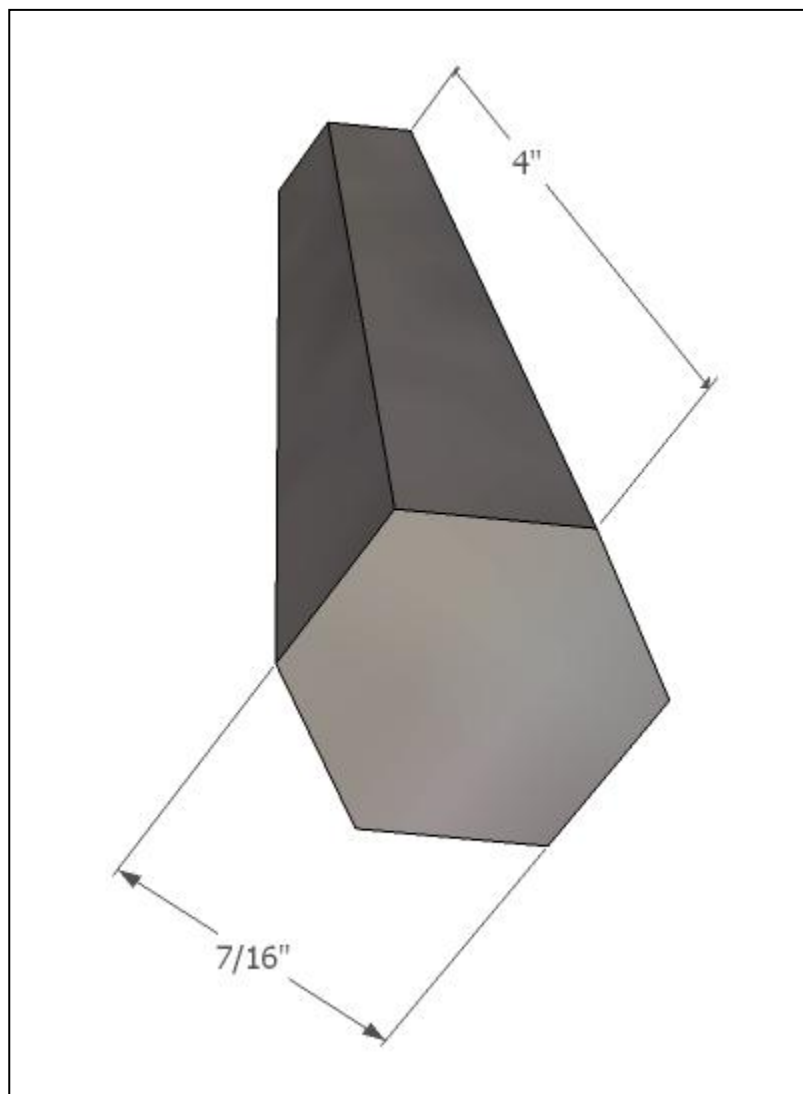


Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Punta de cuatro pulgadas

- Material: hierro negro
- Forma: hexagonal-cilíndrica

Figura 21. Punta de cuatro pulgadas

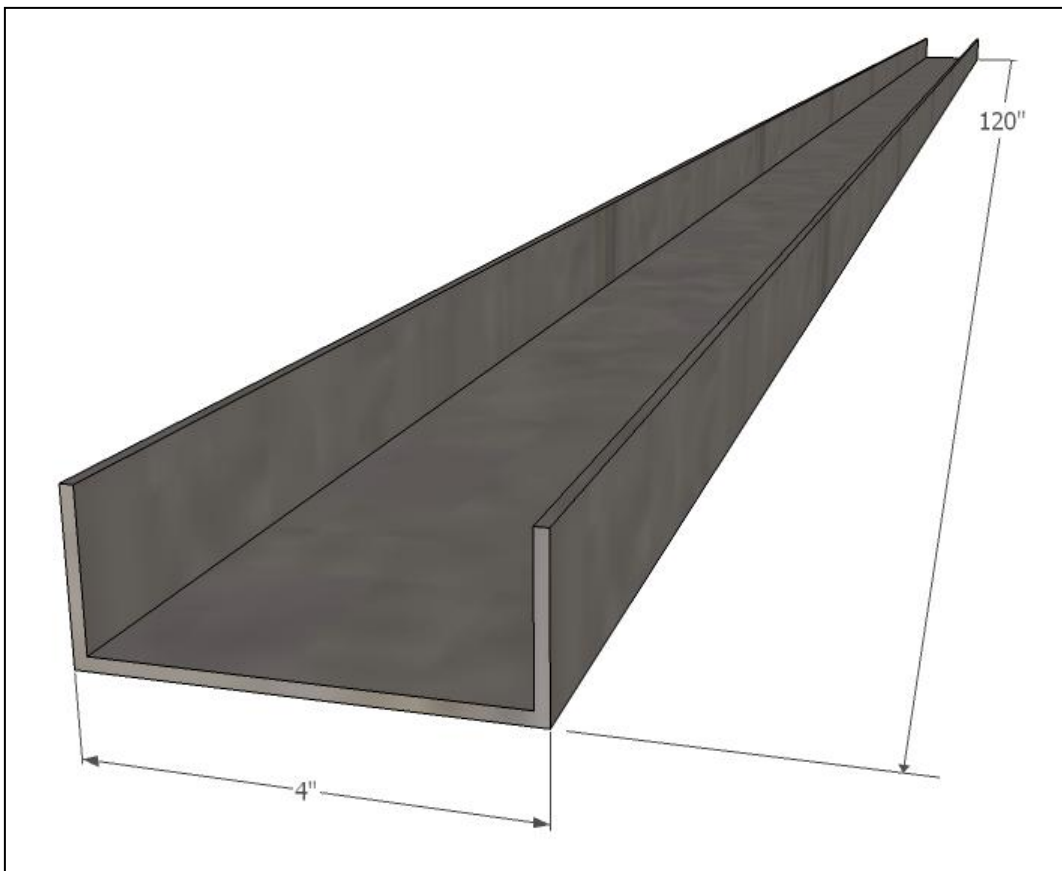


Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Viga en U

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/8"

Figura 22. Viga en U

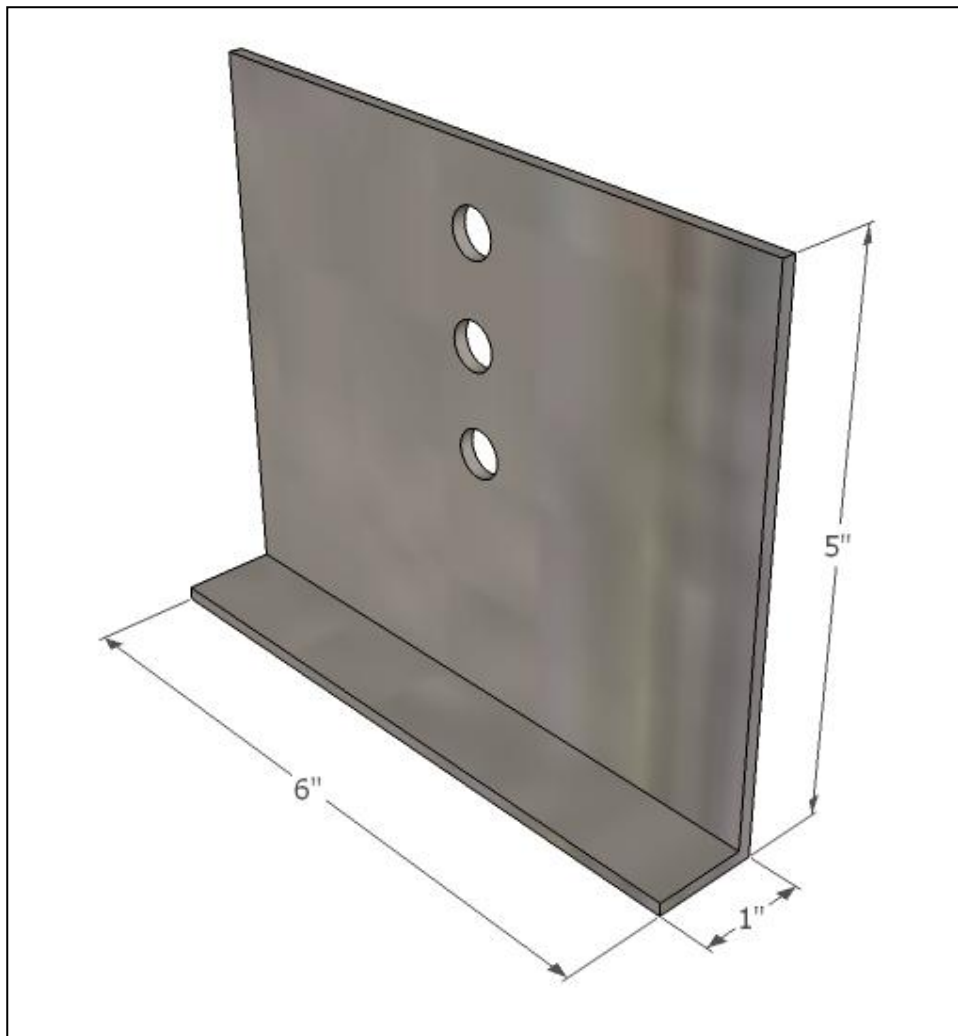


Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Oreja rectangular

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/16" y 3/8"
- Diámetro agujeros: 7/16"

Figura 23. Oreja rectangular

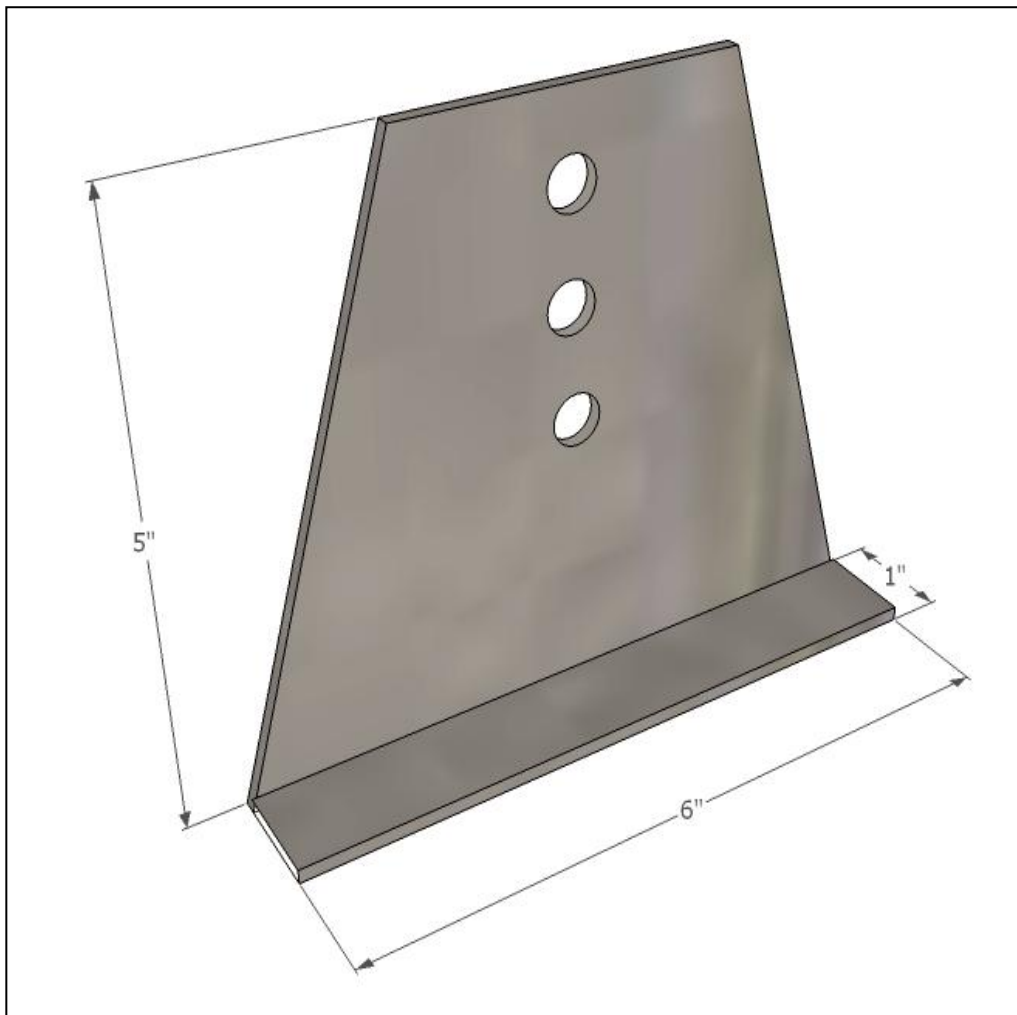


Fuente: elaboración propia.

3.3.5. Oreja triangular

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/16" y 3/8"
- Diámetro agujeros: 7/16"

Figura 24. Oreja triangular

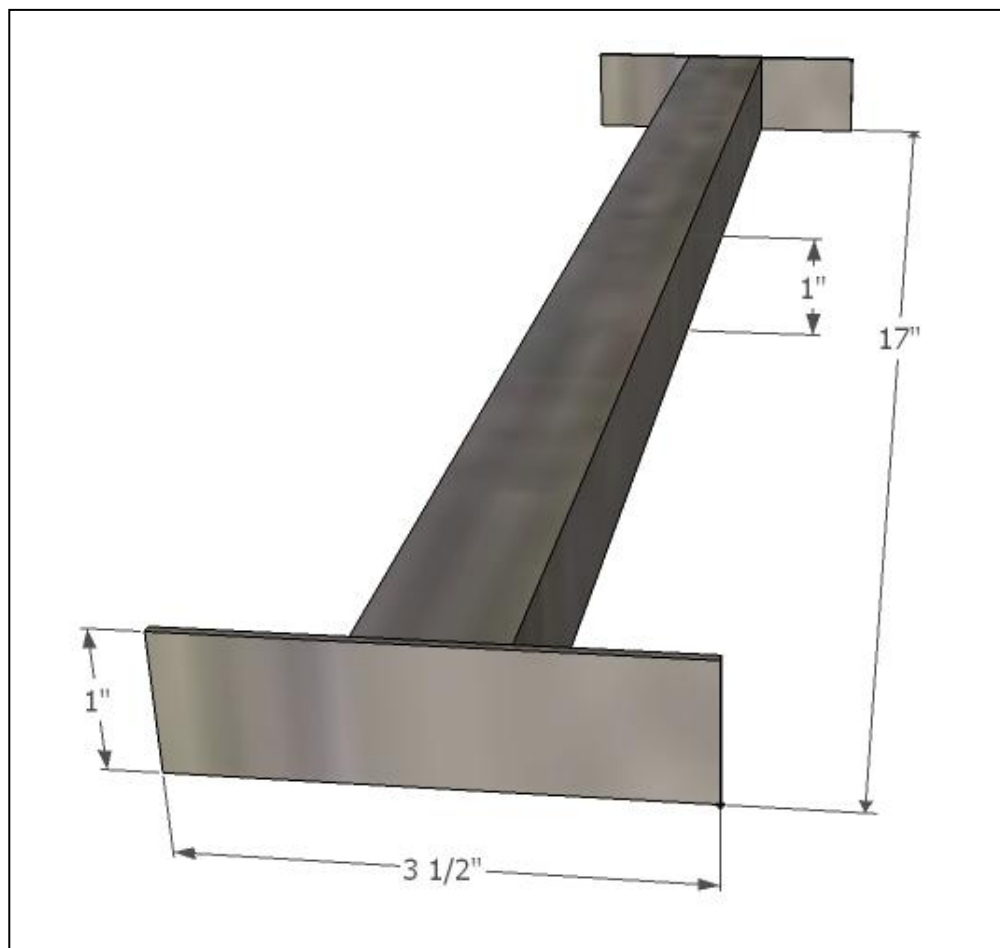


Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Espaciador

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/16" y 3/8"

Figura 25. Espaciador

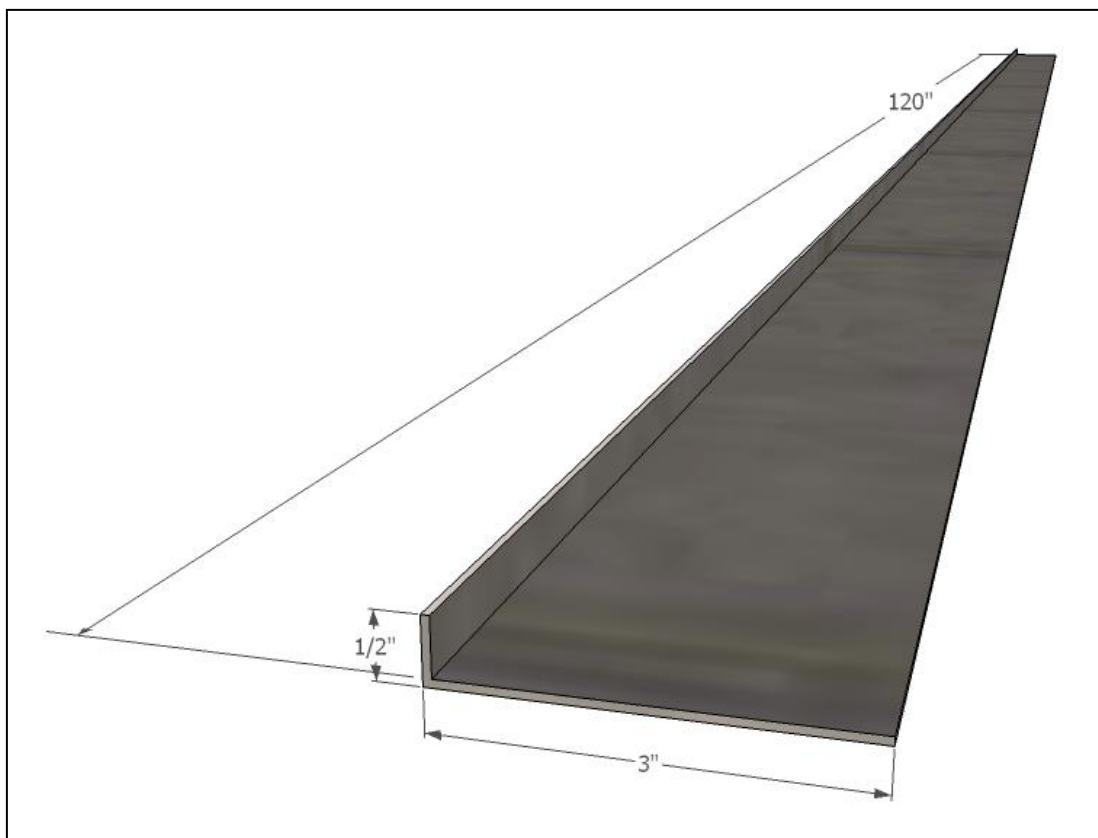


Fuente: elaboración propia.

3.3.7. Platina

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/16" y 3/8"

Figura 26. Platina

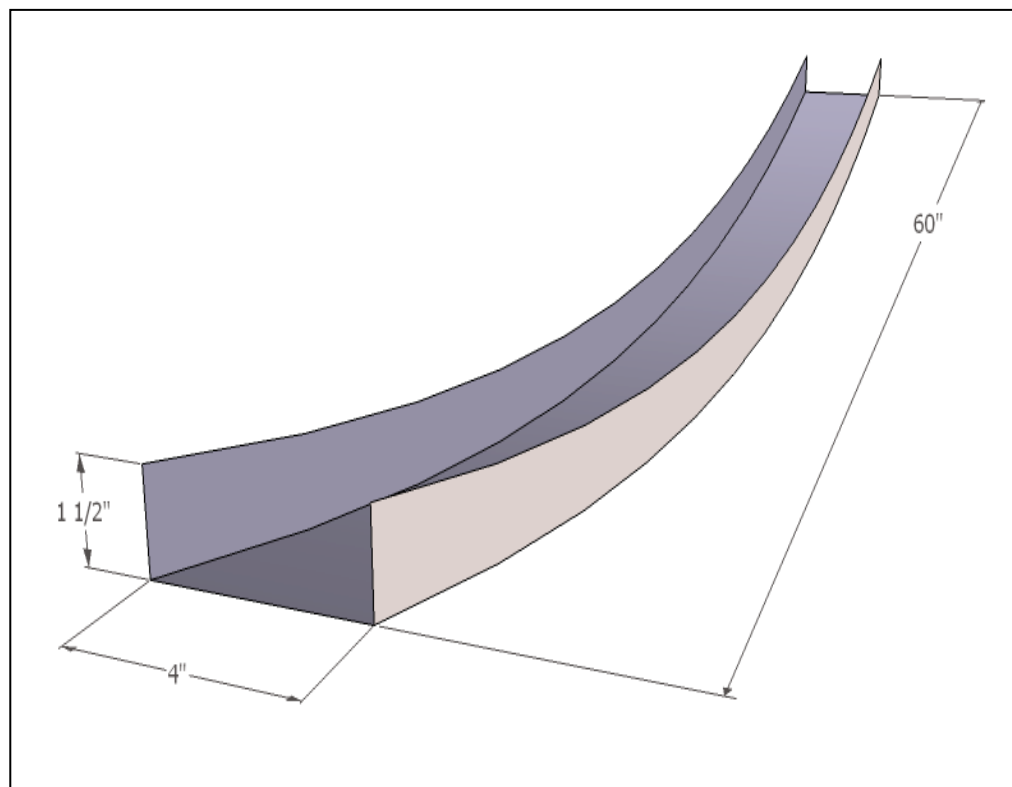


Fuente: elaboración propia.

3.3.8. Curva grande

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/8"

Figura 27. Curva grande

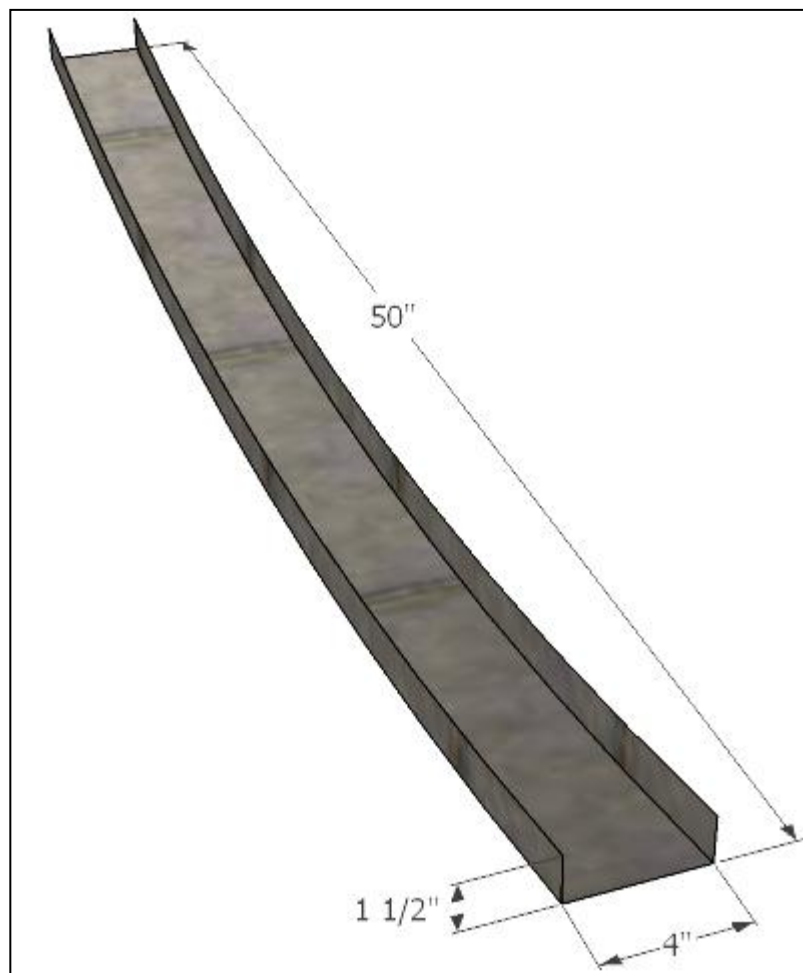


Fuente: elaboración propia.

3.3.9. Curva pequeña

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/8"

Figura 28. Curva pequeña

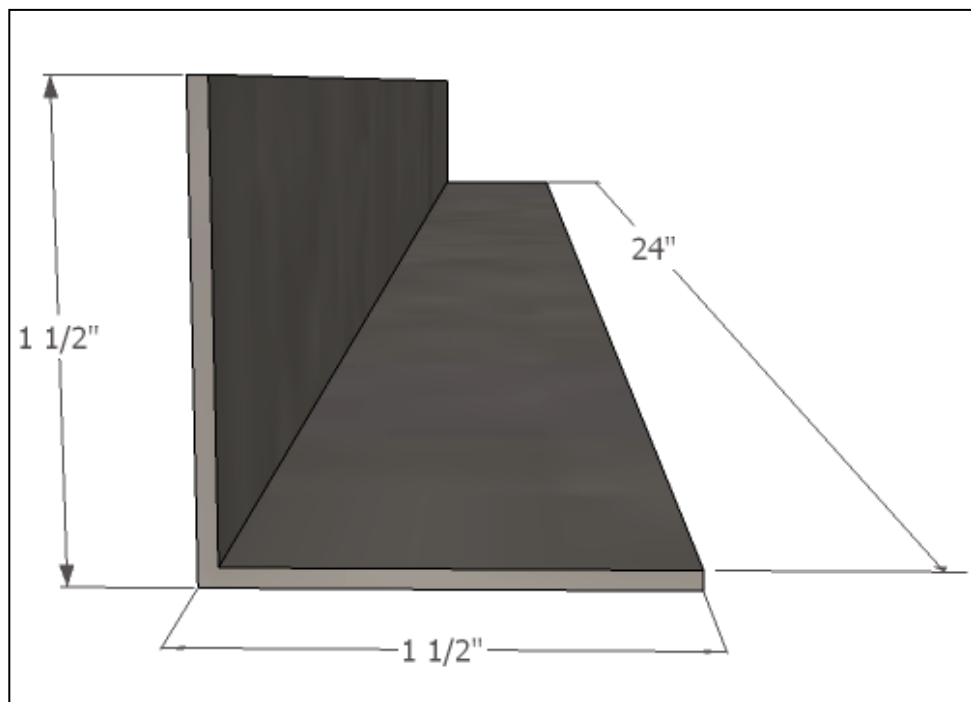


Fuente: elaboración propia.

3.3.10. Espaciador en angular

- Material: hierro negro
- Espesor de placa: 1/16" y 3/8"

Figura 29. Espaciador en angular

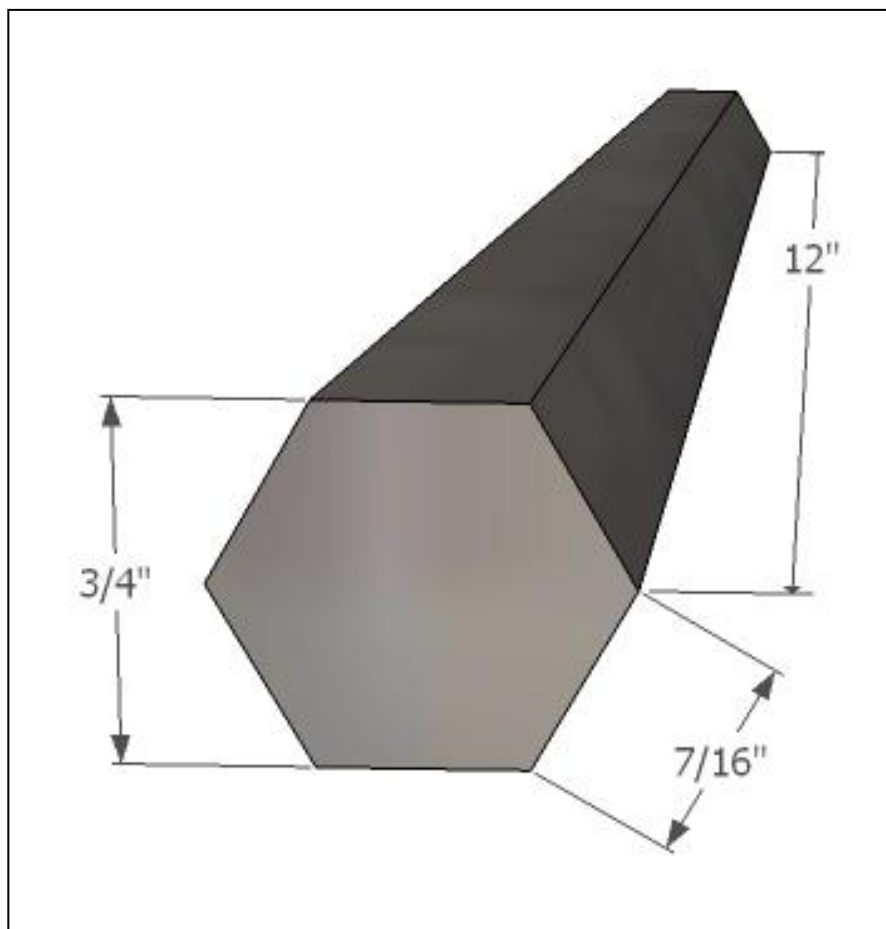


Fuente: elaboración propia.

3.3.11. Varilla hexagonal

- Material: hierro negro
- Forma: hexagonal

Figura 30. Varilla hexagonal

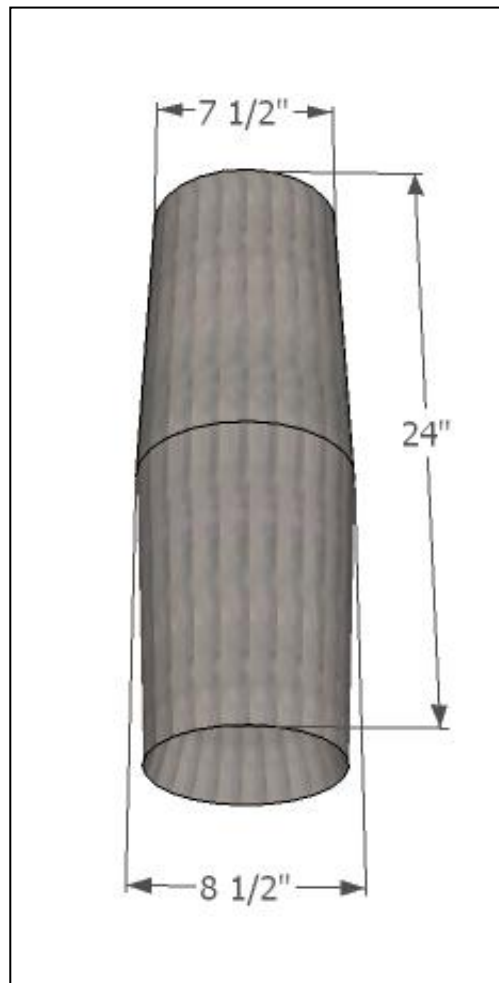


Fuente: elaboración propia.

3.3.12. Rodillo tractor

- Material: hierro negro
- Forma: cilíndrica-cónica
- Diámetro lateral: 7,5"
- Diámetro central: 8,5"

Figura 31. Rodillo tractor

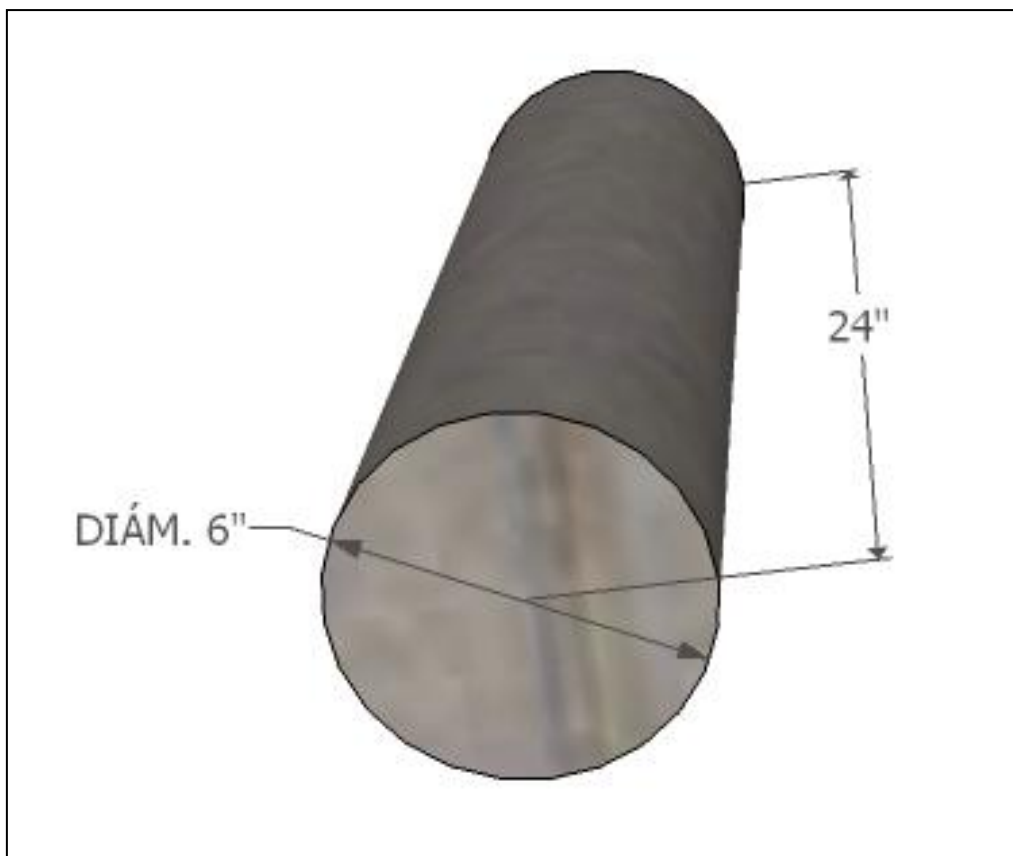


Fuente: elaboración propia

3.3.13. Rodillo cola

- Material: hierro negro
- Forma: cilíndrica

Figura 32. Rodillo cola



Fuente: elaboración propia.

3.4. Descripción del proceso

El proceso de galvanizado está conformado por nueve etapas, en cada una de las cuales el producto va sufriendo una serie de cambios hasta la obtención del producto final. A continuación se detalla cada una de éstas.

3.4.1. Selección de la pieza

La forma en que se opera cada una de esas fases depende de la pieza que se esté trabajando. Esta variabilidad está representada por el monto de tiempo de cada operación, la cantidad insumos y sustancias químicas a utilizar, y la forma en que las piezas son manipuladas.

3.4.2. Desengrase químico

Posterior a la selección de la pieza, se procede al desengrase de la pieza. Para esto, ésta debe sumergirse dentro de la cuba destinada a dicha tarea. Se aconseja llevar a cabo una limpieza mecánica por medio de tallado para así aflojar las partículas de grasa y por lo tanto el proceso de inmersión sea más eficiente.

Figura 33. **Desengrase químico**



Fuente: elaboración propia.

3.4.3. Decapado químico

En esta operación se elimina todo el óxido de hierro de la superficie de la pieza a tratar.

Entre los principales compuestos que se pueden utilizar se encuentran:

- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico
- Acido fosfórico

Por diseño del proceso se utiliza ácido sulfúrico al 5%. Se requieren 600 L de dicha sustancia y ésta se encuentra conformada por 30,3 L de ácido sulfúrico y 569,7 L de agua destilada.

El procedimiento consiste en sumergir la pieza dentro del ácido, depositado con anterioridad en la cuba de decapado. Dicha sustancia actúa sobre la superficie de una forma rápida y efectiva. Una vez la pieza se encuentre sin óxido, se retira del baño; el indicador del éxito del proceso es que la pieza debe presentar un color gris grafito en toda su área superficial.

Figura 34. **Contraste decapado – óxido**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta la tabla X, que contiene el tiempo requerido para la eliminación de óxido por pieza

Tabla X. **Tiempo de decapado**

No.	Pieza	Tiempo decapado s
1	Punta 2in	1
2	Punta 4in	1
3	Viga en U	4
4	Oreja rectangular	2
5	Oreja triangular	2
6	Espaciador	3
7	Platina	3
8	Curva grande	4
9	Curva pequeña	3
10	Espaciador en angular	3
11	Varilla hexagonal	1
12	Rodillo tractor	3
13	Rodillo cola	3

Fuente: elaboración propia

La solución decapante posee una vida útil. Es imposible determinar con exactitud la duración de la misma, pues cada pieza posee distintas cantidades de óxido de hierro. Una forma de saber cuándo ha perdido su efectividad es mediante la medición de su pH. Originalmente el pH de ésta es de tipo ácido, y al momento que pase a ser neutra o ya bien alcalina, es muestra que se necesita reemplazar la sustancia.

3.4.4. Primer enjuague

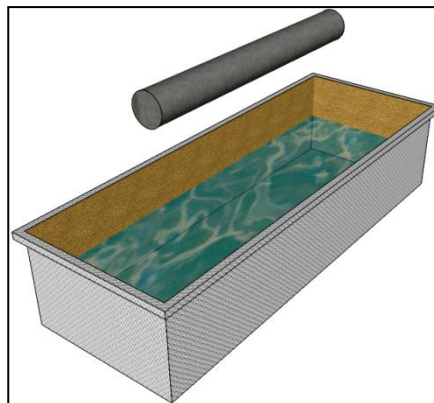
Una vez removido el óxido de la pieza, ésta se lava con agua dentro de la cuba de enjuague. Al mismo tiempo, se aplica cepillado suave o bien tallado con esponja a lo largo de toda la superficie de la pieza. El propósito de esta etapa es remover las impurezas restantes de los procesos anteriores.

3.4.5. Neutralizado

El objetivo del neutralizado es detener el proceso de corrosión ocasionado por el ácido sulfúrico. Se cierran los poros del metal base, en este caso hierro negro.

Se lleva a cabo en la cuba de neutralizado. El procedimiento consiste en sumergir la pieza en agua destilada en punto de ebullición de 100 °C. Dicha solución debe poseer un pH controlado entre 5 y 6, todavía como disolución ácida.

Figura 35. **Neutralizado**



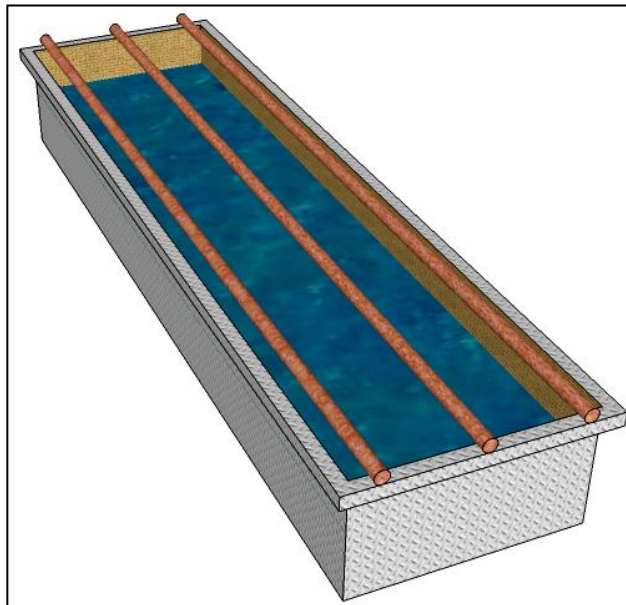
Fuente: elaboración propia.

3.4.6. Galvanizado

- Preparación

Como primer paso, se debe acondicionar la cuba de galvanizado, posteriormente, llevar a cabo el proceso de electrólisis. Dicha preparación consiste en añadir el volumen requerido de electrolito dentro de la cuba de galvanizado. En la cuba grande se añaden 1 395 litros y en la cuba pequeña 296 litros. A continuación se debe colocar el zinc necesario en las barras de cobre laterales; éstas tienen que hallarse sumergidas en su totalidad dentro del electrolito. Por último, se incorpora el rectificador de corriente al sistema; conectando la corriente positiva a las barras laterales y la corriente negativa a la barra central.

Figura 36. **Cuba de galvanizado con electrolito**

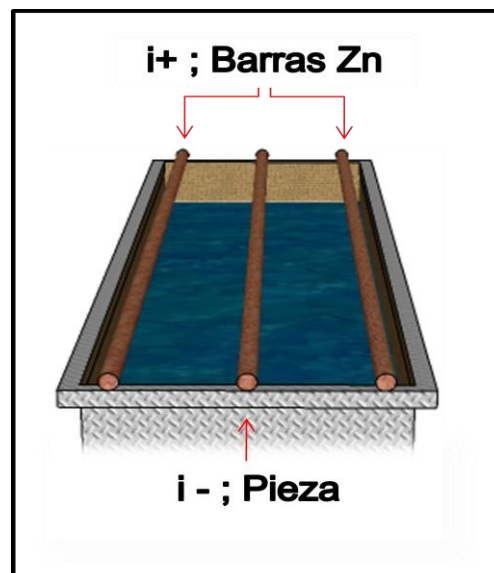


Fuente: elaboración propia.

- **Electrólisis**

Una vez preparada la cuba de galvanizado, se procede a la colocación de la pieza que se quiere galvanizar. Ésta va suspendida en la barra central de la cuba y sumergida en su totalidad dentro del electrolito. La pieza debe ser situada de forma tal, que asegure que el zinc la va a recubrir en su totalidad.

Figura 37. **Esquema de electrólisis**



Fuente: elaboración propia.

Las condiciones óptimas de trabajo para el proceso son:

- Temperatura 20-30 °C
- Densidad de corriente catódica 2-4 A/dm²
- Voltaje 2-15 V

Tabla XI. **Tiempo de galvanizado**

No. Pieza	Area superficial m ²	Volumen cm ³	Masa Zn gr	Moles Zn	Carga C	Corriente A	Tiempo min
1 Punta 2in	3,7576E-03	0,075152	0,53658528	0,01641436	1583,9853	300	0,09
2 Punta 4in	7,1446E-03	0,142892	1,02024888	0,03120982	3 011,7472	300	0,17
3 Viga en U	1,08496	21,6992	154,932288	4,73943983	457 355,9430	800	9,53
4 Oreja rectangular	0,0459	0,918	6,55452	0,20050535	19 348,7666	300	1,07
5 Oreja triangular	0,03984	0,7968	5,689152	0,1740334	16 794,2236	300	0,93
6 Espaciador	0,05597	1,1194	7,992516	0,24449422	23 593,6921	800	0,49
7 Platina	0,5327	10,654	76,06956	2,32699786	224 555,2930	800	4,68
8 Curva grande	1,156	23,12	165,0768	5,04976445	487 302,2700	800	10,15
9 Curva pequeña	0,849	16,98	121,2372	3,70869379	357 888,951	800	7,46
10 Espaciador en angular	0,0942	1,884	13,45176	0,41149465	39 709,2334	300	2,21
11 Varilla hexagonal	0,02097	0,4194	2,994516	0,09160343	8 839,7306	300	0,49
12 Rodillo tractor	0,298	5,96	42,5544	1,30175589	125 619,4430	800	2,62
13 Rodillo cola	0,318	6,36	45,4104	1,38912206	134 050,2780	800	2,79

Fuente: elaboración propia.

Una vez colocada la pieza, se inicia el paso de corriente y así mismo el proceso de electrólisis. El tiempo de galvanizado va a depender de la corriente que circule en el sistema y de las dimensiones de la pieza. Ver tabla XI.

Adicionalmente, en la tabla XII, se detallan las constantes utilizadas.

Tabla XII. **Constantes de galvanizado**

Espesor	2,00E-05	m
Densidad Zn	7,14	g/cm ³
Corriente	300-800	A/m ²
Peso atómico Zn	65,38	g/mol
Mol de electrones	96500	C

Fuente: elaboración propia.

3.4.7. Segundo enjuague

La finalidad del segundo enjuague es la misma del primero. En éste se busca eliminar los restantes y excedentes del proceso de electrólisis. Se lleva a cabo en la cuba de enjuague por medio de aplicación de agua y tallado con esponja con el fin de no dañar el recubrimiento.

3.4.8. Sellamiento

La capa de zinc agregada contiene poros, que al quedar abiertos, permiten que distintos agentes corrosivos lleguen al metal base. La función del sellado consiste en cubrir dichas aberturas, dejando la pieza lista con un recubrimiento durable y efectivo.

El proceso consiste en introducir la pieza en agua destilada a 100 °C con pH entre 5 y 6. Éste se puede disminuir con ácido acético y aumentar con ácido amónico, según sean las necesidades. El intervalo de tiempo para la operaciones de aproximadamente de 2 a 3 minutos.

3.4.9. Tercer Enjuague

Se lleva a cabo por medio de un baño con agua a temperatura ambiente. Además, se puede aplicar tallado suave con esponja cubriendo toda la superficie hasta asegurarse que se eliminen las partículas restantes del proceso de sellado.

3.4.10. Secado

Una vez que la pieza pasó por todas las etapas antes descritas, se deja secar y así esté lista para su uso o entrega respectiva.

3.5. Diseño de taller de galvanoplastia

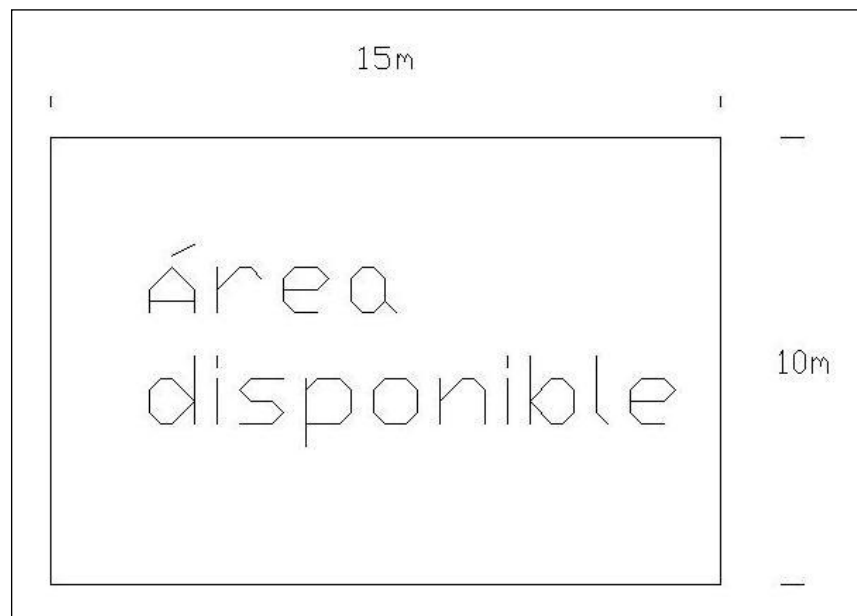
Para que el proceso sea eficiente, es necesario contar con un espacio adecuado a las necesidades del proceso y requerimientos de la empresa.

A continuación se describen los aspectos concernientes al diseño del taller de galvanoplastia, considerando todos los elementos necesarios para el funcionamiento óptimo del mismo.

3.5.1. Área de galvanizado

La empresa dispone de un área de 150 metros cuadrados para el taller de galvanoplastía.

Figura 38. Área disponible de galvanizado en planta



Fuente: elaboración propia.

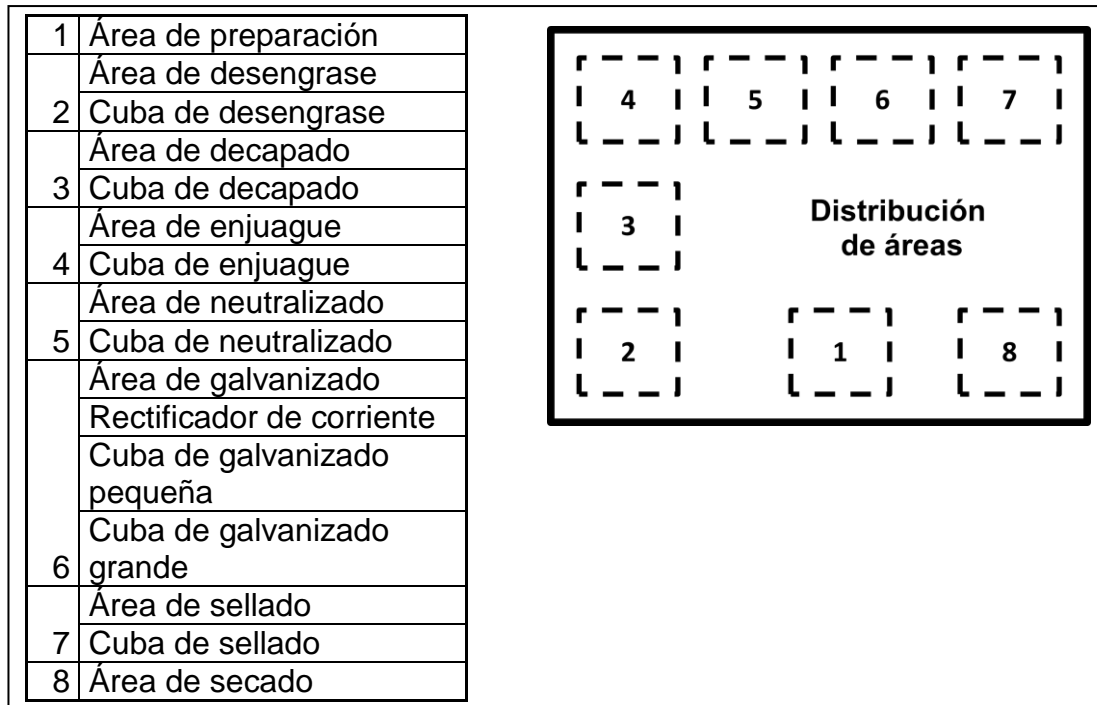
3.5.1.1. Distribución de maquinaria

Dado que el proceso en su totalidad es de flujo continuo, conviene que la maquinaria se encuentre distribuida en áreas y a la vez éstas se encuentren colocadas en forma de O, contribuyendo en la eficiencia de cada una de las operaciones.

A continuación se presenta la maquinaria utilizada por área:

En el espacio de 150 metros cuadrados se distribuyen ocho áreas debidamente equipadas, destinadas a procedimientos específicos:

Figura 39. **Esquema de distribución de maquinaria**



Fuente: elaboración propia

3.5.2. Especificaciones

A continuación se detalla información sobre el taller de galvanoplastía, como el tipo de edificio, de piso, pintura, sistema de iluminación y sistema de ventilación.

3.5.2.1. Tipo de edificio

La empresa cuenta con un edificio de segunda categoría. Éste posee distintas áreas de trabajo en las que se puede mencionar: tornería, soldadura, corte, ensamblaje, entre otras. El taller de galvanoplastía se convertirá en un área adicional a éstas.

Figura 40. Interior de planta



Fuente: planta INCAPROSA.

3.5.2.2. Piso

El piso del taller es de concreto armado, diseñado especialmente para soportar grandes cargas.

Figura 41. **Piso en la planta**



Fuente: planta INCAPROSA.

3.5.2.3. Pintura

Es importante utilizar pintura epóxica para pisos. Contar con dicha superficie es ideal para el taller, ya que presenta las siguientes ventajas en caso de derramamientos:

- Mantenimiento sencillo
- Resistencia química
- Resiste desgaste fuerte y abrasión
- Resiste ácidos comunes, cáusticos, combustibles, grasa y sales

3.5.2.4. Sistema de iluminación

La iluminación del taller debe ser óptima en todo momento, ya que el proceso requiere de un nivel apropiado de visibilidad para que la manipulación de las piezas y maquinaria sea adecuada. Afortunadamente, la empresa cuenta con luminarias uniformemente distribuidas en toda la planta, además de entradas de luz natural, favoreciendo así el desempeño dentro del taller.

Figura 42. **Techo interior de la planta**



Fuente: planta INCAPROSA.

3.5.2.5. Sistema de ventilación

.Es de suma importancia que el taller de galvanizado cuente con entradas y salidas de aire, ya que se utilizan diversos reactivos químicos que tienen a

producir gases. Para dicho objetivo el taller cuenta con ventanales ya instalados y distribuidos ampliamente que benefician el flujo de ventilación y a la vez, son canalizadoras de iluminación.

Cabe resaltar que no se recomienda la utilización de sistemas de ventilación artificial, ya que éstos pueden ocasionar la pasivación prematura de las piezas, particularmente en el hierro, y así provocar resultados no deseados en cualquiera de las etapas del proceso.

Figura 43. **Salidas de aire en planta**



Fuente: planta INCAPROSA.

3.5.3. Seguridad industrial

Para una empresa, el recurso humano es el activo más importante, por lo que es fundamental proveer condiciones de trabajo seguras. Es primordial que el área de trabajo se encuentre debidamente señalizada y que el personal utilice el equipo de seguridad industrial destinado a cada proceso, especialmente cuando se manipulan sustancias nocivas.

A continuación se detalla el quipo de seguridad industrial a utilizar por el personal, y además se especifica la utilización del mismo, mediante esquemas de señalización.

3.5.3.1. Equipo de seguridad industrial

- Monogafas con ventilación indirecta

Ayudan a reducir la exposición de los ojos a una diversidad de riesgos tales como: impactos, salpicaduras y contacto con polvo y otras sustancias. Proporciona una vista periférica, cuenta con una capa retardante de empañamiento y ventilación indirecta para favorecer el flujo de aire. Además, cuenta con un marco antialérgico para evita la dermatitis y otros efectos nocivos en el usuario.

Figura 44. **Monogafas con ventilación indirecta**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 2.

- Guantes de neopreno

Los guantes de neopreno son ideales para tratamientos de metales por electrólisis, mantenimiento en industria siderúrgica, fundición de metales

ferrosos, fabricación de bombas y compresores, traslado y derrames de productos químicos.

Figura 45. **Guantes de neopreno**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 3.

- Botas de PVC con punta de acero y suela antideslizante

Para usarlas donde se requiere resistencia química. Diseñadas para trabajo en plantas de transformación. No tienen costuras, poseen suela antideslizante y son fabricadas con punta de acero, siendo ideales para trabajo con metales y maquinaria pesada.

Figura 46. **Botas de PVC**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 4.

- Delantal de PVC reforzada

Ideal para cubrir el cuerpo del operario de las posibles salpicaduras de sustancias químicas. El policloruro de vinilo brinda seguridad, comodidad y flexibilidad de movimiento a la vez.

Figura 47. **Delantal de PVC reforzado**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 5.

- Casco

El casco protege la cabeza del peligro de caída de objetos y resguarda contra golpes accidentales. Resiste y desvía el golpe y distribuye el impacto sobre un área mayor. Además, puede resguardar el cuero cabelludo, el rostro, el cuello y los hombros contra derrames o salpicaduras.

Figura 48. **Casco**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 6.

- Respirador

Su función es purificar el aire al momento de respirar. Es utilizado específicamente, como protección en el uso de ácidos. Proporciona un ajuste adaptable que evita los puntos de presión sobre la rostro. Este quipo utiliza cartuchos responsables de la purificación. Se requiere uno específico dependiendo del químico que se esté empleando.

Figura 49. **Respirador con filtro**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 7.

- **Extintor**

Debido al diseño del proceso, en el que interviene una diversidad de reactivos químicos, es recomendable la utilización de un extintor de polvo químico seco, diseñados para proteger áreas que contienen riesgos de fuego clase A, para combustibles sólidos; clase B, para combustibles líquidos y gaseosos; y clase C, para equipos eléctricos energizados.

Figura 50. **Extintor**



Fuente: catálogo digital de Items Industriales, S.A. p. 9.

3.5.3.2. Señalización

A continuación se lista e ilustra la señalización de seguridad industrial pertinente a cada etapa del proceso dentro del taller. Se especifica por medio del rombo de seguridad industrial, referente a la Norma NFPA y otras disposiciones convenientes.

- Disposiciones generales en taller

Este conjunto de señalizaciones son específicas para uso general y obligatorio dentro del taller en todo momento.

- Equipo

Figura 51. **Esquema de equipo de seguridad en taller**



Fuente: <http://www.myrseguridad.com/>. Consulta: 25 de febrero de 2012.

- Emergencia

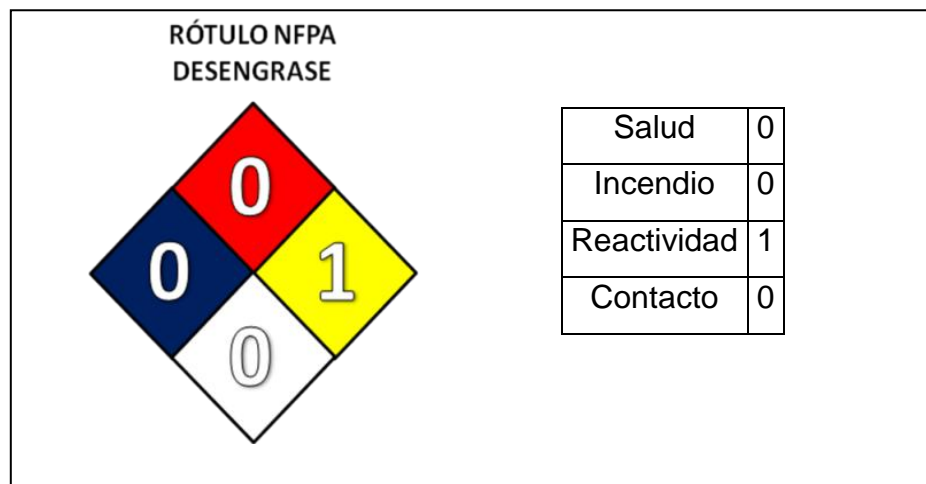
Figura 52. **Señalización de emergencia en taller**



Fuente: <http://www.myrseguridad.com/>. Consulta: 25 de febrero de 2012.

- Desengrase químico

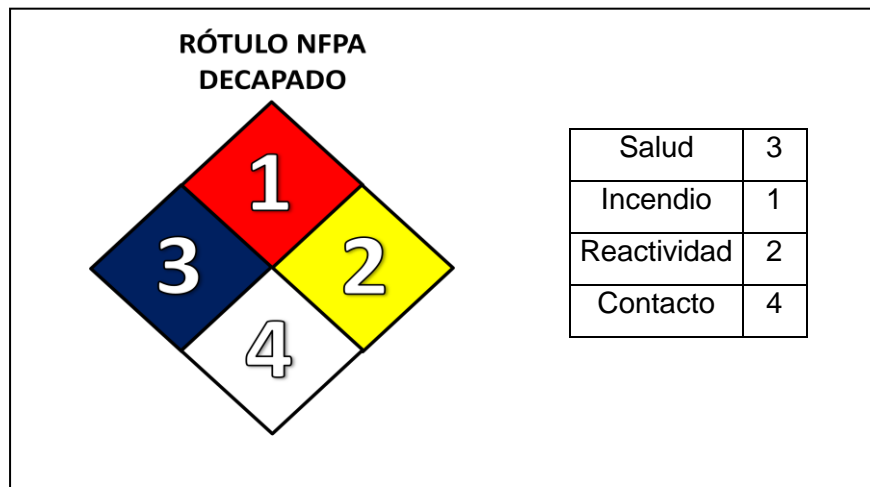
Figura 53. **Rótulo NFPA en área de desengrase químico**



Fuente: elaboración propia

- Decapado químico

Figura 54. **Rótulo NFPA en área de decapado químico**



Fuente: elaboración propia.

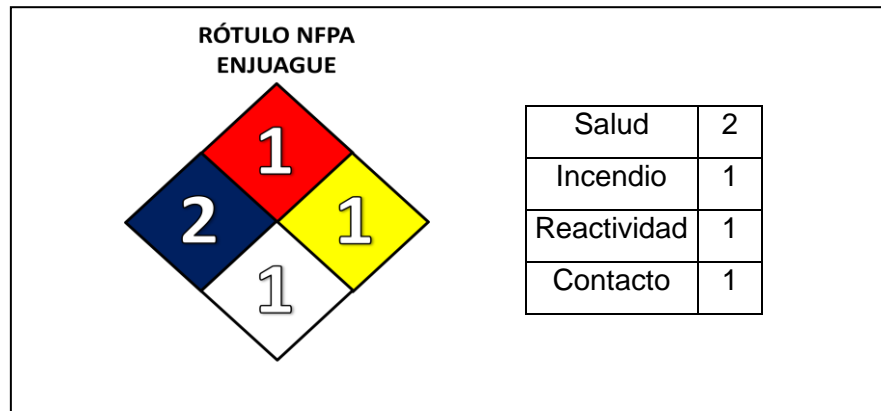
Figura 55. **Señalización en área de decapado químico**



Fuente: <http://www.myrseguridad.com/>. Consulta: 25 de febrero de 2012.

- 1er, 2do y 3er enjuague

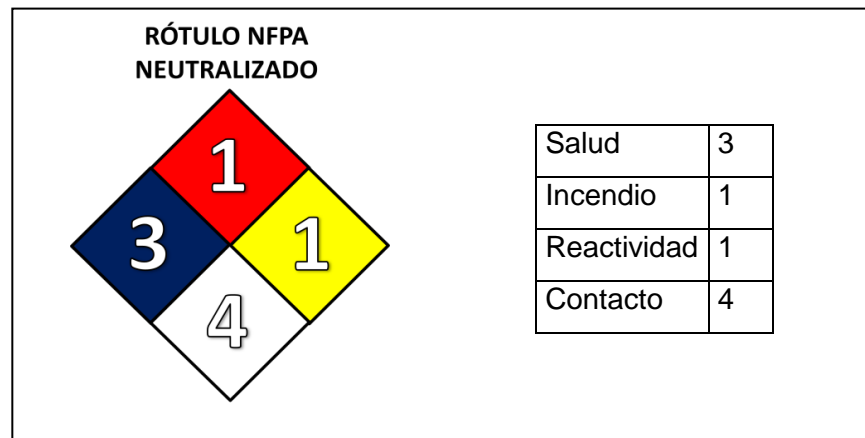
Figura 56. **Rótulo NFPA en áreas de enjuague**



Fuente: elaboración propia.

- Neutralizado

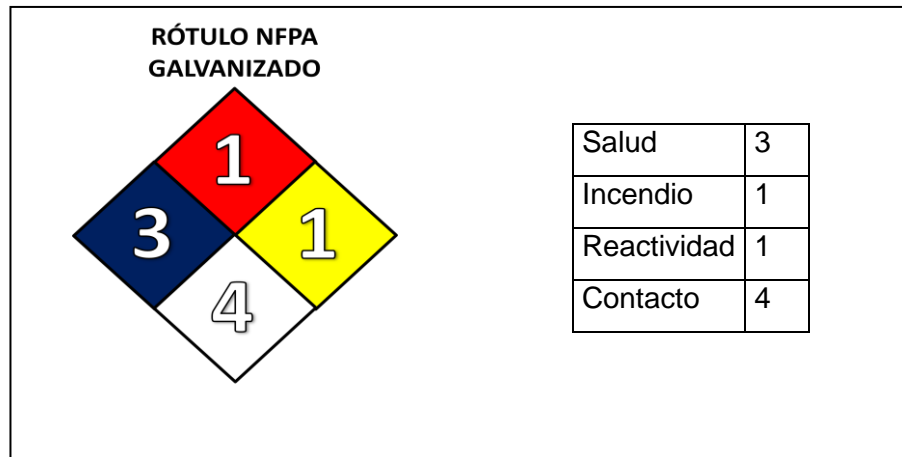
Figura 57. **Rótulo NFPA en área de neutralizado**



Fuente: elaboración propia.

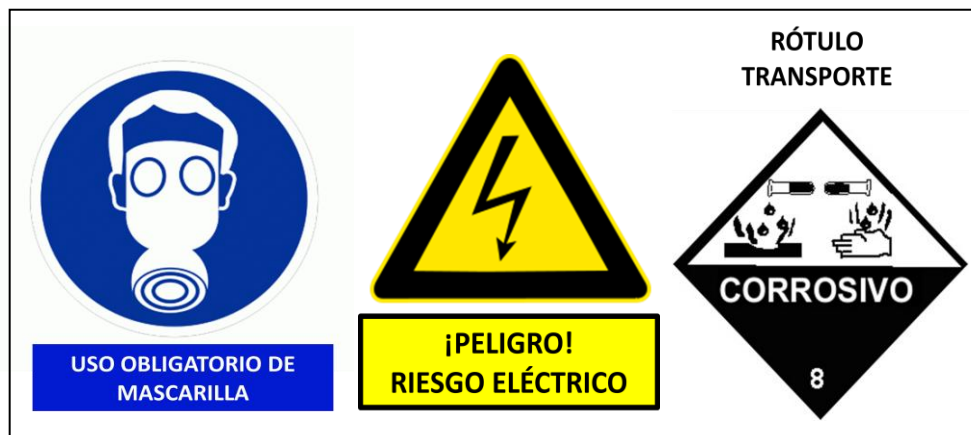
- Galvanizado

Figura 58. **Rótulo NFPA en área de galvanizado**



Fuente: elaboración propia.

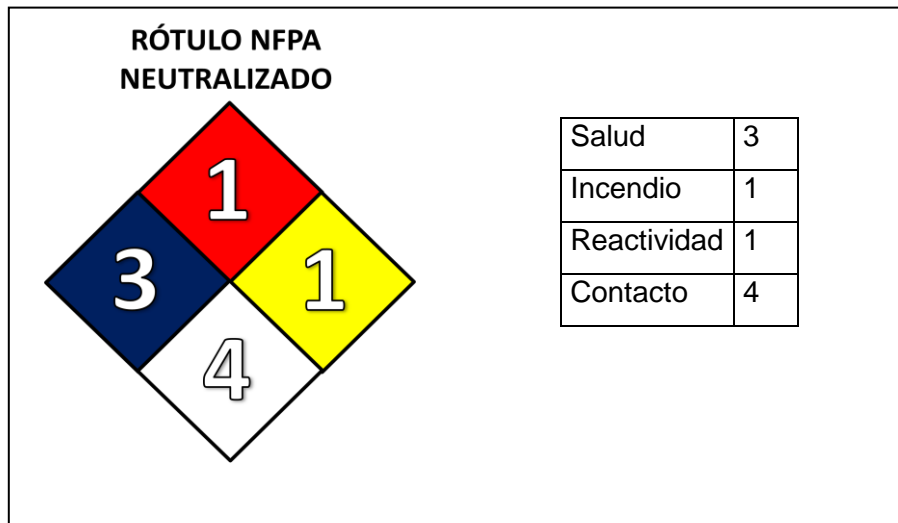
Figura 59. **Señalización en área de galvanizado**



Fuente: <http://www.myrseguridad.com/>. Consulta: 25 de febrero de 2012.

- Sellado

Figura 60. **Rótulo NFPA en área de sellado**

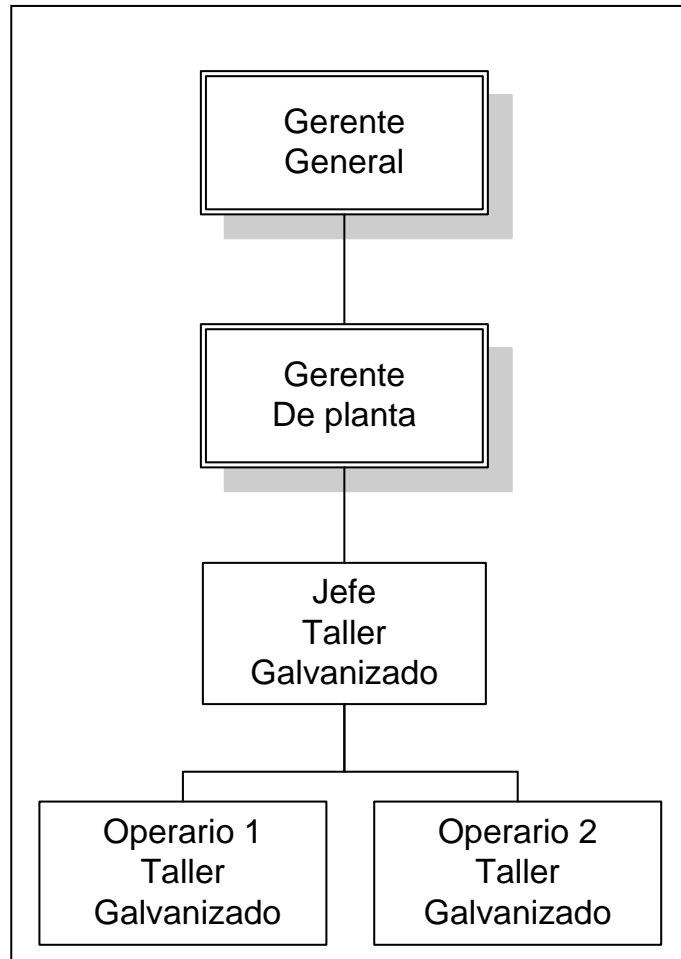


Fuente: elaboración propia.

3.6. Estructura organizacional

El taller se encuentra conformado por dos operarios, quienes son los encargados del proceso de galvanizado y todo lo que acontece dentro de dicha área. Además, el operario responde a un jefe de taller y al gerente de planta de la empresa, y éstos al gerente general.

Figura 61. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia.

3.7. **Análisis económico**

A continuación se establece información económica concerniente a la implementación del taller de galvanizado en la empresa. Además, se especifica información monetaria y se analizan aspectos concernientes al servicio de galvanizado para clientes externos.

3.7.1. Inversión inicial

Para la puesta en marcha del proyecto, se requiere una inversión inicial de Q. 100 668,80. A continuación, en la tabla XIII, se desglosa dicho monto.

Tabla XIII. Inversión inicial

Concepto	Cantidad	Costo Unitario Q.	Costo total Q.
Rectificador de Corriente	1	42 900,00	42 900,00
Cuba desengrase	1	4 000,00	4 000,00
Cuba decapado	1	4 000,00	4 000,00
Tapadera grande	3	1 000,00	3 000,00
Tapadera pequeña	1	600,00	600,00
Cuba enjuague	3	4 000,00	12 000,00
Cuba neutralizado	1	4 000,00	4 000,00
Cuba galvanizado pequeña	1	4 000,00	4 000,00
Cuba galvanizado grande	1	8 000,00	8 000,00
Cuba piezas curvas	1	7 000,00	7 000,00
Cuba sellado	1	4 000,00	4 000,00
Ganchos	8	80,00	640,00
Cinchos	8	50,00	400,00
Calentador de inmersión	2	130,00	260,00
Multímetro	1	330,00	330,00
Cable de corriente	3	100,00	300,00
Balanza	1	160,00	160,00
Cristalería	1	650,00	650,00
Equipo de seguridad	-	-	4 428,80
Instalación	-	-	6 000,00
TOTAL			106 668,80

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Costos de operación

A continuación se especifican los costos de operación en que incurre la empresa por el proceso de galvanizado.

3.7.2.1. Costos directos

Los materiales directos representan un monto total de Q. 89,48 por metro cuadrado galvanizado. Ver tabla XIV.

Tabla XIV. Insumos directos

Insumos directos	
Concepto	Costo por m² Q.
Desengrasante	13,67
Decapante	5,84
Agua	0,60
Neutralizante	13,87
Zinc	1,69
Abrillantador	15,58
Sellador	13,87
Energía Eléctrica	24,36
TOTAL	89,48

Fuente: elaboración propia.

La mano de obra directa, distribuida en dos operarios, representa un costo mensual de Q. 6 631,85. Ver tabla XV.

Tabla XV. **Mano de obra directa**

Mano de obra directa (mensual)	
Operario	Q. 2 830,68
TOTAL	Q. 6 631,85

Fuente: elaboración propia.

3.7.2.2. **Costos indirectos**

Los costos indirectos presentan un total de Q. 1 722,64. Ver tabla XVI.

Tabla XVI. **Mano de obra indirecta y administración**

Mano de obra indirecta y administración	
Jefe de taller	Q. 970,50
Gerente de planta	Q. 485,25
Encargado de compras	Q. 266,89
TOTAL	Q. 1 722,64

Fuente: elaboración propia.

Los salarios se encuentran distribuidos por medio del número de departamentos que cada puesto maneja; Ver tabla XVI. El jefe de taller controla 8 talleres; el gerente de planta y el encargado de compras, en 16 áreas. El salario total se especifica en la siguiente tabla XVII.

Tabla XVII. **Salario total de mano de obra indirecta y administración**

Salario total - mano de obra indirecta y administración	
Jefe de taller	Q. 7 764,00
Gerente de planta	Q. 7 764,00
Encargado de compras	Q. 4 270,24
TOTAL	Q. 19 798,24

Fuente: elaboración propia.

3.7.3. Punto de equilibrio

A continuación se especifican los datos concernientes al punto de equilibrio para los años 2011 y 2012, desglosados en cantidad de metros cuadrados, costos fijos, costos variables, precio de venta y ganancias. Ver tabla XVIII y XIX.

Tabla XVIII. **Punto de equilibrio año 2011**

2011	m²	CV	CF	Precio	Ganancias
Mes					
Enero	174,95	15 654,81	6 631,85	26 242,98	3 956,31
Febrero	231,16	20 684,48	6 631,85	34 674,48	7 358,14
Marzo	237,43	21 245,27	6 631,85	35 614,56	7 737,43
Abril	276,86	24 773,17	6 631,85	41 528,55	10 123,53
Mayo	298,83	26 739,15	6 631,85	44 824,23	11 453,23
Junio	333,41	29 833,78	6 631,85	50 011,92	13 546,29
Julio	251,55	22 508,83	6 631,85	37 732,73	8 592,05
Agosto	255,78	22 887,52	6 631,85	38 367,55	8 848,18
Septiembre	236,22	21 137,35	6 631,85	35 433,65	7 664,44
Octubre	115,15	10 303,48	6 631,85	17 272,25	336,93
Noviembre	71,26	6 376,45	6 631,85	10 689,17	- 2 319,13
Diciembre	65,10	5 825,42	6 631,85	9 765,46	- 2 691,82
TOTAL	2 547,72				74 605,59

Fuente: elaboración propia.

El año 2011 representa un total de 2 547,72 m² en galvanizado, a un precio unitario de Q 150,00; con un total de Q. 74 605,59 en ganancias.

Tabla XIX. **Punto de equilibrio año 2012**

2012	m²	CV	CF	Precio	Ganancias
Mes					
Enero	181,46	16 237,08	6 631,85	27 219,06	4 350,13
Febrero	243,28	21 768,80	6 631,85	36 492,18	8 091,53
Marzo	250,17	22 385,57	6 631,85	37 526,09	8 508,67
Abril	293,54	26 265,61	6 631,85	44 030,42	11 132,95
Mayo	317,70	28 427,84	6 631,85	47 655,07	12 595,38
Junio	355,74	31 831,37	6 631,85	53 360,58	14 897,36
Julio	265,70	23 775,25	6 631,85	39 855,70	9 448,59
Agosto	270,36	24 191,75	6 631,85	40 553,89	9 730,29
Septiembre	248,85	22 266,88	6 631,85	37 327,13	8 428,40
Octubre	115,69	10 351,58	6 631,85	17 352,89	369,46
Noviembre	75,08	6 718,22	6 631,85	11 262,10	- 2 087,97
Diciembre	69,54	6 222,38	6 631,85	10 430,90	- 2 423,33
TOTAL	2 687,11				83 041,46

Fuente: elaboración propia.

Para el 2012 se espera un total de Q. 83 041,46 en ganancias, que representan un total de 2 688 m² en galvanizado, manteniendo el precio de Q. 150,00

3.7.4. Demanda de piezas galvanizadas

A continuación se especifica información concerniente al servicio interno y externo de galvanizado.

3.7.4.1. Maquinaria fabricada

Dentro del taller de galvanoplastía se lleva a cabo actividad productiva de dos tipos: una para uso interno, donde se galvanizan piezas que conforman la

maquinaria vendida por la empresa. Por otro lado, está la producción para clientes externos. INCAPROSA ve la oportunidad de ofrecer dicho servicio a falta de oferentes para este segmento de mercado.

3.7.4.1.1. Costo subcontratación

Como se describió en el capítulo dos, la empresa ha utilizado un servicio de subcontratación para el galvanizado. INCAPROSA ofrece ahora un sistema más eficiente mediante el cobro por metro cuadrado. La competencia lleva a cabo sus cobranzas por medio de peso y se ha detectado que la propuesta innovadora de INCAPROSA propone resultados beneficiosos.

A continuación se presenta la tabla comparativa entre la competencia con su sistema de cobro por peso e INCAPROSA, con el cobro por metro cuadrado para los costos de galvanizado efectuados en el 2011.

Tabla XX. **Comparación de costo de subcontratación**

Pieza	Competencia	INCAPROSA
Punta 2in	Q. 0,64	Q. 0,37
Punta 4in	Q. 1,24	Q. 0,70
Viga en U	Q. 68,00	Q. 106,79
Oreja rectangular	Q. 12,00	Q. 4,52
Oreja triangular	Q. 12,00	Q. 3,92
Espaciador	Q. 6,00	Q. 5,51
Platina	Q. 60,00	Q. 52,43
Curva grande	Q. 100,00	Q. 113,78
Curva pequeña	Q. 88,00	Q. 83,55
Espaciador en angular	Q. 2,00	Q. 9,27
Varilla hexagonal	Q. 28,00	Q. 2,06
Rodillo tractor	Q. 160,00	Q. 29,33
Rodillo cola	Q. 140,00	Q. 31,30
TOTAL	Q. 677,88	Q 443,52

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, en el caso de haber efectuado el galvanizado de las piezas por cuenta propia, INCAPROSA hubiera ahorrado, aproximadamente el 35% e costos incurridos en este rubro.

3.7.4.1.2. Tiempo de entrega

Uno de los aspectos que resaltan ante la implementación del taller de galvanoplastía es el ahorro de tiempo en las entregas de pedidos. Con el servicio de subcontratación es forzoso esperar a que estas empresas entreguen el producto final.

En consecuencia, la empresa posee una mayor disponibilidad de tiempo para la planeamiento de la producción y así atender mayor cantidad de clientes y generar mayores beneficios económicos.

3.7.4.1.3. Servicio al cliente

INCAPROSA es una empresa que se ha caracterizado por ofrecer productos de calidad y entregarlos en el tiempo requerido por el cliente. La programación de la producción dentro de la planta es flexible dependiendo de la demanda.

Los horarios productivos abarcan 44 horas semanales y de ser necesario éstas se pueden extender para cumplir con las órdenes de trabajo. En consecuencia, el cliente puede estar seguro que el producto solicitado será entregado a tiempo.

3.7.4.2. Servicio de galvanizado

Como se describió con anterioridad, INCAPROSA ofrece al cliente el servicio de galvanizado. En el país son pocas las empresas que cuentan con un trabajo de galvanizado eficiente que sea funcional para una diversidad de piezas que sólo pueden ser recubiertas por anodizado.

INCAPROSA pone disposición un sistema de cobro por metro cuadrado, que favorece al cliente, ejemplo: si en caso quiere galvanizar tuercas pesadas o piezas más pequeñas con la misma característica, y a la vez beneficia a la empresa debido al diseño del proceso de galvanizado. Por dicho servicio se cobra la cantidad de Q. 150,00 por m².

3.8. Análisis financiero

Presenta información financiera originada por la implementación del taller de galvanizado. Se lleva a cabo una proyección a dos años en consecuencia a la recuperación de la inversión inicial.

3.8.1. Estado de resultados proyectado

- A continuación se detalla el estado de resultados, proyecto para el 2011. Ver tabla XXI.

Tabla XXI. Estado de resultados año 2011

INGRESOS	
Ventas netas	Q. 382 157,54
Costo de ventas	
Costo de producción	Q. 307 551,95

Continuación de la tabla XXI.

Ganancia bruta en ventas		Q.	74 605,59
EGRESOS			
Gastos			
Admón.			
Salario Admón.	Q.	9 025,65	
Gastos			
ventas			
Salario Ventas	Q.	3 202,65	Q. 12 228,30
			Q. 62 377,29

Fuente: elaboración propia.

- Seguidamente, se presenta la proyección del estado de resultados del 2012. Ver tabla XXII.

Tabla XXII. **Estado de resultados año 2012**

INGRESOS			
Ventas netas	Q.	403 066,01	
Costo de ventas			
Costo de producción	Q.	320 024,55	
Ganancia bruta en ventas			Q. 83 041,46
EGRESOS			
Gastos			
Admón.			
Salario Admón.	Q.	9 025,65	

Continuación de la tabla XXII.

Gastos					
ventas					
Salario Ventas	Q.	3 202,65	Q.	12 228,30	
			Q.	70 813,16	

Fuente: elaboración propia.

Como se puede evidenciar en los estados de resultados presentados en las tablas XXI y XXII, el 2011 presentó una ganancia de Q. 62 377,29 y el 2012 proyecta una ganancia de Q. 70 813,16. Cifras que presentan beneficios significativos para la empresa.

3.8.2. Valor Presente Neto (VPN)

El proyecto se proyecta a un período de 5 años para tener una mejor percepción del mismo a través del tiempo. Los flujos se presentan en la tabla XXIII.

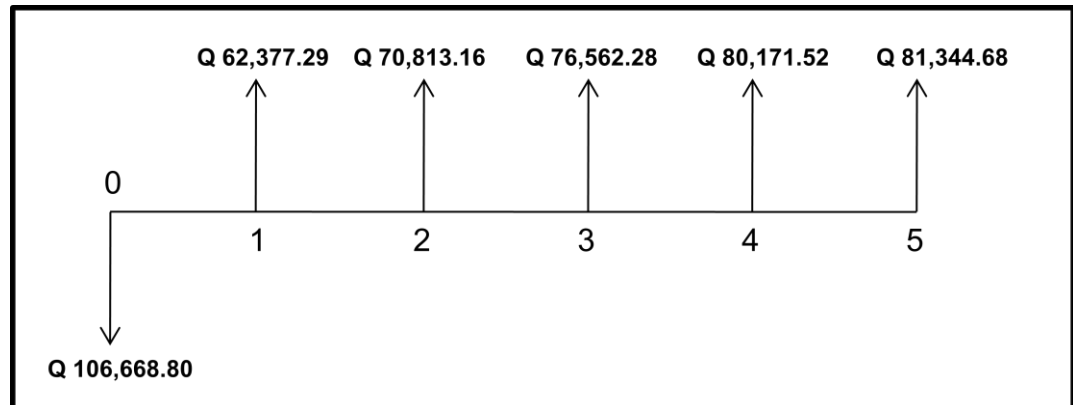
- Tasa de rendimiento atractiva: 18,73%
 - 3,73% como tasa pasiva del Banco de Guatemala, por utilización de capital propio.
 - 10% de ganancia, y ser mayor que la tasa líder del Banco de Guatemala.
 - 5% como tasa de riesgo, dada por eventualidades que se puedan durante el proyecto.

Tabla XXIII. **Flujos anuales**

Inversión inicial	Q. 106 668,80
Flujo año 1	Q. 62 377,29
Flujo año 2	Q. 70 813,16
Flujo año 3	Q. 76 562,28
Flujo año 4	Q. 80 171,52
Flujo año 5	Q. 81 344,68

Fuente: elaboración propia.

Figura 62. **Flujo de efectivo – VPN**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de valor presente neto

$$\begin{aligned}
 VPN = & -106668.80 + \frac{62377.29}{(1.1873)^1} + \frac{70813.16}{(1.1873)^2} + \frac{76562.28}{(1.1873)^3} + \frac{80171.52}{(1.1873)^4} \\
 & + \frac{81344.68}{(1.1873)^5}
 \end{aligned}$$

$$\text{VPN} = \text{Q.} 116\,666,40$$

La implementación y funcionamiento del taller de galvanoplastía arroja un valor actual neto de Q. 116 666,40. El cual resulta ser una cifra importante para la empresa.

3.8.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

- Cálculo de tasa interna de retorno

$$0 = -106668.80 + \frac{62377.29}{(1+i)^1} + \frac{70813.16}{(1+i)^2} + \frac{76562.28}{(1+i)^3} + \frac{80171.52}{(1+i)^4} + \frac{81344.68}{(1+i)^5}$$

$$i = 59,1103\% > 18,873\%$$

El proyecto arroja una tasa interna de retorno del 59,11%, la cual es mayor en comparación a la tasa atractiva de rendimiento, por lo que indica que el proyecto es económicamente atractivo.

3.8.4. Beneficio costo

A continuación se presenta en la tabla XXIV, la relación beneficio costo por año, especificando tanto los beneficios como los costos por cada uno.

Beneficios/
Costos

Tabla XXIV. **Beneficio costo de primeros cinco años**

2011	BENEFICIOS	COSTOS
	Q. 382 157,54	Q. 341 114,01
		Q. 41 043,53
	B/C	1,120
2012	BENEFICIOS	COSTOS
	Q. 403 066,01	Q. 353 586,61
		Q. 49 479,40
	B/C	1,140
2013	BENEFICIOS	COSTOS
	Q. 423 578,01	Q. 368 349,49
		Q. 55 228,52
	B/C	1,150
2014	BENEFICIOS	COSTOS
	Q. 439 249,67	Q. 380 411,91
		Q. 58 837,76
	B/C	1,155
2015	BENEFICIOS	COSTOS
	Q. 449 088,15	Q. 389 077,24
		Q. 60 010,92
	B/C	1,154

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, en la tabla XIII, durante en los cinco años, se obtiene una relación beneficio costo favorable, lo cual es una medida más de factibilidad del proyecto.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO PROCESO

Para la implementación del departamento de galvanizado por electrólisis en la empresa se requiere establecer las pautas específicas respectivas a cada elemento del proyecto. A continuación se describen las medidas necesarias para la puesta en marcha del proceso.

4.1. Proceso de galvanizado

El proceso de galvanizado electrolítico se encuentra conformado por diez etapas. Para la implementación del mismo, se requiere presentar el detalle de cada uno de los procedimientos involucrados ante los partidos interesados dentro de la empresa.

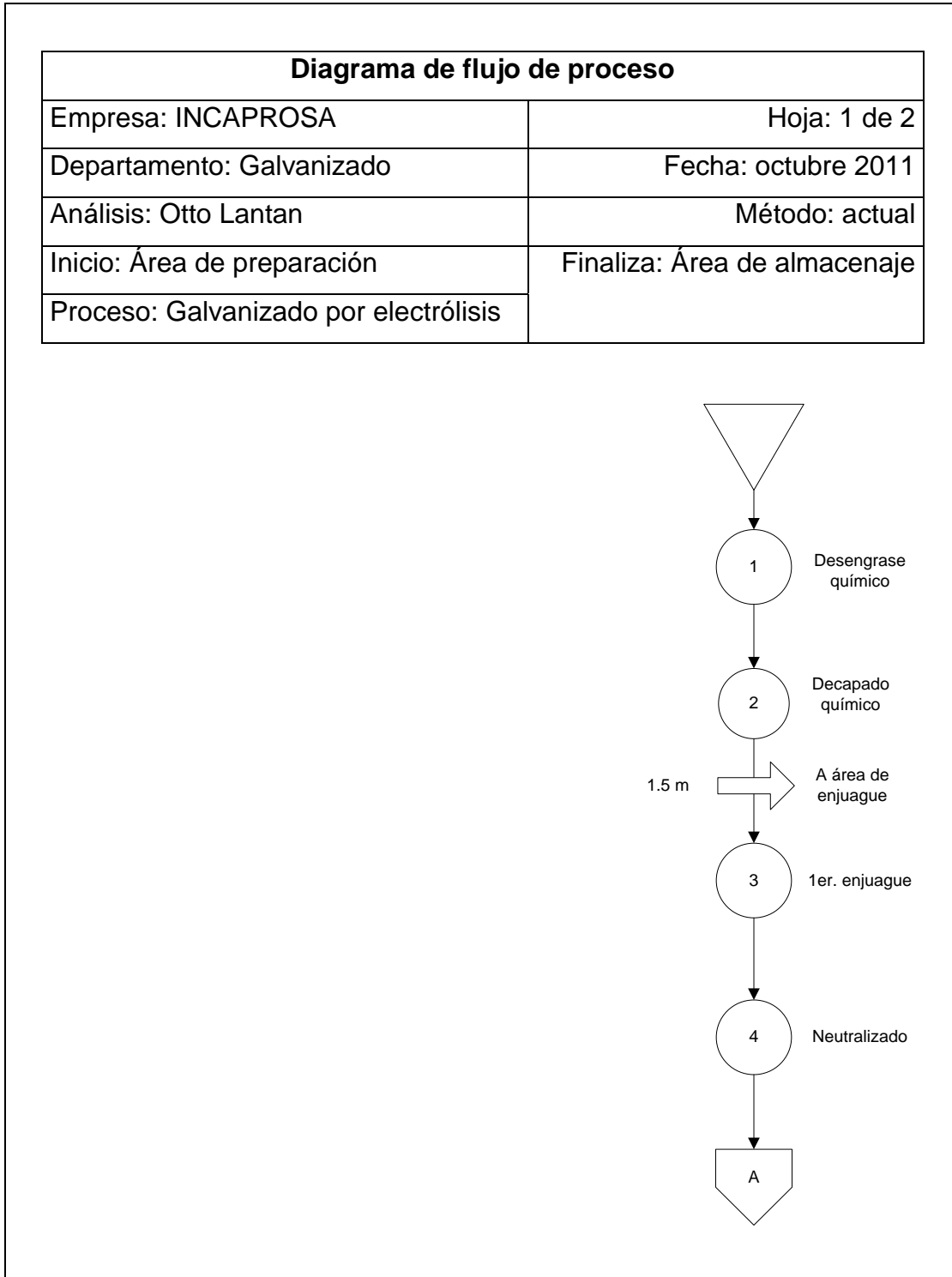
Es de gran importancia que el personal administrativo esté informado de cada detalle dentro del proceso, así como las óptimas condiciones en las que se debe desarrollar el mismo.

Adicionalmente, se presenta el diagrama del proceso, donde se especifica la secuencia de cada una de las operaciones; además del área de trabajo en donde se llevará a cabo: y por último se especifican los partidos responsables de la implementación.

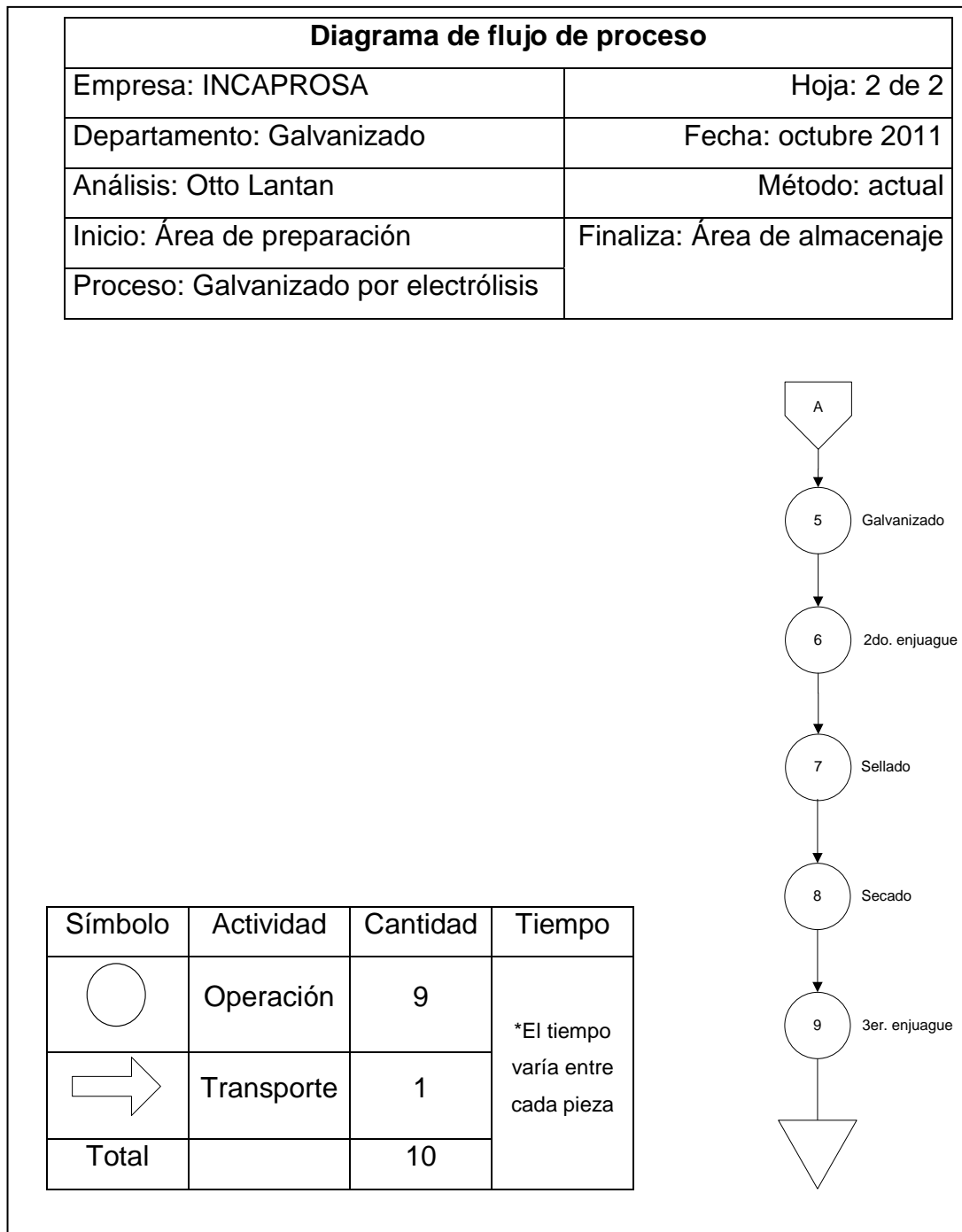
4.1.1. Diagrama de flujo

A continuación, en la figura 63, se presenta el diagrama de flujo del proceso de galvanizado.

Figura 63. Diagrama de flujo de proceso de galvanizado



Continuación de la figura 63.



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Área de trabajo

El proceso de galvanizado se llevará a cabo en su totalidad dentro del taller de galvanoplastía. Dentro de él se encuentran áreas con equipo específico para cada etapa del proceso de galvanizado, además de una sección para la preparación y almacenamiento de insumos.

Figura 64. **Distribución de áreas de trabajo**

Área de enjuague	Área de neutralizado	Área de galvanizado	Área de enjuague	Área de sellado	Área de enjuague
Área de decapado		Área de preparación y almacenaje de insumos			Área de secado
Área de desengrase					

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Encargado

La implementación del taller de galvanoplastía es un proyecto impulsado por la gerencia de planta de la empresa. Dicho departamento es el encargado de la presentación, implementación y control del proceso.

4.2. Diseño de taller de galvanoplastía

A continuación se presenta información acorde a la implementación del taller, donde se llevará a cabo el proceso.

4.2.1. Descripción

La implementación del taller de galvanoplastía empieza por su diseño y construcción. Una de las ventajas consiste en que el mismo estará localizado dentro de la planta y no se necesita el alquiler o compra de un espacio adicional.

La edificación del taller ha sido planeada para que sea sencilla. Sin embargo, cabe resaltar que cuenta con todo el espacio y estructura necesaria para que el proceso se lleve a cabo de forma óptima y que el personal operativo trabaje seguro y eficiente.

El siguiente paso es el equipamiento del taller. Cada área dentro del departamento de galvanizado está diseñada para contar con la infraestructura necesaria y adecuada para el desempeño del trabajo. Adicionalmente, se incluye el equipo de seguridad necesario y de uso obligatorio durante el proceso.

Por último, se requiere capacitar al personal operativo y administrativo, respecto al nuevo proceso. Una vez cumplidas las fases de capacitación, se puede implementar el taller de galvanizado en su totalidad.

Figura 65. **Esquema de implementación**

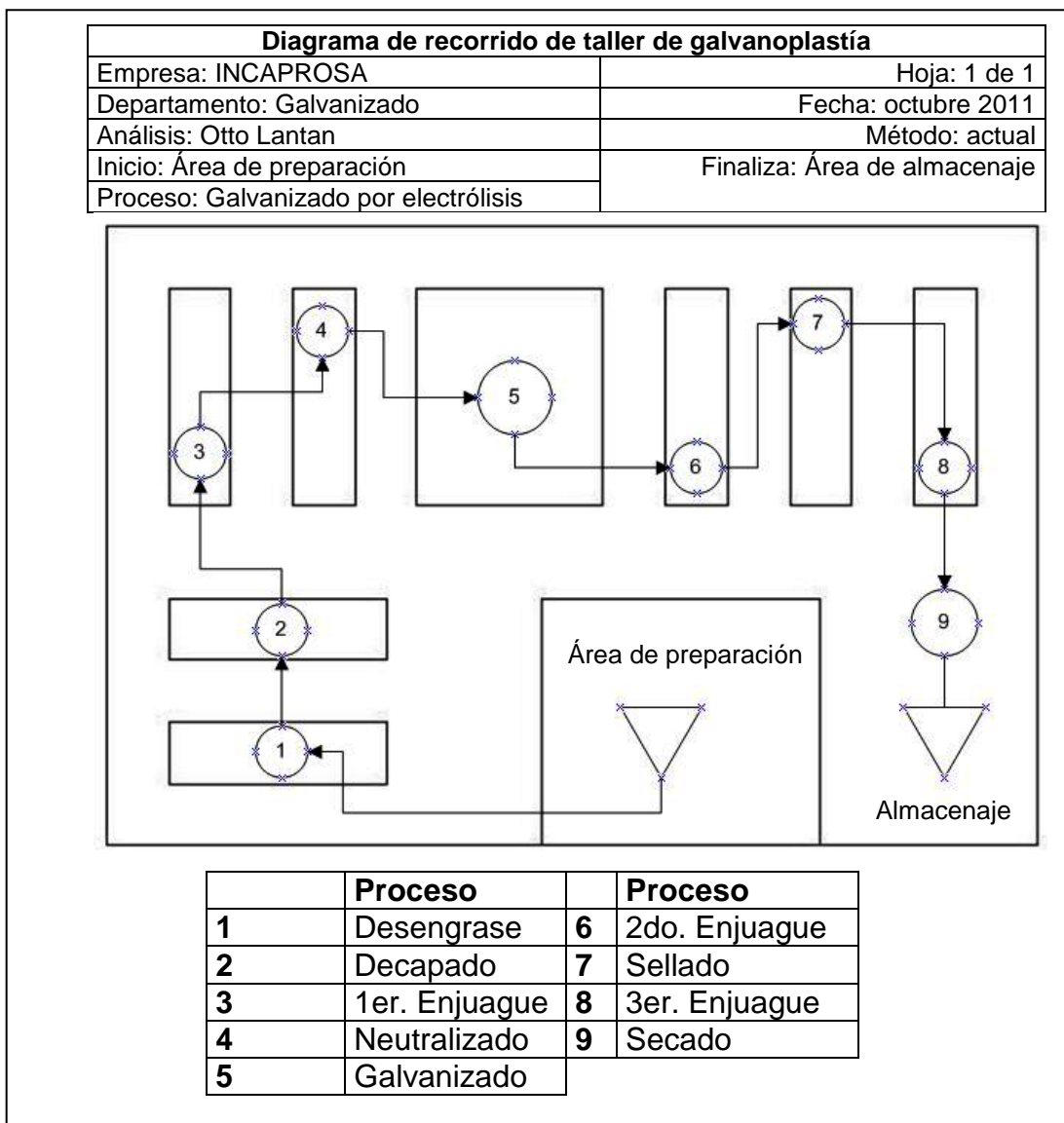


Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Diagrama de recorrido

A continuación se presenta el diagrama de recorrido del proceso de galvanizado, dentro del taller de galvanoplastía.

Figura 66. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia.

4.3. Capacitación

La implementación del sistema de capacitación consiste en proveer la información y demostrar el funcionamiento del proceso de galvanizado en todos sus ámbitos. Cada procedimiento, la utilización de la maquinaria y equipo instada en cada área del taller, las regulaciones en materia de seguridad industrial y la información administrativa-financiera generada.

4.3.1. Cronograma de capacitación

A continuación se presenta en la tabla XXV, el cronograma de capacitación, el cual se divide en dos días.

Tabla XXV. Cronograma de capacitación

	29dic. 2011	30dic. 2011
7:00 AM	Capacitación gerencia de planta	Capacitación personal operativo
8:00 AM		
9:00 AM		
10:00 AM		
11:00 AM		
12:00 PM	Receso	
1:00 PM	Capacitación gerencia de planta	Capacitación personal operativo
2:00 PM		
3:00 PM		
4:00 PM	Cap. Otro personal Admón.	

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Encargado

En principio, la capacitación de la gerencia de planta está a cargo del realizador del presente documento. Al ser el diseñador del proceso en su totalidad, es su responsabilidad brindar todos los conocimientos teóricos y prácticos a esta dependencia de la empresa. Ésta se llevará a cabo dentro de las instalaciones de la planta. Además a corto plazo, se puede evaluar la posibilidad de capacitaciones por parte de alguna entidad externa, según crea conveniente la administración.

En cuanto a la capacitación del resto del personal administrativo, es responsabilidad de la gerencia de planta comunicar y mostrar los cambios ocasionados por el proyecto.

La capacitación del personal operativo está a cargo de la gerencia de planta, con asistencia del realizador de este documento, a fin que todo quede ampliamente claro.

4.3.3. Personal administrativo

- Capacitación gerencia de planta: se llevará a cabo la respectiva capacitación del gerente de planta en conceptos de funcionamiento del proceso, preparación de sustancias, manejo de maquinaria y equipo, seguridad industrial del proceso y manejo de costos.
- Capacitación otro personal administrativo: capacita al resto del personal administrativo relacionado con el proceso respecto a los cambios propiciados por la implementación del proyecto.

4.3.4. Personal operativo

La capacitación del personal operativo se enfoca en el funcionamiento del proceso, forma de operación, utilización de maquinaria y equipo, uso de equipo de seguridad industrial, presentación de riesgos, manejo del taller y responsabilidades.

4.4. Seguridad industrial

La implementación del sistema de seguridad industrial empieza por la a) identificación de los riesgos por área de trabajo. Una vez instalado toda la maquinaria y equipo en el taller, se procede a b) la colocación de la señalización descrita en el capítulo 3. Posteriormente se lleva a cabo c) la cotización, selección y compra del equipo de seguridad. Por último se da paso a d) la capacitación respecto al uso del mismo y al manejo de las sustancias químicas dentro del proceso.

Figura 67. **Esquema de implementación de seguridad industrial**



Fuente: elaboración propia.

4.5. Cronograma de implementación

Especifica las fechas específicas de cada actividad contemplada en la implementación del proyecto. Ver tabla XXVI.

Tabla XXVI. Cronograma de implementación

Actividad	Inicio	Fin	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012
Diseño	02/11/2011	30/11/2011			
Construcción	01/12/2011	22/12/2011			
Equipamiento	01/12/2011	28/12/2011			
Capacitación	29/12/2011	30/12/2011			
Puesta en marcha	02/01/2012				

Fuente: elaboración propia.

- Diseño

Comprende el diseño del proceso y taller, planeación de maquinaria y equipo, cotización de insumos y presentación ante los partidos interesados.

- Construcción

Se refiere exclusivamente a la construcción del taller de galvanoplastía, incluyendo las distintas áreas para cada proceso.

- Equipamiento

Incluye la cotización y selección de maquinaria y equipo. Uno de éstos posee medidas únicas previamente diseñadas, y en este período de tiempo se incluye la fabricación de los mismos.

- Capacitación

Comprende la capacitación del personal operativo y administrativo.

- Puesta en marcha

Una vez cumplidas las etapas anteriores, se da paso a la implementación y uso del taller.

5. SEGUIMIENTO

El plan de seguimiento de la implementación del proyecto pretende ejercer como una herramienta de control y monitoreo de la ejecución física del proceso de galvanizado.

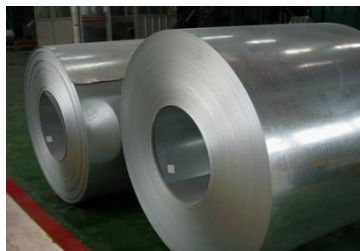
5.1. Indicadores

En este caso los indicadores cumplen la tarea de establecer medidas verificables mediante la definición de estándares del proceso de galvanizado.

5.1.1. Recubrimiento uniforme

Luego de concluir todas las etapas, se procede a la verificación de las piezas. Cada pieza debe estar cubierta en toda su área superficial por una capa de zinc de 0,2 mm. A lo largo del recubrimiento no debe haber ningún tipo de protuberancia, rajadura o abolladura.

Figura 68. **Rodillo galvanizado**



Fuente: <http://www.tianhaogroup.com>. Consulta: 25 de febrero de 2012.

5.1.2. Apariencia

El producto terminado posee el color del zinc. Cabe resaltar que el proceso lleva una fase de sellamiento, en la que se aplica un abrillantador, que le brinda a la pieza una apariencia resplandeciente.

En cuanto a la funcionalidad, éstas se pueden utilizar sin inconveniente alguno en cualquier aplicación para las que fueron diseñadas. Ya sea formando parte de un sistema de maquinaria o equipo.

Figura 69. **Lámina galvanizada**



Fuente: <http://aceroferrebaztanqro.com.mx>. Consulta: 25 de febrero de 2012.

5.2. Control

Para INCAPROSA la satisfacción del cliente es una de sus mayores apuestas. Ofrecer piezas y equipo de calidad es uno de los pilares de dicho propósito. Para ello la empresa cuenta con una modalidad de control con el que aseguran la excelencia en el producto final.

La empresa trabaja con un sistema de registro por medio de fichas de control y aprobación de producto terminado.

5.2.1. Ficha de control

El objetivo de esta ficha es registrar cada lote de piezas que requieran galvanizarse y así poseer control del ingreso del producto al taller de galvanoplastía. Dicho documento es aprobado por la gerencia de planta y es manejado por personal asignado por dicho departamento.

Figura 70. Orden de trabajo

INDUSTRIAS CARCAMO PROINCAR S.A. Orden de trabajo Interno		No.	
		Código	
		Fecha	
Cantidad	Descripción		
Observaciones:			
Responsable:		Aprobación:	

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Ficha de aprobación

Una vez que un lote haya sido trabajado exitosamente por el personal del taller de galvanoplastía, se registra en una ficha de aprobación, la cual tiene el propósito de asegurar la integridad y calidad de las piezas, y autoriza la salida del producto final para su disposición inmediata. Dicho documento es aprobado por la gerencia de planta y es manejado por personal asignado por dicho departamento.

Figura 71. **Ficha de aprobación**

INDUSTRIAS CARCAMO PROINCAR S.A. Ficha de aprobación Interno		No.	
		Código	
		Fecha	
Cantidad	Descripción		
Observaciones:			
Responsable:	Aprobación:		

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. **Procedimiento correctivo**

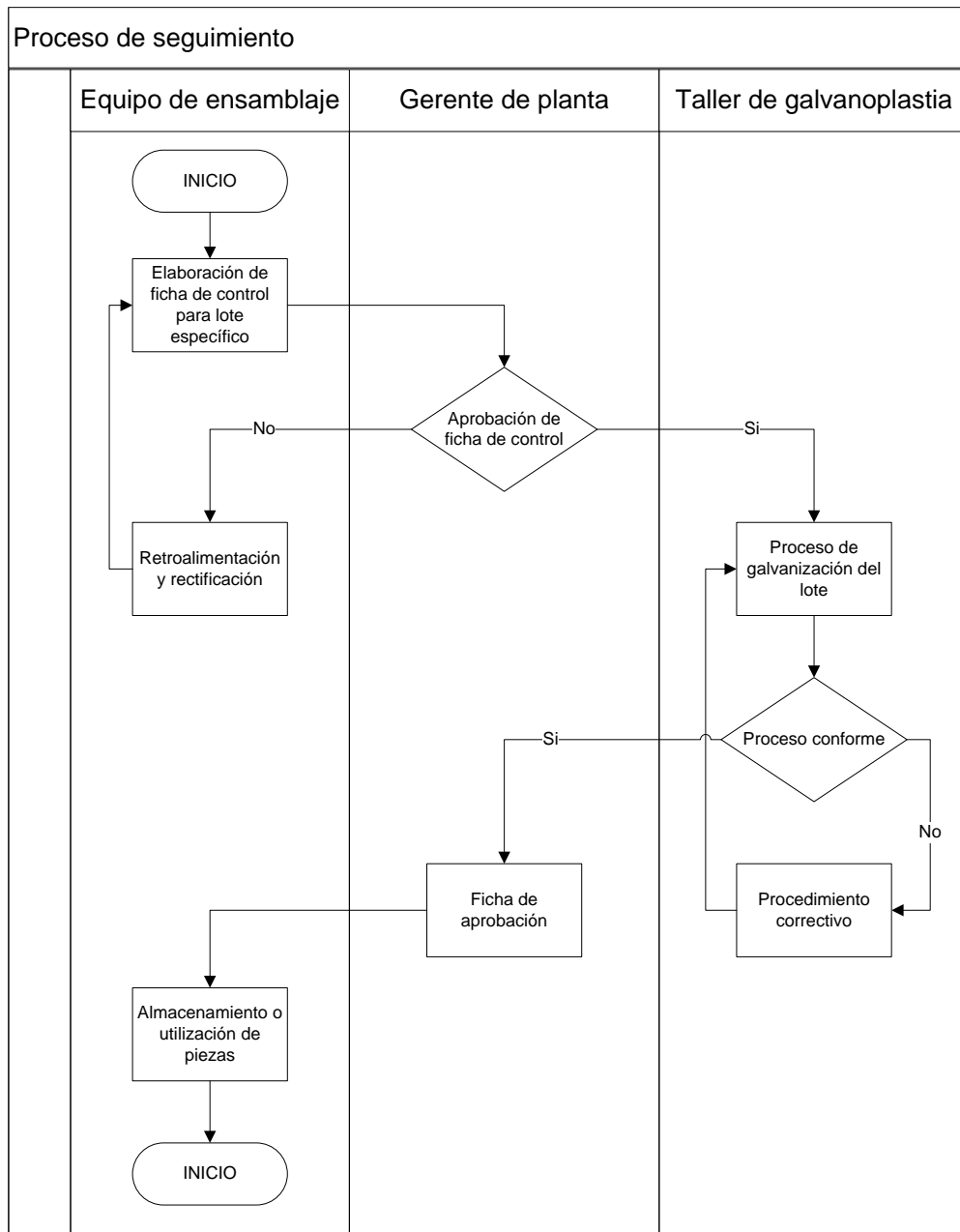
Cuando una pieza presente disconformidad en el recubrimiento, se debe aplicar procedimiento correctivo. Dicho proceso consta en la remoción total de la capa de zinc adherida a la pieza.

Se lleva a cabo por medio de tallado con lija hasta dejar limpia la superficie de la misma. Luego se lleva a proceso de enjuague la pieza, se neutraliza y se galvaniza de nuevo.

El problema en el recubrimiento se puede dar a causa de mala limpieza, sobredecapado o por mala colocación de la pieza dentro de la cuba de galvanizado. Ésta debe ser colocada de una forma en que se asegure que el zinc se va a adherir a la pieza en toda su superficie durante la electrólisis.

- Diagrama de flujo del plan de seguimiento

Figura 72. Diagrama de flujo de seguimiento



Fuente: elaboración propia.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El objetivo del estudio de impacto ambiental es identificar y prevenir los distintos factores que tienen incidencia en la implementación del taller de galvanizado. La prevención se establece mediante la aplicación de medidas de mitigación específicas para cada impacto detectado.

6.1. Desechos

Cada etapa del proceso de galvanizado deja una serie de desechos. Éstos se clasifican en líquidos, químicos y sólidos.

6.1.1. Desechos líquidos

Éstos resultan como producto de los procedimientos de enjuague. Cada uno de estas fases sigue procesos donde intervienen sustancias químicas, y los restos de dichos reactivos se mezclan con agua, dejando este tipo de desecho. A continuación, en la tabla XXV se presentan los desechos líquidos resultantes de cada etapa en el proceso de galvanizado.

Tabla XXVII. **Desechos líquidos**

Proceso	Desecho
1er. Enjuague	Agua con restos de ácido sulfúrico
2do. Enjuague	Agua con restos de electrolito
3er. Enjuague	Agua con restos de sellador y abrillantador

Fuente: elaboración propia.

6.1.2. Desechos químicos

En la mayoría de etapas del proceso de galvanizado se utilizan sustancias químicas que cumplen con una tarea específica sobre la pieza que se está trabajando. Sin embargo, sólo el procedimiento de desengrase deja desechos, pues es el único en el que no se reutiliza la solución y adicionalmente deja restos de pintura, grasa y barniz. Ver tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Desechos químicos**

Proceso	Desecho
Desengrase	Solución desengrasante con restos de grasa, barniz y pintura, que se encuentren impregnadas en la pieza

Fuente: elaboración propia.

6.1.3. Desechos sólidos

En condiciones normales, el proceso no debería arrojar desechos sólidos, pues a lo largo de cada etapa sólo se utilizan sustancias en estado líquido. Sin embargo, cuando existe alguna disconformidad en el producto final y se aplica procedimiento correctivo, se da la aparición de viruta de zinc, que es removida del recubrimiento de la pieza.

6.2. Medidas de mitigación

Son acciones que buscan prevenir o eliminar riesgos a largo y corto plazo en el medio ambiente y en la vida humana. Con anterioridad fueron definidos los desechos generados por el proceso, por lo que a continuación se establecen las medidas de mitigación para cada uno de ellos.

6.2.1. Desechos líquidos y químicos

El manejo de desechos químicos y líquidos es básicamente el mismo. Hay que recordar que éstos últimos son resultantes de la combinación de agua y otros reactivos.

El procedimiento de desecho consta en neutralizar dichas soluciones. Quiere decir, que estas sustancias se deben llevar a un pH neutro. Se lleva a cabo agregando cuidadosamente bicarbonato de sodio. Dicha adición se hace gota a gota, provocando una reacción exotérmica que libera calor y crea efervescencia. Una vez la solución se encuentre en estado neutro, la reacción antes mencionada, se detendrá y el producto resultante puede ser desechado por los drenajes de la empresa.

6.2.2. Desechos sólidos

La viruta de zinc antes descrita, posee la ventaja que puede ser reutilizada. El zinc puede reciclar completamente sin perder ninguna de sus propiedades físicas y químicas. Actualmente, el 30% del zinc consumido se obtiene del reciclado y el 70% restante se origina en cuerpos mineralizados extraídos de minas.

6.3. Efectos adversos de sustancias químicas en el ser humano

A continuación se presentan los posibles efectos adversos que pueden ser ocasionados por el uso y manejo inadecuado de las sustancias químicas envueltas en el proceso de galvanizado.

- Ácido sulfúrico

Tabla. XXIX. Efectos adversos del ácido sulfúrico

Efectos adversos	
Inhalación	Irritación, quemaduras, dificultad respiratoria, tos y sofocación. Altas concentraciones del vapor pueden producir ulceración de nariz y garganta, edema pulmonar, espasmos y hasta la muerte.
Ingestión	Quemaduras severas de boca y garganta, perforación del estómago y esófago, dificultad para comer, náuseas, sed, vómito con sangre y diarrea. En casos severos colapso y muerte.
Contacto con piel	Quemaduras severas, profundas y dolorosas. Si son extensas pueden llevar a la muerte (shock circulatorio). Los daños dependen de la concentración de la solución de ácido sulfúrico y la duración de la exposición.
Contacto ocular	Es corrosivo y puede causar severa irritación (enrojecimiento, inflamación y dolor) Soluciones muy concentradas producen lesiones irreversibles, opacidad total de la córnea y perforación del globo ocular. Puede causar ceguera

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Primeros auxilios de ácido sulfúrico**

Primeros auxilios	
Inhalación	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Evitar el método boca a boca. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
Ingestión	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir el vómito. Si éste se presenta en forma natural, suministre más agua. Buscar atención médica inmediatamente.
Contacto con piel	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Contacto ocular	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Fuente: elaboración propia.

- Hidróxido de sodio

Tabla. XXXI. **Efectos adversos del hidróxido de sodio**

Efectos adversos	
Inhalación	Irritante severo del tracto. Los síntomas pueden ser estornudos, dolor de garganta o goteo de la nariz. Puede ocurrir neumonía severa.
Ingestión	La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta y estómago. Lesiones tisulares y muerte. Los síntomas pueden ser sangrado, vómito, diarrea, caída de la presión sanguínea. Los daños pueden aparecer algunos días después de la exposición.
Contacto con piel	El contacto con la piel puede causar irritación o severas quemaduras y cicatrización en las exposiciones mayores.
Contacto ocular	Produce irritación con dolor, enrojecimiento y lagrimeo constante. En casos severos quemaduras de la córnea e incluso ceguera.

Fuente: elaboración propia.

Tabla. XXXII. **Primeros auxilios del hidróxido de sodio**

Primeros auxilios	
Inhalación	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
Ingestión	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.
Contacto con piel	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Contacto ocular	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Colocar una venda esterilizada. Buscar atención médica.

Fuente: elaboración propia.

- Óxido de zinc

Tabla. XXXIII. **Efectos adversos del óxido de zinc**

Efectos adversos	
Inhalación	Irritación en las vías tracto respiratorias. Puede ocasionar fiebre y gripe. Los síntomas se presentan entre 4 a 12 horas después de la exposición.
Ingestión	Puede provocar gastroenteritis intensa con nauseas,, diarrea o constipación.
Contacto con piel	Irritación y enrojecimiento de la piel.
Contacto ocular	Irritación y ardor en los ojos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla. XXXIV. **Primeros auxilios del óxido de zinc**

Primeros auxilios	
Inhalación	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
Ingestión	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua o leche. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.
Contacto con piel	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Contacto ocular	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Colocar una venda esterilizada. Buscar atención médica.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El proceso de galvanizado, ha sido diseñado para contener nueve etapas, en el siguiente orden: selección de pieza, desengrase químico, decapado químico, primer enjuague, neutralizado, galvanizado, segundo enjuague, pasivado y tercer enjuague.
2. El taller de galvanoplastía ha sido dividido en áreas determinadas, a cada una de las etapas del proceso de galvanizado. Cada una con equipamiento especializado y específico, para obtener el desempeño esperado por la empresa.
3. El proyecto presenta un sistema de cobro por metro cuadrado de galvanizado. Por cada uno de éstos, los costos directos se desglosan en montos de Q. 89,48 en materiales directos, y Q. 2 830,68 en mano de obra directa. Adicionalmente, los costos indirectos presentan un valor de Q. 1 722,64; distribuidos entre un jefe de taller con Q. 970,50; un gerente de planta con Q. 485,25; y un encargado de compras con Q. 266,86 mensuales respectivamente.
4. El costo interno, para galvanizado dentro de la empresa, es de Q. 443,52; y provee un ahorro del 35% en costos de fabricación.
5. La implementación del taller de galvanoplastía, está contemplada para llevarse a cabo en cinco etapas: diseño del proceso, construcción de taller, equipamiento del taller, capacitación del personal operativo y administrativo, y por último, la puesta en marcha.

6. En una proyección a cinco años, la implementación tiene un valor presente neto de Q. 116 666,40, con una tasa de rendimiento atractiva del 18,73%. Adicionalmente, exhibe una tasa interna de retorno del 59,11%, evidenciando grandes oportunidades económicas.
7. El proyecto presenta relaciones beneficio costo anuales positivas de 1,12; 1,14; 1,15; 1,16; y 1,15 respectivamente.
8. El producto final debe poseer un acabado agradable, con un recubrimiento brillante y uniforme, aproximado de 0,2 mm en toda su área superficial. La medida correctiva consiste en la remoción total de la capa de zinc, para luego ejecutar de nuevo el proceso.
9. Los desechos líquidos y químicos del proceso, consisten en residuos ácidos, provenientes de la mezcla entre el agua, agente desengrasante y ácido sulfúrico; los cuáles deben ser neutralizados y manejados apropiadamente.
10. Los desechos sólidos consisten en el zinc residual obtenido en los procesos correctivos. Éste puede ser reutilizado nuevamente, ya que no pierde ninguna de sus propiedades.
11. Cada etapa del proceso de galvanizado, debe de ser llevado a cabo con cuidado especial por parte del personal, bajo normativas de seguridad industrial. Las acciones emergentes consisten en la aplicación de primeros auxilios y utilización de servicios médicos urgentes.

RECOMENDACIONES

1. Investigar continuamente sobre posibles sustitutos de reactivos químicos que puedan otorgar mejores resultados en cuanto a calidad y economía.
2. Instituir un plan de conservación de activos, que preserve el quipo y maquinaria y además mantenga la calidad de los productos.
3. Investigar sobre métodos de enjuague, en el que se pueda obtener un resultado más eficiente y se aproveche al máximo este recurso.
4. Adquirir reactivos y productos de buena calidad, ya que estos tienen incidencia directa sobre cada uno de las etapas del proceso.
5. Asegurar el buen manejo de sustancias por parte del personal e investigar sobre posibles efectos adversos adicionales no incluidos en el presente trabajo.
6. Capacitar constantemente al personal sobre manejo de sustancias químicas e instrumentación de seguridad industrial.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVNER, Sydney. *Introducción a la metalurgia física*. México: McGraw-Hill, 1976. 695 p.
2. BLUM, William; HOGABOOM, George B. *Galvanotecnia y galvanoplastia*. 6a ed. México: CECSA, 1996. 491 p.
3. BOS, Héctor. *Galvanotecnia teoría y práctica*. Argentina: Alsina, 1980. 462 p.
4. CHANG, Raymond. *Electroquímica*. 9a ed. México: McGraw-Hill, 1976. 1100 p.
5. GUERRERO, Alba. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: Editorial Universitaria USAC, 2004. 110 p.
6. HILL, William. *Manual de seguridad industrial*. México: McGraw-Hill. 1989. 515 p.
7. MACHU, William. *Galvanotecnia moderna*. España: Aguilar, 1959. 360 p.
8. MORROW, H. *Metals handbook desk edition*. 2a ed. Ohio: American Society for Metals, Metal Park, 1998. 1535 p.

9. NEUNER, John; FERNANDEZ, Manuel. *Contabilidad de costos: principios y práctica*. 2a ed. México: Uteha, 1979. 959 p.
10. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Guatemala: Editorial Universitaria USAC, 2008. 178 p.