

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por las Bachilleres:
Jiménez G., Mariafernanda
Salas M., Karina A.
para optar al Título de Ingeniero
Mecánico

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Raffaele D' Andrea

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Jiménez G., Mariafernanda
Salas M., Karina A.
para optar al Título de Ingeniero
Mecánico

Caracas, 2006

ACTA

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por las bachilleres **MARIAFERNANDA JIMÉNEZ GARRIDO** y **KARINA ALEXANDRA SALAS MONTIEL**, y que lleva por título:

“DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO”

Consideran que el referido Trabajo, cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingenieras Mecánicas.

Acta que se firma en conformidad, en la Ciudad de Caracas, a los trece días del mes de noviembre del año dos mil seis.



Prof. Jesuárdo Areyan
Jurado



Prof. Alberto Pértuz
Jurado



Prof. Raffaele D'Andrea
Tutor-Coordinador



Los suscritos, Miembros del Jurado Examinador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por las bachilleres **MARIA FERNANDA JIMÉNEZ GARRIDO**, Cédula de Identidad N° V.-15.611.547 y **KARINA ALEXANDRA SALAS MONTEL**, Cédula de Identidad N° V.-16.062.500, el cual lleva por título:

“DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ANODIZADO DE ALUMINIO”

Decidimos otorgarle :

MENCION HONORÍFICA

En reconocimiento al esfuerzo realizado y estímulo a la actividad creativa demostrada en el transcurso de la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, el cual constituye un aporte importante.

En fe de lo cual, se levanta la presente Acta en la ciudad de Caracas, a los trece días del mes de noviembre del año dos mil seis, dejando constancia que, de acuerdo a la normativa vigente, actuó como Coordinador del Jurado Examinador el Prof. Raffaele D'Andrea.


Prof. Jesuárdo Areyan
Jurado




Prof. Alberto Pertuz
Jurado


Prof. Raffaele D'Andrea
Tutor-Coordinador

RESUMEN

Jiménez G., Mariafernanda y Salas M., Karina A.

**DISEÑO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UNA PLANTA
DE ANODIZADO DE ALUMINIO**

**Tutor Académico: Prof. Raffaele D' Andrea. Tutor Industrial: Ing. Gino
Serva. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Mecánica. Año 2006. 313 Pág.**

Planta Anodizado de aluminio, Estudio Mercado, Diseño sistema Proceso Productivo. Higiene Seguridad Industrial. Distribución Planta. Costos Inversión.

Este trabajo especial de grado se realizó con la finalidad de aumentar la calidad del acabado superficial de las piezas de aluminio que son utilizadas para el ensamblaje de máquinas, mejorando procesos productivos que trabajen con las mismas. Para ello se realizó el diseño y evaluación económica de una planta de anodizado de aluminio en un espacio físico disponible.

En el Estudio de Mercado se conoció la oferta y la demanda del anodizado de aluminio en el país y también se conocieron los costos de producción de estas empresas y el costo de venta del aluminio anodizado que ellas ofrecían.

Se estableció cual sería la capacidad de producción de la planta de anodizado, basándonos en esto se diseñó la planta y los respectivos sistemas necesarios para este proceso.

Partiendo del diseño de los sistemas del proceso productivo, y con factores como el manejo de materiales, maquinaria utilizada, medio ambiente de trabajo, y las condiciones de higiene y seguridad industrial se realizó la distribución de planta.

Finalmente teniendo los costos de los equipos se estimó la inversión inicial de la planta, los costos de producción y el costo en bolívares por metro cuadrado del aluminio anodizado para la empresa.

DEDICATORIA

A mi madre Dorys Garrido porque gracias a tu amor, tu paciencia, confianza, esfuerzo y tu apoyo incondicional es que pude lograr mi más preciado sueño, eres mi fuente de inspiración y mi heroína. Sólo espero con que algún día, con tu asesoramiento, llegue a tener aunque sea una pizca de tu coraje, inteligencia y energía. Además que eres la persona más importante de mi vida, TE AMO.

A mi hermano Luis Omar Jiménez, para darle el ejemplo y demostrarle que con empeño todo se puede, además por ser uno de mis seres más queridos.

A mi abuelo Omar Garrido, porque de alguna manera siempre ha sabido estar ahí en la formación de toda mi vida.

A mi abuela Sonia Stambuk para que donde quiera que estés siempre te sientas orgullosa de lo que soy hoy en día.

A mi novio Orlando Tovar, porque estuvo a mi lado durante gran parte de mi carrera apoyándome y ofreciéndome su amor, apoyo incondicional y paciencia, y por ser una persona muy especial en mi vida.

A mis amis Carla y Naholi porque hicieron muy amena mi estadía en la universidad.

A mi ami Karina porque ha sabido ser una buena amiga, además de ser mi compañera de tesis y alentarme siempre en muchos de los momentos difíciles que he pasado a lo largo de mi carrera.

Mariafernanda Jiménez

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo en todo momento y ayudarme a levantarme cuando sentí que durante la carrera caía.

A mi Mami, Nancy Montiel, por ser tan paciente y comprensiva en todos los momentos más difíciles para mí.

A mi Papá, Refael Salas, por ayudarme cada día con su sabiduría, aunque él crea que no lo escucho, sus consejos me hacen crecer como persona y profesional todos los días.

A David Salas, que es mi inspiración de ser quien soy y mi ejemplo a seguir en la vida.

A Maribel Salas, por brindarme su ayuda y apoyo en los buenos y malos momentos.

A Guillermo Suárez, que desde el día que lo conocí le dio mas alegría a mi vida e hizo salir una sonrisa de mí en todo momento.

A mis amigas, Naholi, Carla, Mafer y Seda que siempre están ahí cuando más hacen falta, son únicas.

Y a todos aquellos que han creído en mí....

Karina Alexandra Salas Montiel

AGRADECIMIENTOS

Son Muchas las personas excepcionales que me han ayudado en mi viaje hacia la culminación de mi carrera. Sin ellas nunca habría realizado lo que en estos momentos tienes entre tus manos. Todas ellas han formado mi creatividad y espiritualidad, tanto en lo personal como en lo profesional y aunque las palabras no basten para expresarles mi agradecimiento como quisiera, voy a intentar hacerlo de la mejor manera posible.

A Dios por estar siempre a mi lado a lo largo de toda mi vida.

A mi madre Dorys Garrido por el gran esfuerzo que realizó para poder realizar y culminar mi carrera, su dedicación, gracias por creer en mí trabajo y ayudarme a dar vida a mi sueño de ser ingeniero.

A mi novio Orlando Tovar por todo su apoyo, su amor y sus consejos.

A mi abuelo Omar Garrido por apoyarme en todo lo que estuvo a su alcance.

A Yelitza Pérez por todo su apoyo y cariño gracias.

A La señora Nancy de Salas y el señor Rafael Salas por todo su apoyo y colaboración gracias.

Al señor Luis Orlando Tovar Por todos sus consejos muchas gracias.

Gracias a todas las personas que estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo y alentándome a seguir siempre adelante y que creyeron en mí, se que son muchas, infinitas gracias.

Mariafernanda Jiménez

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecerle a Dios por ayudarme a creer en mí y en que si se pueden hacer las cosas aunque muy difíciles se puedan ver.

A mis padres, Nancy y Rafael por todo el apoyo tanto emocional y económico que me han dado para poder desarrollarme profesionalmente.

A mis hermanos, David y Maribel porque siempre con unas simples palabras me alentaron para mirar siempre al frente y nunca mirar hacia atrás.

A Guille que con su granito de arena colaboró con el desarrollo de este trabajo.

Especialmente a Mariafernanda, por haber compartido conmigo esta responsabilidad, estoy súper orgullosa de haber hecho este Trabajo Especial de Grado contigo.

A Dorys Garrido por ofrecerme su colaboración en todo momento.

A todos muchísimas gracias....

Karina Alexandra Salas Montiel

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos inicialmente a la ilustre Universidad Central de Venezuela, por haber permitido nuestra formación como profesionales de la ingeniería, con criterios y bases sólidas.

A nuestro Tutor Académico Prof. Ing. Raffaele D' Andrea, quien nos brindó toda su colaboración en la realización de este trabajo.

A todo el personal de ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca por el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo, en especial al Ing. Gino Serva y el Ing. Isaac Possin.

Al Prof. Ing. Crisanto Villalobos por ofrecernos este Trabajo Especial de Grado que tanta satisfacción y orgullo nos ha dado.

Al Ing. Jorge Vázquez le agradecemos por toda la ayuda brindada desde los comienzos de este trabajo.

Prof. Julio Segura nuestro agradecimiento sincero, por haber colaborado con nosotras en todo momento y por haber permitido trabajar en condiciones cómodas y apropiadas.

Al Prof. Ing. Jorge Cruz por todo el apoyo académico brindado.

Profesor Rodolfo Grullón, le agradecemos toda su ayuda académica en pro del éxito de este trabajo.

Al Ing. Eduardo Pisan por su ayuda y colaboración en todo momento.

A Miguel Barito y Johane Bracamonte, que con su sabiduría nos brindaron su colaboración, como buenos compañeros de estudio.

Existe un gran número de personas que de una u otra forma participaron y apoyaron nuestro trabajo, a todos muchas Gracias.

Mariafernanda Jiménez y Karina Salas.

SIMBOLOGÍA

a	Largo de la lámina
A	Área
A_L	Área de lámina
A_{PC}	Área de la placa corta
A_{PL}	Área de la placa larga
A_{P2}	Área de pieza 2
A_{P3}	Área de pieza 3
A_{P5}	Área de pieza 5
A_{SOP}	Área de soporte
A_t	Área total de los tubos
A_{ten}	Área de tensión
A_{TS}	Área total superficial
A_1	Área 1
A_2	Área 2
A_3	Área 3
A_4	Área 4
A_5	Área 5
A_6	Área 6
A_7	Área 7
A_8	Área 8
b	Ancho máximo que debe existir entre los soportes
BHP	Potencia de la bomba
b_s	Ancho del soporte
C	Constante de unión
$C_{P_{iC}}$	Calor específico del fluido dentro del intercambiador de calor en el sistema de calentamiento
$C_{P_{iE}}$	Calor específico del fluido dentro del intercambiador de calor en el sistema de enfriamiento
d_c	Densidad de corriente
D_t	Diámetro de tubo
D_{tub}	Diámetro de tubería
d_1	Diámetro 1
d_2	Diámetro 2

d_3	Diámetro 3
d_4	Diámetro 4
d_5	Diámetro 5
E	Modulo de elasticidad de la lámina
e_{ainox}	Espesor de lámina de acero inoxidable
e_L	Espesor de lámina
e_{P2}	Espesor de pieza 2
e_{P3}	Espesor de pieza 3
e_{P5}	Espesor de pieza 5
F	Factor de corrección para un intercambiador de calor de coraza y tubo
f	Coefficiente de fricción
F_i	Precarga de los pernos o tornillos
F_P	Fuerza por tornillo o perno
g	Gravedad
Gr_S	Número de Grashof en función de la longitud característica
h	Profundidad del líquido
H	Altura dinámica Total
h_C	Coefficiente convectivo
$h_{C_{PV}}$	Coefficiente convectivo de la placa vertical
h_{C_I}	Coefficiente convectivo del intercambiador de calor
h_{C_T}	Coefficiente convectivo del Tanque
he_{max}	Altura máxima de colocación de la bomba
$he_{max C}$	Altura máxima de colocación de la bomba en el sistema de calentamiento
$he_{max E}$	Altura máxima de colocación de la bomba en el sistema de enfriamiento
h_{P4}	Altura de la pieza 4
h_S	Altura del soporte
I	Inercia
I_A	Momento de inercia en el punto A
I_B	Momento de inercia en el punto B
I_C	Momento de inercia en el punto C
I_{CL}	Intensidad de corriente por lámina
I_{COR}	Intensidad de corriente

I_{CT}	Intensidad de corriente total
I_D	Momento de inercia en el punto D
I_E	Momento de inercia en el punto E
I_S	Momento de inercia en el soporte
I_1	Inercia para el soporte 1
I_2	Inercia para el soporte 2
k	Conductividad térmica
K	Capacidad de refrigeración
K_a	Coefficiente de pérdidas menores en los accesorios
k_{inox}	Conductividad térmica del acero inoxidable
k_t	Conductividad térmica del intercambiador de calor
k_T	Conductividad térmica del tanque
k_{iC}	Conductividad térmica del intercambiador de calor en el sistema de calentamiento
k_{TC}	Conductividad térmica del tanque en el sistema de calentamiento
k_{tE}	Conductividad térmica del intercambiador de calor en el sistema de enfriamiento
k_{TE}	Conductividad térmica del tanque en el sistema de enfriamiento
L	Altura del líquido
L_c	Longitud característica
L_e	Longitud efectiva
L_{eq}	Longitud equivalente
L_p	Longitud de placa
L_S	Longitud de soporte
L_t	Longitud de tubo
L_{tot}	Longitud total de tubos
m_L	Masa de lámina
m_{L_t}	Masa de lámina total
m_{pG}	Masa a cargar por el puente grúa
m_{p2}	Masa de pieza 2
m_{p3}	Masa de pieza 3
m_{p4}	Masa de pieza 4
m_{p5}	Masa de pieza 5
m_S	Masa del soporte
M	Momento

M_A	Momento en el punto A
M_B	Momento en el punto B
M_C	Momento en el punto C
M_D	Momento en el punto D
M_E	Momento en el punto E
M_S	Momento en el soporte
M_1	Momento en el soporte 1
M_2	Momento en el soporte 2
n	Factor de carga
N	Número de tubos
Nd	Número de piezas tipo 4
Np	Número de pernos
NPSH	Altura neta positiva de succión
NPSH _C	Altura neta positiva de succión en el sistema de calentamiento
NPSH _E	Altura neta positiva de succión en el sistema de enfriamiento
Nu_{Dt}	Número de Nusselt en función del diámetro de los tubos del intercambiador de calor
Nu_L	Número de Nusselt en función de la longitud de placa
P	Expresión algebraica para el cálculo del factor de corrección F
P _a	Presión atmosférica
P_{a_C}	Presión atmosférica en el sistema de calentamiento
P_{a_E}	Presión atmosférica en el sistema de enfriamiento
P _e	Carga estática
P_L	Peso máximo de las láminas
P_{P2}	Peso pieza 2
P_{P3}	Peso pieza 3
P_{P4}	Peso pieza 4
P_{P5}	Peso pieza 5
Pr	Número de Prantl
Pr _{iC}	Número de Prantl del intercambiador de calor en el sistema de calentamiento
Pr _{TC}	Número de Prantl del tanque en el sistema de calentamiento
Pr _{iE}	Número de Prantl del intercambiador de calor en el sistema de enfriamiento
Pr _{TE}	Número de Prantl del tanque en el sistema de enfriamiento

P_v	Presión de vapor
P_{V_C}	Presión de vapor en el sistema de calentamiento
P_{V_E}	Presión de vapor en el sistema de enfriamiento
P_t	Presión en el tanque de expansión
P_{t_C}	Presión en el tanque de expansión en el sistema de calentamiento
P_{t_E}	Presión en el tanque de expansión en el sistema de enfriamiento
P_{T4}	Peso total 4
q	Calor producido en el sistema
Q	Caudal
Q_A	Caudal en el tramo A
Q_B	Caudal en el tramo B
q_C	Carga uniformemente distribuida
Q_C	Caudal en el tramo C
Q_D	Caudal en el tramo D
Q_E	Caudal en el tramo E
Q_0	Caudal en el tramo 0
Q_1	Caudal en el tramo 1
Q_2	Caudal en el tramo 2
Q_3	Caudal en el tramo 3
Q_4	Caudal en el tramo 4
Q_5	Caudal en el tramo 5
Q_6	Caudal en el tramo 6
Q_7	Caudal en el tramo 7
Q_8	Caudal en el tramo 8
q_H	Calor en la placa horizontal
q_{VL}	Calor en la placa vertical larga
q_{VC}	Calor en la placa vertical corta
R	Expresión algebraica para el cálculo del factor de corrección F
r_A	Radio A
Ra_L	Número de Rayleigh en función de la longitud de placa
Ra_S	Número de Rayleigh en función de la longitud característica
Re_D	Número de Reynolds en función del diámetro
R_t	Resistencia interna total

r_1	Radio 1
r_{1P4}	Radio 1 de la pieza 4
r_2	Radio 2
r_{2P4}	Radio 2 de la pieza 4
S	Longitud característica
S_b	Esfuerzo máximo en el centro de los borde más largos de la lámina
S_p	Esfuerzo por tornillo
S_{PMAX}	Esfuerzo máximo por tornillo
S_y	Esfuerzo por fluencia
t	Espesor de la lámina
T_A	Momento Torsional en el punto A
T_α	Temperatura del fluido
$T_{c,i}$	Temperatura de entrada del fluido más frío
T_{c,i_C}	Temperatura de entrada del fluido mas frío en el sistema de calentamiento
T_{c,i_E}	Temperatura de entrada del fluido mas frío en el sistema de enfriamiento
$T_{c,o}$	Temperatura de salida del fluido más frío
T_{c,o_C}	Temperatura de salida del fluido mas frío en el sistema de calentamiento
T_{c,o_E}	Temperatura de salida del fluido mas frío en el sistema de enfriamiento
T_f	Temperatura de película
T_{f_T}	Temperatura de película del tanque
$T_{f_{i_C}}$	Temperatura de película para la solución dentro del intercambiador de calor en el sistema de calentamiento
$T_{f_{T_C}}$	Temperatura de película para la solución dentro del tanque en el sistema de calentamiento
$T_{f_{T_E}}$	Temperatura de película para la solución dentro del tanque en el sistema de enfriamiento
$T_{f_{i_E}}$	Temperatura de película para la solución dentro del intercambiador de calor en el sistema de enfriamiento
$T_{h,i}$	Temperatura de entrada del fluido más caliente
T_{h,i_C}	Temperatura de entrada del fluido más caliente en el sistema de calentamiento
T_{h,i_E}	Temperatura de entrada del fluido más caliente en el sistema de

	enfriamiento
$T_{h,o}$	Temperatura de salida del fluido más caliente
T_{h,o_C}	Temperatura de salida del fluido más caliente en el sistema de calentamiento
T_{h,o_E}	Temperatura de salida del fluido más caliente en el sistema de enfriamiento
Tr	Tonelada de refrigeración
Tr_p	Tonelada de refrigeración del proceso
T_s	Temperatura superficial
U	Resistencia interna Global
V	Voltaje máximo
V_L	Volumen de lámina
V_{P2}	Volumen de pieza 2
V_{P3}	Volumen de pieza 3
V_{P4}	Volumen de pieza 4
V_{P5}	Volumen de pieza 5
V_{SOP}	Volumen del soporte
V_t	Velocidad del fluido dentro del intercambiador de calor
V_{tC}	Velocidad del fluido dentro del intercambiador de calor en el sistema de calentamiento
V_{tE}	Velocidad del fluido dentro del intercambiador de calor en el sistema de enfriamiento
w_a	Carga unitaria aplicada
w_L	Fuerza ejercida en el soporte
w_{L1}	Fuerza ejercida por el soporte 1
w_{L2}	Fuerza ejercida por el soporte 2
y_A	Deflexión máxima en el punto A
y_B	Deflexión máxima en el punto B
y_C	Deflexión máxima en el punto C
y_D	Deflexión máxima en el punto D
y_E	Deflexión máxima en el punto E
y_{MAX}	Flecha Máxima
y_s	Deflexión máxima en el soporte
α	Relación entre los soportes y largo de la lámina
β	Coefficiente de expansión volumétrica

η	Eficiencia de la bomba
π	Número PI
ρ	Densidad del líquido
ρ_{AL}	Densidad del aluminio
σ'_A	Esfuerzo de Von Mises en el punto A
σ_{MAX}	Esfuerzo máximo por flexión para el aluminio
σ_S	Esfuerzo máximo por flexión en el soporte
σ_{XA}	Esfuerzo por flexión en el punto A
σ_{XB}	Esfuerzo por flexión en el punto B
σ_{XC}	Esfuerzo por flexión en el punto C
σ_{XD}	Esfuerzo por flexión en el punto D
σ_{XE}	Esfuerzo por flexión en el punto E
ν	Viscosidad Cinemática
ν_t	Viscosidad Cinemática del intercambiador de calor
ν_{tC}	Viscosidad Cinemática del intercambiador de calor en el sistema de calentamiento
ν_{TC}	Viscosidad Cinemática del tanque en el sistema de calentamiento
ν_{tE}	Viscosidad Cinemática del intercambiador de calor en el sistema de enfriamiento
ν_{TE}	Viscosidad Cinemática del tanque en el sistema de enfriamiento
τ_{XZA}	Esfuerzo torsional en el punto A
Δp	Pérdida absoluta
Δp_T	Pérdida absoluta total
ΔT_{ML}	Diferencia de temperatura media logarítmica
ΔT_1	Diferencia de temperatura 1

ÍNDICE

RESUMEN	i
DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS	ii
SIMBOLOGÍA	vii
ÍNDICE	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
ÍNDICE DE APÉNDICES	xxvii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Justificación del Proyecto	2
1.2 Antecedentes del Proyecto	2
1.3 Planteamiento del Problema	3
1.4 Objetivos y Alcances	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.4.3 Alcances	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Aspectos básicos del anodizado	6
2.1.1 Proceso de anodizado	6
2.1.2 Composición de la capa anódica	8
2.1.3 Anodizado en medio sulfúrico	9
2.1.4 Anodizado en medio crómico	13
2.1.5 Anodizado en medio oxálico	15
2.1.6 Limpieza química y tratamientos previos al anodizado	16

2.1.7	Requerimientos posteriores al anodizado	18
2.2	Tratamientos mecánicos de superficie y acabados del aluminio y sus aleaciones	19
2.2.1	Tratamientos mecánicos de superficie	20
2.3	Metodología del diseño	25
2.3.1	Introducción	25
2.3.2	Proceso de diseño	26
2.3.3	Métodos de Diseño	28
2.4	Técnicas de análisis del proceso de producción. Diagrama de bloques. Diagrama de Flujo	30
2.4.1	Diagrama de Bloques	30
2.4.2	Diagrama de Flujo	30
2.5	Distribución de Planta	31
2.5.1	Objetivos y principios básicos de la distribución de planta	31
2.5.2	Tipos de procesos y sus características	32
2.5.3	Métodos de distribución. Diagrama de recorrido y SLP	33
2.5.4	Determinación de los requerimientos de espacio (Cálculos de las áreas de la planta. Bases del cálculo)	35
2.5.5	Verificación del espacio disponible	36
2.5.6	Distribución de Planta al detalle	36
CAPÍTULO III. ESTUDIO DE MERCADO		37
3.1	Descripción del producto	38
3.2	Demanda	40
3.3	Oferta	42
3.4	Precios	43

3.5 Comercialización	44
3.6 Conclusiones del estudio de mercado	44
CAPÍTULO IV. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	46
4.1 Factores que condicionan la capacidad de producción de una planta	47
4.2 Capacidad de la Planta	48
4.2.1 Capacidad normal de producción de la planta de anodizado de aluminio	49
4.3 Factores condicionantes para la localización optima de la planta	49
4.3.1 Localización optima de la planta de anodizado de aluminio	50
CAPÍTULO V. INGENIERÍA DE PROYECTO	52
5.1 Especificaciones del producto	53
5.2 Indagaciones preliminares	53
5.3 Proceso de producción	56
5.3.1 Descripción del proceso de anodizado	57
5.4 Sistemas y equipos empleados para el proceso de producción de Anodizado de Aluminio	64
5.5 Diseño de los equipos para el anodizado fabricados por la empresa	67
5.5.1 Diseño de los tanques	67
5.5.2 Diseño del soporte de los montajes de piezas	74
5.5.3 Diseño de los montajes de piezas	79
5.5.4 Diseño del sistema de enfriamiento del electrolito	102
5.6 Resumen de las propuestas finales	107

5.6.1 Tanques	107
5.6.2 Soporte de montajes de piezas	109
5.6.3 Serpentín para el enfriamiento del electrolito y para el calentamiento de las soluciones de los tanques de desengrase y de decapado	109
5.6.4 Montajes de piezas	111
5.7 Cálculos de los equipos fabricados por la empresa	112
5.7.1 Capacidad y diseño de los tanques	112
5.7.2 Enfriamiento del electrolito	121
5.7.3 Calentamiento de las soluciones de los tanques de Desengrase y de Decapado	134
5.8 Soporte de los Montajes de piezas	144
5.8.1 Determinación del esfuerzo por flexión producido en el soporte de los montajes de piezas	144
5.8.2 Cálculo de los esfuerzos en los tornillos de fijación entre las piezas que conforman el soporte de los montajes de piezas	147
5.9 Montajes de la piezas	149
5.10 Traslado de la carga por medio de los tanques del proceso	160
5.10.1 Cálculo de la masa para trasladar	160
5.11 Balance de Materiales, Insumos y equipos necesarios para el proceso de anodizado	161
5.11.1 Balance de materia prima e insumos necesario para el proceso productivo	161
5.11.2 Balance de materiales para construir los diferentes sistemas que se requieren durante el proceso de anodizado	162
5.11.3 Equipos y servicios que serán adquiridos mediante proveedores existentes en el mercado	164
5.12 Distribución de Planta	166

5.12.1 Análisis de los factores para la distribución planta	166
5.12.2 Diagrama de relaciones	175
5.12.3 Determinación de los requerimientos de espacio	177
5.12.4 Verificación del espacio disponible	178
5.12.5 Distribución de Planta al Detalle	179
CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA	182
6.1 Inversiones	183
6.1.1 Maquinaria y equipos	183
6.1.2 Instalación de maquinaria y equipos	185
6.1.3 Activos diferidos	185
6.1.4 Inversión inicial para la puesta en marcha de la planta de anodizado	186
6.1.5 Costos financieros	187
6.1.6 Cronograma de inversiones	188
6.2 Costos de producción	189
6.2.1 Costo de materia prima	189
6.2.2 Costo de energía eléctrica	190
6.2.3 Costo de consumo de agua	191
6.2.4 Costo de combustible	192
6.2.5 Costo de mano de obra	192
6.2.6 Gastos generales	193
6.1.7 Depreciación y Amortización de los activos fijos y diferido	193
6.1.8 Costos por mantenimiento de equipos	194
6.1.9 Costos por seguro de maquinaria	194

6.1.10 Costo por arrendamiento de galpón y almacén	194
6.1.11 Resumen de costos de producción	195
6.3 Costo del metro cuadrado de aluminio anodizado para la empresa	196
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	197
BIBLIOGRAFÍA	201
APÉNDICES	205
ANEXOS	289

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Influencia de los diversos parámetros de anodizado sobre la oxidación y la disolución en medio sulfúrico.....	10
Tabla N° 2.2 Secuencias típicas del pulimentado.....	24
Tabla N° 3.1 Clasificación y designación de la capa de óxido de aluminio anodizado.....	39
Tabla N° 3.2 Empresas anodizadoras de aluminio existentes en el país.....	42
Tabla N° 3.3 Precios comerciales del anodizado de aluminio en algunas plantas en Venezuela.....	44
Tabla N° 5.1: Matriz morfológica del diseño de los Tanques.....	73
Tabla N° 5.2: Matriz morfológica del diseño del sistema de soporte de los montajes de piezas.....	78
Tabla N° 5.3: Matriz morfológica del diseño de los montajes de piezas.....	87
Tabla N° 5.4 Matriz morfológica del diseño del sistema de enfriamiento del electrolito.....	105
Tabla N° 5.5 Datos para el cálculo del intercambiador de calor para el enfriamiento del electrolito.....	126
Tabla N° 5.6 Longitud equivalente para cada un de los tramos que conforman el sistema de tubería para el enfriamiento del electrolito.....	132
Tabla N° 5.7 Pérdidas absolutas por cada uno de los tramos de tubería del sistema de enfriamiento.....	133
Tabla N° 5.8 Datos para el cálculo del calentamiento de los tanques de Desengrase y Decapado.....	138
Tabla N° 5.9 Longitud equivalente para cada uno de los tramos del sistema de tubería para el calentamiento.....	142

Tabla N° 5.10 Pérdidas absolutas por cada uno de los tramos de tubería del sistema de calentamiento.....	143
Tabla N° 5.11 Materia prima e insumos necesarios para el proceso productivo.....	161
Tabla N° 5.12 Lista de equipos y servicios.....	164
Tabla N° 5.13 Cálculo de área de espacios de la planta.....	178
Tabla N° 6.1 Maquinaria y Equipos.....	183
Tabla N° 6.2 Activos diferidos.....	186
Tabla N° 6.3 Inversión inicial.....	186
Tabla N° 6.4 Financiamiento.....	187
Tabla N° 6.5 Cronograma de inversiones	188
Tabla N° 6.6 Costo de materia prima.....	189
Tabla N° 6.7 Consumo de energía eléctrica	190
Tabla N° 6.8 Costo de obra de mano directa.....	192
Tabla N° 6.9 Depreciación y Amortización de inversión fija y diferida.....	193
Tabla N° 6.10 Resumen de costos de producción.....	195

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 Proceso de Diseño.....	25
Figura N° 2.2 Simbología del método SLP.....	34
Figura N° 5.1 Entrada a la empresa donde se instalará la planta de anodizado.....	54
Figura N° 5.2 Entrada a los galpones donde se instalará la planta de anodizado.....	55
Figura N° 5.3 Galpón donde se instalará la planta de anodizado.....	55
Figura N° 5.4 Parte trasera del galpón.....	56
Figura N° 5.5 Etapas del proceso productivo.....	57
Figura N° 5.6 Diagrama de bloques del proceso de anodizado.....	61
Figura N° 5.7 Diagrama de flujo para el proceso de anodizado.....	62
Figura N° 5.8 Propuestas de diseño de los Tanques.....	70
Figura N° 5.9 Vista ampliada de la propuesta del tanque a diseñar.....	74
Figura N° 5.10 Propuestas de diseño del sistema de soporte de los montajes de piezas.....	76
Figura N° 5.11 Vista ampliada de la propuesta solución del sistema de soporte de los montajes de piezas.....	79
Figura N° 5.12 Propuestas de diseño de los montajes de piezas.....	81
Figura N° 5.13 Vista ampliada de la propuesta solución del primer sistema de montaje piezas. Montaje lateral.....	91
Figura N° 5.14 Vista ampliada de la propuesta solución del primer sistema de montaje de piezas. Montaje lateral lado izquierdo.....	92
Figura N° 5.15 Vista ampliada de la propuesta solución del segundo montaje de piezas. Montaje Vertical.....	93

Figura N° 5.16 Vista ampliada de la propuesta solución del tercer montaje de piezas. Montaje lateral tubos doblados en L.....	94
Figura N° 5.17 Vista ampliada del montaje de piezas. Montaje lateral con tubos doblados en L lado izquierdo.....	95
Figura N° 5.18 Vista ampliada del cuarto montaje de piezas. Montaje Guindadero.....	96
Figura N° 5.19 Vista ampliada del quinto montaje de piezas. Montaje lateral doble con tubos doblados en L.....	97
Figura N° 5.20 Vista ampliada del sexto montaje de piezas. Montaje lateral doble.....	98
Figura N° 5.21 Vista ampliada del séptimo montaje de piezas. Montaje lateral con tubos rectos a los lados.....	99
Figura N° 5.22 Vista ampliada del Montaje Lateral con tubos rectos lado derecho.....	100
Figura N° 5.23 Vista ampliada del octavo montaje de piezas. Montaje lateral con tubos en ambos lados.....	101
Figura N° 5.24 Propuestas de diseño del sistema de enfriamiento del electrolito.....	103
Figura N° 5.25 Vista ampliada de la propuesta solución del sistema de enfriamiento del electrolito.....	106
Figura N° 5.26 Tanques de los procesos de pre y post tratamiento al anodizado.....	107
Figura N° 5.27 Tanque de anodizado.....	108
Figura N° 5.28 Soporte de montajes de piezas.....	109
Figura N° 5.29 Serpentín.....	110
Figura N° 5.30 Serpentín dentro de los tanques de Desengrase y Decapado.....	110
Figura N° 5.31 Serpentín dentro del tanque de Anodizado.....	111

Figura N° 5.32 Relación α	114
Figura N° 5.33 Distribución de carga en la lámina del tanque.....	116
Figura N° 5.34 Diagrama de cuerpo libre de la lámina del tanque.....	116
Figura N° 5.35 Diagrama de cuerpo libre de la lámina sometido a la carga ω_L	117
Figura N° 5.36 Diagrama de cuerpo libre lado de longitud “L”.....	119
Figura N° 5.37 Diagrama de cuerpo libre lado de longitud “a”.....	119
Figura N° 5.38 Pieza a anodizar de mayor dimensión.....	121
Figura N° 5.39 Representación de un intercambiador de calor de flujo cruzado.....	124
Figura N° 5.40 Representación de la tubería del intercambiador.....	124
Figura N° 5.41 Comportamiento de un intercambiador de flujo cruzado.....	125
Figura N° 5.42 Camino crítico para el sistema de Enfriamiento.....	130
Figura N° 5.43 Representación del patrón de flujo a lo largo de una placa Vertical.....	135
Figura N° 5.44 Camino crítico para el sistema de Calentamiento.....	140
Figura N° 5.45 Diagrama de cuerpo libre para el soporte de los montajes de piezas.....	144
Figura N° 5.46 Montaje Lateral.....	150
Figura N° 5.47 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje lateral.....	150
Figura N° 5.48 Montaje lateral tubos doblados en L.....	152
Figura N° 5.49 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje lateral tubos doblados en L.....	152
Figura N° 5.50 Montaje lateral tubos rectos a los lados.....	154
Figura N° 5.51 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje lateral tubos rectos a los lados.....	154
Figura N° 5.52 Montaje tipo Guindadero.....	156

Figura N° 5.53 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje tipo tendadero.....	156
Figura N° 5.54 Montaje vertical.....	158
Figura N° 5.55 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje vertical con tubos recto.....	158
Figura N° 5.56 Flujo de materiales de las piezas a anodizar.....	167
Figura N° 5.57 Diagrama de relaciones de Actividades.....	169
Figura N° 5.58 Vista lateral de la planta.....	180
Figura N° 5.59 Vista superior de la Planta.....	181

APÉNDICE

APÉNDICE A.1	Pieza a anodizar para montaje lateral,.....206 Lámina de aluminio de 3/8 in.
APÉNDICE A.2	Pieza a anodizar para el montaje.....207 vertical, Pletina 0.625 x 2 in.
APÉNDICE A.3	Pieza a anodizar para el montaje lateral.....208 tubos doblados en L, eje cuadrado de aluminio de 1”.
APÉNDICE A.4	Pieza a anodizar para el montaje tipo.....209 guindadero, eje redondo de 5 in.
APÉNDICE A.4.1	Pieza a anodizar para el montaje tipo.....210 guindadero, Pletina de aluminio de 1.250 x 0.625”.
APÉNDICE A.5	Pieza a anodizar para montaje lateral.....211 con tubos rectos a los lados, eje cuadrado de aluminio de 1 in.
APÉNDICE B.1	Tabla de ángulos de lados iguales.....213
APÉNDICE B.2	Propiedades de tubería estructural,.....214 cuadrada y rectangular.
APÉNDICE B.3	Tabla de vigas acanaladas American.....215 Standard.
APÉNDICE B.4	Figura de factor de corrección para el.....216 intercambiador de calor.
APÉNDICE B.5	Curva característica de la bomba.....217 de enfriamiento.
APÉNDICE B.6	Curva característica de la bomba.....218 de calentamiento
APÉNDICE C.1	Planos de los tanques y sus partes.....220

APÉNDICE C.2	Planos del tanque de anodizado.....	230
	y sus partes	
APÉNDICE C.3	Sistema de soporte de los montajes de piezas.....	257
APÉNDICE C.4	Montaje de piezas	259
APÉNDICE C.5	Planos del serpentín.....	271
APÉNDICE D.1	Cálculo de requerimiento de espacios.....	272
APÉNDICE D.2	Plano de espacio disponible para.....	276
	la distribución de la planta.	
APÉNDICE D.3	Plano de Distribución de Planta.....	277
	al Detalle	
APÉNDICE D.4	Diagrama de Recorrido de la	278
	Distribución Propuesta	
APÉNDICE E.1	Tabla de descripción detallada.....	280
	de costos de equipos	
APÉNDICE E.2	Capital de trabajo.....	287
APÉNDICE E.3	Costos de Financiamiento.....	288

INTRODUCCIÓN

La realidad actual del país requiere el desarrollo de tecnologías que se concentren en la búsqueda de soluciones que satisfagan las demandas y necesidades de los pequeños y medianos productores. La empresa ACASI Machinery-Maquinarias Repovenca desde hace muchos años se ha dedicado a la fabricación de maquinaria como llenadoras de líquido, llenadoras de sólidos, tapadoras, etiquetadoras y embotelladoras realizadas en materiales tales como el aluminio y acero inoxidable para diferentes sectores industriales. Aunque el aluminio se recubre de una delgada película de óxido, que constituye una protección natural, es un material que al pasar el tiempo pierde propiedades tanto mecánicas como metalúrgicas y se va oxidando debido a la acción de los agentes atmosféricos, para evitar que ocurra esto se busca obtener capas anódicas artificiales mucho más gruesas y más protectoras, por medio de procedimientos químicos o electrolíticos como por ejemplo el proceso de anodizado.

Por estas razones, la empresa ha querido mejorar la calidad de sus productos tanto en aspecto como en resistencia. Con este proyecto se busca diseñar una planta de anodizado de aluminio que permita obtener películas anódicas que minimicen los efectos corrosivos del ambiente. De esta manera la planta de anodizado de aluminio formará parte del sistema productivo de la empresa mejorando así la calidad de las máquinas realizadas por la misma.

Este Trabajo Especial de Grado estará estructurado de la siguiente manera, en el primer capítulo se planteará el problema así como también los objetivos propuestos y los alcances deseados. En el segundo capítulo se expone el marco teórico del trabajo. En el tercer capítulo se muestra el estudio de mercado realizado para el aluminio anodizado a nivel nacional. En el capítulo cuarto se estima la capacidad de producción de la planta y la localización de la misma. En el quinto capítulo se realiza

el estudio de Ingeniería del proyecto y la distribución de la planta propuesta, luego en el sexto capítulo se estima la inversión inicial para la puesta en marcha de la planta así como también los costos operativos que ella amerita. En este capítulo se estima el valor de en bolívares por metro cuadrado del aluminio anodizado para esta planta. Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones para este Trabajo Especial de Grado.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Justificación del Proyecto

La empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca, ubicada en la zona industrial de Guarenas, Estado Miranda, produce máquinas tales como etiquetadoras, llenadoras de sólidos, transportadores de banda, tapadoras, embotelladoras y equipos para el llenado de líquidos. Actualmente se requiere la mejora del acabado superficial en las partes y piezas utilizadas en la arquitectura externa de las mismas.

Esta mejora se hace necesaria para contrarrestar a las empresas competidoras que fabrican esta maquinaria con el acabado de anodizado.

Para ello la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca pretende instalar una planta propia de anodizado de aluminio, instalada en espacios de la misma empresa. Esto también se realiza con el fin de poder abastecer su propio mercado ya que en nuestro país existen plantas de anodizado que realizan solo el acabado superficial de perfiles de construcción, por lo que para la gama tan diversa de piezas que maneja la empresa es muy difícil conseguir empresas que puedan anodizar este tipo de piezas tan particulares.

1.2 Antecedentes del Proyecto

El presente Proyecto, no tiene ningún antecedente o trabajo previo que se haya realizado dentro de la empresa ACASI Machinery-Maquinarias Repovenca. Debido al crecimiento considerable de la producción de las máquinas los miembros de esta empresa consideraron la posibilidad de tener su propia planta de anodizado, para satisfacer el continuo crecimiento de la demanda del mercado y aumentar su calidad.

1.3 Planteamiento del Problema

La empresa ACASI Machinery -Maquinarias Repovenca, desea aumentar la calidad de sus productos mejorando el acabado superficial de las piezas de aluminio que componen las mismas, utilizando el proceso de anodizado. Todo esto con el fin de alinearse en el mercado de empresas que fabrican estas maquinarias con este acabado superficial del aluminio.

Por esta razón se llevará acabo el diseño de la planta de anodizado del aluminio, la cual será instalada posteriormente por la empresa para así cumplir con los objetivos propuestos.

1.4 Objetivos y Alcances

1.4.1 – Objetivo General

Diseñar y evaluar económicamente la instalación de una Planta de Anodizado de Aluminio.

1.4.2 – Objetivos Específicos

- Identificar los procesos de anodizado de aluminio existentes.
- Realizar un estudio de mercado del sector industrial que utiliza el anodizado de aluminio.
- Identificar los procesos de pulitura que se requieren, previo al proceso de anodizado.
- Definir la capacidad de producción de la planta.
- Realizar el estudio de ingeniería del proyecto.
- Establecer la distribución de la planta.

- Estimar la inversión para instalar la planta y los costos operativos.
- Estimar los costos e ingresos del proyecto.

1.4.3 Alcances

- La planta de anodizado estará localizada en un área física de la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca.
- Se diseñaran los tanques de anodizado según las necesidades del proceso.
- Se diseñaran equipos de soporte y montaje de piezas que mejor se adapten a las mismas.
- Los sistemas de enfriamiento y calentamiento del proceso se diseñaran según las necesidades.
- En el proceso tecnológico se respetaran las normas de impacto ambiental.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos básicos del Anodizado

A pesar de que la superficie del aluminio y sus aleaciones se recubre de una delgada película de óxido que se forma al entrar en contacto con el oxígeno, que constituye en sí una propiedad inherente de resistencia a la acción de los agentes atmosféricos; esta capa natural de Al_2O_3 tiene un espesor del orden de 0,01 a 0,04 μ , el valor protector de esta capa de óxido natural puede perderse y no siempre evita la formación de puntos de corrosión.

El proceso de anodizado o también llamado en sus inicios oxidación anódica consiste en obtener de manera artificial películas de óxido de espesor mucho más grueso y de características distintas a las capas naturales por medio de procedimientos químicos o electrolíticos.

Por medio de procesos químicos, son tratamientos de conversión que dan capas del orden de 1 a 2 μ . En el segundo caso, es el procedimiento de anodizado el que permite formar capas en las que el espesor puede ser de pequeñas micras hasta unas 25 μ para los tratamientos de decoración o de protección, llegando a 100 μ y más en ciertos procesos de endurecimiento superficial.

La versatilidad del aluminio anodizado para la fabricación de varios productos, ha intensificado su uso y por consiguiente, su demanda. Hoy en día, el anodizado es aplicado para funciones decorativas y de protección, en diferentes industrias, tal es el caso de la industria de la construcción, en la industria automotriz, en la producción de empaques, envases, electrodomésticos, en la industria de ventanas y rejas, artículos ornamentales y más recientemente en medicina.

2.1.1 Proceso de Anodizado

La oxidación anódica, o proceso anodizado, es un tratamiento electrolítico para producir capas de óxido de mayor espesor, uniformidad, estabilidad y diferente estructura de las que se forman espontáneamente en la superficie del aluminio.

El principio del anodizado se basa en hacer circular una corriente eléctrica en una celda electrolítica, donde el aluminio actúa como ánodo (polo positivo) y el cátodo (polo negativo) que está formado por un material inerte e inatacable (níquel o plomo). Al producirse la electrólisis, el ánodo experimenta la pérdida de electrones. Los iones cargados negativamente, provienen de la disociación del electrolito y están formados, en parte, por oxígeno, el cual se une químicamente con el aluminio, es decir, se observará un desprendimiento de hidrógeno en el cátodo y ninguno en el ánodo. Los resultados de la reacción dependen de varios factores, tales como, el tipo de electrolito, la densidad de corriente, la temperatura del baño de anodizado y la duración del tratamiento.

Se observa, que el ánodo de aluminio se ha cubierto de una película de alúmina. El oxígeno procedente de la disociación electrolítica del agua ha sido utilizado para oxidar el aluminio del ánodo, de aquí la expresión “oxidación anódica”. Estas diversas reacciones oxidantes que se producen en el ánodo dependen del electrolito utilizado.

Cuando se utilizan como electrolitos, ácidos orgánicos como el nítrico o el fluorhídrico, o ácidos orgánicos monobásicos fuertes, los productos de la reacción sobre el ánodo son solubles en el electrolito. En este caso, el metal se disuelve hasta que la solución queda saturada.

Cuando los productos de la reacción son casi insolubles, se forma sobre el ánodo una película delgada, compacta y no conductora, llamada capa barrera, la cual continúa aumentando de espesor hasta que la resistencia de la misma impide que la corriente llegue al ánodo. Esta película se forma cuando se utilizan electrolitos de ácido bórico o de carbonato sódico y tiene aplicación en la fabricación de condensadores eléctricos y para la protección de capas muy delgadas de aluminio.

Cuando se utilizan electrolitos tales como, ácido sulfúrico, crómico u oxálico, los productos de la reacción son apenas solubles en el electrolito, formándose una resistente película adherente. El crecimiento de la película va acompañado de un proceso de disolución de la capa superficial de la misma, formándose innumerables poros con una abertura suficiente para permitir el paso

de la corriente a la superficie del metal. La velocidad del crecimiento de la capa comienza gradualmente a disminuir a medida que el espesor de la misma va aumentando y la resistencia eléctrica aumenta. La película se sigue formando hasta que la proporción de crecimiento y de disolución se igualan y a partir de ese momento, el espesor de la película se hace constante.

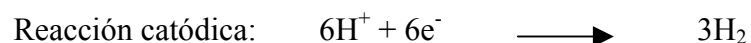
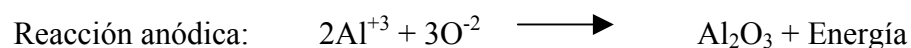
El espesor máximo de película varía con el electrolito y con los parámetros de trabajo, especialmente con la temperatura, la cual tiene una gran influencia en la velocidad de disolución.

En el mecanismo “oxidación-disolución” de este proceso vamos a tener dos fenómenos importantes que son necesarios considerar:

- i. El crecimiento de la capa de óxido se va a producir del exterior hacia el interior como consecuencia de un fenómeno electroquímico puro, de donde resulta la velocidad de oxidación.
- ii. Disolución de la capa de óxido a medida que se forma debido a un fenómeno puramente químico, de donde resulta cierta velocidad de disolución.

El anodizado consiste esencialmente en mantener la relación de los parámetros de tratamiento de tal forma que la velocidad de oxidación se conserve siempre por encima de la velocidad de disolución.

Las reacciones que ocurren en la celda electrolítica son:



2.1.2 Composición de la capa anódica

No solamente existe desacuerdo en cuanto al mecanismo de formación de la capa anódica, sino también acerca de su estructura. En general, la composición de la capa depende del electrolito empleado y este ha llevado a contradicciones entre los numerosos investigadores; aún cuando algunos coinciden en que la capa

barrera esta formada por Al_2O_3 anhidro, el cual es amorfo o se presenta en el estado $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$.

Harrington y Nelson encontraron que en las capas producidas por los ácidos sulfúricos y oxálicos, en el fosfato trisódico, en el bórax y en el amoníaco crecen superficies irregulares. Luego Taylor, Tucker y Edwards, utilizan la difracción por rayos - X sobre capas anódicas producidas en laminillas de aluminio al 99,8 % y no hallaron diferencia entre las formas $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ y la $\gamma' - \text{Al}_2\text{O}_3$. Estos autores hicieron ensayos sobre un número de capas producidas por diferentes métodos y encontraron que todas ellas estaban formadas principalmente de óxido amorfo, y en algunos casos con un porcentaje de óxido bajo la forma $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$.

J. J. Trillat y R. Tertran, por medio de la difracción electrónica, encontraron que la capa formada sobre un aluminio de 99,99 % de pureza en medio sulfúrico, era una estructura cristalina compuesta de una mezcla de óxido amorfo hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$) y $\gamma - \text{óxido}$ ($\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$) o una estructura de transición no especificada en el extremo inferior de la capa.

Gerscher identificó dos estructuras, una $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ para la capa barrera y otra $\beta - \text{Al}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ para la capa porosa.

Edwards, Keller, Hunter y Robinson observaron que la capa de óxido estaba constituida por la alúmina anhidra amorfa o en el estado $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$; en la superficie de la capa barrera aparecían puntos de ataque como efecto de la disolución del centro de las células formadas por alúmina amorfa poco resistente a los ácidos.

2.1.3 Anodizado en medio sulfúrico

El procedimiento de anodizado en medio sulfúrico es el más utilizado universalmente, debido a sus condiciones económicas de explotación y a los resultados satisfactorios que se pueden obtener en numerosos campos.

Las primeras soluciones contenían aproximadamente un 25% de ácido sulfúrico, habiéndose reducido en los últimos años de un 10 a un 20%, según las características que se exigen a la película. El proceso utiliza normalmente

corriente continua. En el proceso estándar las densidades de corriente suelen ser de 1,2 a 1,5 A/dm² con 10 a 20 V, trabajando en un baño a una temperatura de 20°C, durante 20 a 40 minutos.

a) Influencia de los parámetros de operación sobre la oxidación y la disolución del anodizado en medio sulfúrico

Cuatro parámetros fundamentales actúan sobre los dos factores de formación de la capa de óxido, indicándose su acción en el cuadro siguiente:

Tabla N° 2.1: Influencia de los diversos parámetros de anodizado sobre la oxidación y la disolución en medio sulfúrico

Parámetros de trabajo	Oxidación	Disolución
Concentración	↗ M ↘	↗
Temperatura	0	↗ ↘ ↘
Densidad de corriente	↗ ↘	↗
Duración	↗	↗

a.1) Concentración del electrolito

La velocidad de oxidación es proporcional al grado de disociación electrolítica que se mide por la conductibilidad del electrolito. Esta concentración presenta un máximo cuando se trabaja con 30% de SO₄H₂ aproximadamente.

La velocidad de disolución, por el contrario, es una función lineal creciente de la concentración.

a.2) Temperatura

Su acción es prácticamente nula sobre la velocidad de oxidación, porque afecta muy poco la conductibilidad del baño.

Por el contrario, la temperatura afecta de forma exponencial sobre la velocidad de disolución. Un aumento de algunos grados de la temperatura del baño puede producir pulverulencia.

a.3) Densidad de corriente

La velocidad de oxidación es proporcional a la densidad de corriente.

Teóricamente, este parámetro no tiene ninguna acción directa sobre la velocidad de disolución. No obstante, los poros son verdaderos conductores eléctricos y cuanto mayor sea la corriente, mayores son las pérdidas por el efecto Joule. Debido a esto la densidad de corriente actúa sobre la temperatura y favorece indirectamente la disolución.

a.4) Duración del anodizado

Mientras más largo sea el tratamiento, de mayor espesor será la capa de óxido; pero al mismo tiempo la disolución tiende hacerse más activa. Los conductores, que son los poros, se alargan, aumentando su resistencia y, como consecuencia, la temperatura de la capa. De esta forma la velocidad de disolución tiende a aumentar.

b) Principales propiedades de las capas anódicas realizadas en medio sulfúrico

Las propiedades de la capa anódica están influenciadas por las condiciones de electrólisis, por el pre y el post-tratamiento al anodizado y a la naturaleza del metal.

Con relación a la capa anódica obtenida en medio sulfúrico, se pueden indicar los siguientes puntos principales.

b.1) Aspecto

El anodizado en medio sulfúrico de un aluminio de alta pureza da como resultados capas transparentes. Si la superficie es reflectante (después de un pulido o abrillantado), aquella permanece incluso después de un anodizado prolongado.

b.2) Porosidad

Podemos distinguir tres categorías de porosidad que se pueden presentar durante el proceso de anodizado:

Porosidad primaria, esta se puede llegar a presentar cuando no llegamos a mantener adecuadamente la temperatura del baño de anodizado.

Porosidad secundaria, esta se manifiesta en la parte exterior de la película, debido al efecto de disolución del baño anódico y se aprovecha en las técnicas de coloreado e impregnación.

Porosidad de estructura, puede aparecer en el anodizado de aleaciones, debido a la presencia de constituyentes que se disuelven en el baño.

b.3) Dureza

La dureza de una capa varía en sentido inverso a su porosidad. La capa anódica cuando se forma sobre un metal, donde su dureza propia es pequeña, puede perderse por descohesión, debido mas a la porosidad que a la falta de dureza propiamente dicha. Además la dureza varía considerablemente de la parte exterior, donde es pequeña, hacia el plano de contacto metal-óxido, donde se hace cada vez mas elevada. Se obtienen capas mas duras disminuyendo la porosidad.

b.4) Flexibilidad

Cuanto más dura es una capa menor es su flexibilidad y, por tanto, menos puede soportar sin agrietamientos las deformaciones de material soporte. Se obtienen capas flexibles aumentando la porosidad.

b.5) Resistencia eléctrica

La alúmina es un aislante eléctrico propiamente dicho. Este aislamiento depende directamente de la porosidad; además, es muy afectado por la presencia de impurezas en el metal y se caracteriza por la medida de la tensión de ruptura.

b.6) Resistencia química

La capa anódica formada en medio sulfúrico protege eficazmente el metal base contra la acción de numerosos medios agresivos. No obstante, la capa de óxido posee, debido a la porosidad, un poder absorbente elevado que se hará desaparecer mediante el colmatado.

2.1.4 Anodizado en medio crómico

a) Procedimiento Bengough y Stuart

Se utiliza mucho en la industria aeronáutica para el tratamiento de piezas en las que la forma puede producir retenciones del electrólito. Las soluciones de electrólito quedan retenidas por capilaridad, y los lavados, aunque sean abundantes, no pueden eliminarlas totalmente. Si el electrólito retenido es, por ejemplo, ácido sulfúrico pueden existir posteriores peligros de corrosión. Por el contrario, si se trata del ácido crómico, este peligro no hay que tenerlo en cuenta.

El electrolito en medio crómico está constituido por un 2 al 5% de anhídrido crómico cristalizado CrO_3 en agua destilada. La temperatura es de 40 ± 2 °C para

piezas laminadas y forjadas, y de 30 °C para piezas moldeadas. La escala de temperatura debe ser regulada y respetada para así mantener el equilibrio normal entre la oxidación y la disolución.

La tensión debe aplicarse según un ciclo especial llamado “ciclo Bengough”, este indica que la densidad es del orden de 0,3 a 0,4 A/dm² a 40 V, pero esta tensión no debe aplicarse desde el principio de la electrólisis, debido a que corre el peligro de una demanda de corriente que el generador no soportaría. El ciclo dura 40 minutos, de los cuales son 10 minutos de aumento progresivo, 20 minutos de mantenimiento a 40 V y 10 minutos de elevación hasta 50 V.

Las regeneraciones se realizan con adiciones de ácido crómico para que la composición de ácido crómico libre permanezca próxima al 3%; cuando el contenido total de ácido crómico llega al 10%, el baño debe sustituirse, total o parcialmente.

Las capas anódicas que se obtienen en medio de ácido crómico son opacas y de color gris. El tono del color gris varía, gris claro para el aluminio puro, al gris muy oscuro para las aleaciones ricas en silicio. Estas capas son menos porosas y más delgadas que las obtenidas en baños sulfúricos; su espesor es por término medio de 2 a 5 μ; por consiguiente son más flexibles, pero mucho menos aptas para un coloreado en tonos oscuros.

Su resistencia química parece ser, con espesor igual, superior a la de las capas obtenidas en medio sulfúrico.

b) Procedimiento crómico con voltaje constante

Estos procedimientos han sido ideados por Buzzard del Bureau of Standards de los Estados Unidos. En estos procedimientos se comprueba que con un contenido de 5 a 10 % de CrO₃, no es necesario utilizar un voltaje creciente según el ciclo de Bengough, sino que un voltaje constante de 40 V permite reducir la duración del tratamiento. El rendimiento de la corriente disminuye con el tiempo, hasta que se obtiene un espesor de la capa anódica en el momento que la velocidad de oxidación iguala la velocidad de disolución.

Estas capas pueden ser coloreadas y colmatadas; son opacas y se parecen al esmalte. Sus características se asemejan a la de las capas anódicas en medio crómico de Bengouhg: buena flexibilidad pero menor resistencia a la abrasión.

c) Procedimiento BF4

Es un anodizado en medio crómico con adición de ácidos bórico y oxálico.

Estas capas tienen un buen aspecto: blanco-gris análogo al esmalte. Pueden colorearse y colmatarse. Pueden servir para tratamientos de protección. El procedimiento igualmente se basa en la utilización de un voltaje constante, según la fórmula “40 °C a 40 V por 40 minutos”.

2.1.5 Anodizado en medio oxálico

La acción de disolución sobre la capa de óxido es pequeña, los procedimientos se utilizan con vistas a obtener revestimientos de alúmina espesos y compactos y por lo tanto muy duros y resistentes.

Las capas obtenidas por corriente continua son de color amarillo paja sobre aluminio puro y las aleaciones aluminio-magnesio, y azulada sobre las aleaciones aluminio-cobre. Si se utiliza corriente alterna, el color puede variar del bronce claro al marrón, según la composición de las aleaciones.

Como el electrolito no es corrosivo se pueden anodizar piezas que tengan juntas, agujeros u otras particularidades.

Las capas anódicas obtenidas por medio oxálico tienen buena resistencia química. Este es un procedimiento más costoso que el proceso de anodizado en medio sulfúrico, tanto en lo que concierne a los productos químicos como en lo que refiere al consumo de corriente.

2.1.6 Limpieza química y tratamientos previos al anodizado

Antes de aplicar el proceso de anodizado es necesario limpiar las piezas. Existen diferentes técnicas para realizar la limpieza como lo es el pulido, desengrasado, lavado con disolventes, limpieza en baños de disoluciones ácidas o alcalinas, desengrasado electrolítico, etc. la limpieza va seguida por lo general de un lavado y de un secado.

a) Limpieza física

Se realiza manualmente frotando la pieza con un solvente, para así remover la grasa y la suciedad adherida a la superficie del metal.

b) Desengrase

Para la fijación correcta de un recubrimiento en un metal es necesario que la superficie del mismo este totalmente limpia de toda suciedad, grasa, aceite, óxidos, etc.

El proceso de desengrase dependerá del estado de la pieza, para las piezas mecanizadas y ligeramente engrasadas, con un simple desengrase alcalino o con tricloroetileno puede ser suficiente.

Para efectuar la operación de desengrase existen tres tipos de agentes:

b.1) Hidrocarburos clorados

Los más utilizados son el tricloroetano, tricloroetileno y el percloroetileno, dada su sencilla utilización y el perfecto desengrase que se consigue con ellos.

La técnica de desengrase se puede hacer por inmersión en líquido o en vapor por proyección de chorro de disolvente sobre la pieza. El desengrase en disolvente líquido frío o caliente se utiliza poco, dado que el disolvente se va ensuciando con la grasa y el aceite eliminados. El desengrase en vapor es mucho más utilizado. La

pieza fría condensa el vapor el cual arrastra la grasa y el aceite. Al estar en fase de vapor el disolvente siempre esta limpio y por lo tanto el desengrase es mejor.

b.2) Soluciones alcalinas

Los detergentes utilizados son mezclas alcalinas fácilmente hidrolizables, tales como soda cáustica, carbonato sódico, fosfato sódico, silicato y metasilicato sódico con adición de un agente tensoactivo que disminuya la tensión superficial. El desengrase se realiza siempre en caliente.

Normalmente el desengrase se realiza en tanques de inmersión provistos de dispositivo de calefacción.

b.3) Desengrase con emulsiones

Las emulsiones son dispersiones finas homogéneas más o menos estables, de dos a más componentes, que no se diluyen o reaccionan químicamente entre ellos.

Los componentes básicos son, un disolvente de grasas, un jabón o humectante potente y uno o más agentes orgánicos de función específica.

b.4) Decapado químico

Consiste en la eliminación de los óxidos de la superficie del metal base mediante su disolución química o electroquímica. El decapado químico, es el más usado por su bajo costo, se realiza por medio de ácidos. Los más empleados son el sulfúrico, el clorhídrico o el fosfórico, aunque en algunos casos también se emplean mezclas y diferentes proporciones de ácido nítrico, el fluorhídrico, crómico y fluoruro sódico.

c) Lavado

Después de los procesos de limpieza como también del proceso de anodizado es necesario hacer pasar a las piezas por medio de tanques de lavado, con el fin de eliminar los residuos restantes de cada proceso precedente. Estos tanques contienen simplemente agua (si se requiere desmineralizada, aunque no es necesario) a temperatura ambiente.

2.1.7 Requerimientos posteriores al anodizado

a) Sellado

La capa anódica del aluminio anodizado debe ser sometida a un tratamiento final de eliminación de su propiedad absorbente, que garantice la estabilidad química de la capa frente a ciertos medios, al igual que la estabilidad del color frente a la luz. Esta etapa final es la operación de sellado, mediante la cual ya sea por absorción, reacción química u otro mecanismo, se aumenta la resistencia a la mancha y a la corrosión de dicha capa.

a.1) Sellado a agua hirviendo

Este es el tipo de sellado mas utilizado. El agua utilizada debe ser desmineralizada con una resistividad comprendida entre 100 y 200000 ohmios. La consecución de la calidad del sellado implica que el agua este en continua regeneración. La temperatura del agua para el sellado debe mantenerse entre 97 a 100°C.

La duración del sellado en la práctica, generalmente, debe ser casi igual a la duración del anodizado, ya que un sellado muy largo tiende a crear una capa superficial blanda, muy soluble en los ácidos y que tiene como consecuencia el fenómeno llamado “pulverizado” (distinto de la pulverulencia en el anodizado).

a.2) Sellado al vapor

Es un procedimiento que da excelentes resultados que se pueden apreciar por las pruebas de pérdida de propiedades absorbentes, así como por las medidas de resistencia a las soluciones de ácidos, en las cuales se muestra extremadamente favorable.

No parece ser que la intervención de la presión tenga un papel importante a pesar de que los mejores resultados se hayan obtenido creando una pequeña presión de vapor en los tanques de sellado.

La duración de este tipo de sellado está en el mismo orden que en el sellado a agua hirviendo.

a.3) Sellado al agua con adiciones

Se han propuesto y son frecuentemente utilizados numerosos productos añadidos al agua de sellado, tales como:

- Sellado al sulfato de níquel
- Sellado con bicromato de sodio y potasio.
- Sellado con acetatos de níquel y cobalto.

2.2 Tratamientos mecánicos de superficie y acabados del aluminio y sus aleaciones

La apariencia, así como la utilidad práctica de un producto fabricado en aluminio, depende en gran parte de los tratamientos de la superficie que preceden al acabado. La proporción en que los procedimientos de una u otra clase se utilizan depende de varios factores: estado inicial de la superficie, del método de fabricación del artículo en cuestión y del acabado requerido.

2.2.1 Tratamientos Mecánicos de superficie

Los tratamientos mecánicos pueden ser utilizados para diversos fines pueden clasificarse como sigue:

1) Tratamiento mecánico para corregir las rayas, poros y otros defectos de la superficie, y conseguir que ésta quede lisa y brillante. Este se consigue mediante procesos de rectificado y pulimentado que corrige las rugosidades de las superficies ásperas, bien por la acción de desgaste del abrasivo o recurriendo a un flujo final del metal que establece una ligera capa amorfa sobre la superficie. Con las piezas de reducidas dimensiones este proceso puede realizarse económicamente sin más que tratar gran número de piezas en los barriles de pulimentado.

Las superficies pulimentadas mecánicamente, o no se protegen, o se les laca o se anodizan para mejorar su resistencia a la corrosión

Tratamiento mecánico con objeto de preparar fundiciones bastas de metal ligero, para proceso de pulimentado, anodizado, acabados orgánicos, etc. Para este fin puede utilizarse el chorro de arena o granalla, y se obtiene una superficie desbastada, limpia, dispuesta para recibir aplicaciones pintura y metalizaciones, que se adherirán perfectamente a estas superficies así tratadas. El chorro de arena puede también utilizarse para conseguir superficies de alto poder reflectante, o como un proceso preliminar al gratado. Con el chorro de arena se consigue una superficie químicamente limpia y no es preciso realizar una posterior limpieza antes de aplicar un acabado orgánico, siempre que se tenga cuidado en no tocarla con los dedos y que no presente ninguna mancha o pigmento.

2) Tratamientos mecánicos, tales como el estirado, forjado, laminado, pulido a espejo, etc., pueden dar lugar a efectos sobre el metal que, posteriormente, pueden ser laqueados o anodizado, o bien, pintados o esmaltados, ya sea en su totalidad, o en parte, de acuerdo con el acabado que se desee.

Las operaciones mecánicas hoy en día se realizan, escalonadas en sus diversas etapas, pueden ser fácilmente normalizadas, y por lo mismo, ser estudiadas por separado

Pulido

Este proceso tiene como objetivo eliminar trazas de esmeril y conseguir una superficie suave y lustrosa. Ninguna de las demás operaciones de la pulimentación del aluminio, depende tanto de la habilidad del operario como ésta del pulido. La trama del material textil, su composición, la velocidad de la rueda y la presión aplicada, tienen todas la mayor importancia y deben adecuarse siempre a cada trabajo. Muchas piezas forjadas y planchas que no precisan desbaste o frotamiento a base de grasa, deben ser gratadas, como fase preparatoria para el pulimento.

Las ruedas de pulido pueden fabricarse con discos de tela sueltos o cosidos, con un total, generalmente, de 12 a 30 discos que van creciendo en espiral desde el centro hasta cubrir toda la circunferencia de la rueda. La trama de los paños varía de 64 por 68 hasta 84 por 92, consiguiendo un gratado más fuerte cuanto más alta sea la trama. La potencia del gratado puede graduarse intercalando discos separadores de 3 pulgadas entre los grandes que forman la rueda. Cuanto mayor número de discos separadores que se coloquen por unidad de anchura, más suave resultará el gratado. También pueden utilizarse separadores de madera o de papel.

Se utilizan ruedas, generalmente, que giran de 2000 a 2600 metros por minuto. Al pulir el aluminio debe tenerse un gran cuidado de las partículas de metal no se introduzcan en el interior de las ruedas, ya que esto podría ser causa de que penetrasen en la superficie. También debe evitarse la penetración en el metal de las partículas abrasivas, sobre todo en aquellos casos en que la pieza haya de ser sometida a un proceso de electropulimentado o a un acabado de coloreado anódico.

Cuando las piezas hayan de ser anodizadas, es importante evitar el uso de composiciones que tengan óxido de hierro, ya que bastaría la más ligera traza de hierro para que el acabado anódico apareciera con manchas.

Tiene importancia sobre todo el proceso final del pulimento, el tamaño del grano abrasivo utilizado. Si es demasiado grande tiende a seccionar las granulaciones más que a reducirlas y resultaría un trabajo con irregularidades.

Conviene recordar que todo aumento en velocidad de la rueda, aumenta la potencia efectiva del pulido. Un pulido fuerte más bien corta en vez de igualar la superficie del metal, y un pulido o frotamiento suave, es decir, a reducida velocidad, es más necesario para un aluminio revenido que para un metal de gran dureza.

Es importante tener en cuenta la porosidad cuando se pulimentan piezas fundidas. Es fundamentalmente una esmerada rectificación para evitar que se rellenen los poros durante el pulido, y la operación debe realizarse en ambas direcciones.

Debe tenerse también cuidado especial cuando se trabajan superficies para reflectores que hayan de ser electropulidas. Si hay penetración de materiales en la superficie durante el pulido se traducirán en anormalidades durante el proceso de electropulimentado, y por otra parte, son esenciales una velocidad reducida de la rueda y una composición adecuada del material pulido.

También debe prestarse mucha atención al rectificado de las piezas de aluminio de gran pureza que constituyen las pantallas de los reflectores.

Después del pulido, las piezas ordinarias se someten a un proceso de limpieza partiendo de compuestos orgánicos desengrasantes, tales como el tricloroetileno, y en cambio, las placas que han de constituir la superficie reflectante de las pantallas de los reflectores se tratan con una solución de hidróxido de sodio, para disolver o arrastrar las pequeñas partículas, antes de proceder al repasado. Para realizar este tratamiento, las piezas se sumergen durante un tiempo de 30 a 40 segundos, en una solución de hidróxido de sodio a una temperatura de 50 a 60 ° C. También puede utilizarse el ácido crómico o el ácido sulfúrico en frío.

Repasado

El repasado en pulidora es la última operación después del pulido, y su objeto no es otro que conseguir el color completo y el máximo poder reflectante del metal. En esta operación no hay desprendimiento del metal.

Una muselina blanda (de 64 por 68 de trama) o una franela dispuesta en ruedas que giren de 2000 a 2300 m/min es el procedimiento que se utiliza. La composición puede ser de cal de Viena o productos análogos. Este proceso de coloreamiento ha de utilizarse para todas aquellas superficies para las que desee un acabado espejo.

Muchas de las operaciones del pulimento se juntan entre sí y por otra parte de su terminología en el terreno práctico, resulta con frecuencia ambigua. Por ello, las instrucciones que se dan deben considerarse como una guía elemental ya que el número y clase de operaciones deberá ser determinada para cada pieza o producto y dependerá de su forma y dureza, así como el procedimiento de fabricación, naturaleza de la superficie y acabado que se desee. En la tabla 2.2 se marca todo el proceso de tratamientos por ruedas o muelas, en algunas de las más típicas aplicaciones de pulimentado.

Tabla N° 2.2 Secuencias típicas del pulimentado

MATERIAL	ORDEN DE OPERACIONES
Fundición de arena	Desbastado previo Desbastado Afinado Pulido Repasado (Desbastado)*
Fundición por gravedad	- Afinado**
Piezas fundidas a presión	Pulido Repasado Afinado** Afinado** Pulido - Repasado
Planchas productos forjados	Pulido Repasado
Forjados, tubos.	Pulido Repasado
Extrusiones	Pulido Repasado
Piezas de fabricación automática	- Pulido en tambor
Pequeñas piezas de toda clase	- Cubas de flotación y bruñido

* Pueden omitirse las operaciones que figuran entre paréntesis.

** Si se marcan dos operaciones de afinado la primera se realizará con una rueda de trapos pegados con el esmeril de 100 mallas, y la segunda con una rueda de fieltro, con esmeril de 150 mallas.

Poder reflectante

El poder reflectante del aluminio pulimentado mecánicamente es muy elevado comparado con la mayoría de los demás metales y normalmente aumenta la pureza del metal.

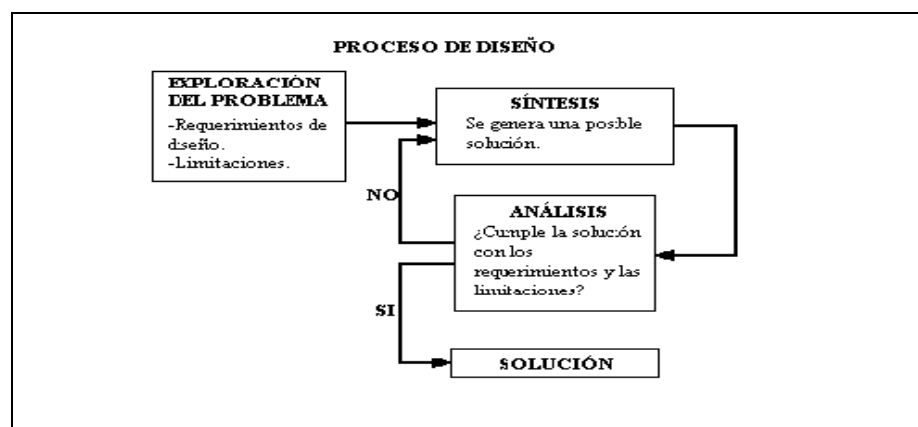
2.3. Metodología del diseño

2.3.1 Introducción

“El **diseño** es el proceso mediante el cual transformamos recursos (materiales, humanos, etc.) en máquinas, productos o sistemas, con la finalidad de satisfacer una necesidad”¹.

Como puede deducirse de la definición, el diseño parte de una necesidad o problema que debe ser resuelto, y la mayoría de las veces son múltiples las soluciones, pero deben analizarse todas, de manera de elegir la más adecuada a la situación planteada, y esto puede requerir un proceso iterativo en el cual se idea algo y se compara con las limitaciones y requerimientos impuestos por el problema, así como con las soluciones anteriores (aprovechando la información que cada una de ellas ha proporcionado), para decidir cual es el diseño que da la mejor solución al caso en estudio. Pero la mejor forma de representar este proceso es mediante un esquema, como el que muestra la Figura N° 2.1.

Figura N° 2.1 Proceso de Diseño



Fuente: MILANI, Rodolfo [19].

Pero es fundamental en este proceso el saber tomar decisiones ya que siempre existirán múltiples soluciones y en cada caso se debe elegir la más

¹ Milani Rodolfo. Diseño para nuestra realidad. [19]

adecuada al problema en estudio, tomando en cuenta todos los factores involucrados en él, así como la forma en como esta solución aprovechará o transformará los recursos disponibles, lo cual se debe hacer de manera óptima.

2.3.2 Proceso de diseño

Anteriormente se expuso de manera muy general el proceso de diseño, a continuación se explicará este proceso de manera más detallada cada una de sus etapas o fases.

Establecimiento de una necesidad: En esta fase se busca resumir en un enunciado cual es la necesidad existente y que se quiere resolver. Al realizar el enunciado se tiene que evitar el relacionar la necesidad con un aparato o sistema en particular, porque esto limitaría las posibles soluciones. Según Otman Tablante en esta etapa se debe identificar los estados de entrada y salida:

- Estudio de usuarios.
- Estudio de tecnologías.
- Estudio Ergonómico.
- Elaboración de requisitos de uso.

Aceptación del problema: Llegado a este punto, luego de establecer la necesidad se debe aceptar todas las responsabilidades que acarrea asumir el problema y determinar si se tiene el tiempo, la preparación, la habilidad, el interés y la decisión de llevarlo hasta el final; aquí es cuando se debe decidir si el proceso debe continuar o no.

Descripción: En esta etapa se busca definir con claridad el problema y a donde se quiere llegar y las maneras como se quiere realizarlo, para que se puedan buscar soluciones en una forma efectiva y directa.

Concepción del sistema: En base a la descripción del problema en donde se han especificado claramente las limitaciones y características que el sistema a diseñar debe tener se procede a la concepción del mismo, es decir se generan la mayor cantidad posible de alternativas de solución para el sistema. Si bien esta es la fase de mayor libertad creativa, siempre debe tenerse en mente la factibilidad de

las ideas que se generen, para luego decidirse por aquella que comparada con la descripción tiene más ventajas. Al final de esta fase deben existir dibujos, esquemas y modelos tridimensionales del sistema propuesto para así tener una idea cierta de que resuelven los problemas espaciales o funcionales.

Estudio de factibilidad: en esta parte del proceso se debe construir y ensayar un prototipo funcional del sistema propuesto, con todo lo que en gastos esto implica, ya que en esta etapa están involucrados un mayor número de personas y debe también diseñarse los procesos para su fabricación en serie, es en esta fase donde debe tomarse la decisión de seguir o no con el diseño o simplemente aplazarlo hasta un momento más propicio. En el estudio de factibilidad deberán considerarse los siguientes aspectos:

- **Factibilidad Técnica:** El sistema propuesto no debe violar ninguna de las leyes de la ciencia, se debe verificar que no hay incompatibilidad entre sus componentes, también debe verse si estos componentes existen o deben inventarse.
- **Factibilidad Económica:** Los componentes del sistema pueden ser fabricados de manera competitiva, se evaluará si las materias primas necesarias se consiguen con facilidad y sin peligro de suspensión del suministro, por otra parte se debe ver si las características, el precio y costos del sistema lo hacen competitivo comparado con otros sistemas similares existentes en el mercado.

Al final del estudio de factibilidad es cuando se decide realmente si vale la pena continuar con el diseño del sistema, si la respuesta llegara a ser negativa se tiene que especificar claramente las causas de por qué no es factible, ya que es posible que en un futuro se superen los obstáculos tecnológicos o se produzcan cambios en la realidad económica del mercado, permitiendo que pueda llevarse a cabo.

Formación completa del sistema: Ya se prosigue con el diseño luego del estudio de factibilidad del sistema, aquí se debe definir mejor la relación existente entre todos los subsistemas que lo conforman, y construirse modelos simplificados en materiales baratos que ayuden a resolver algún problema

existente, para así detectar cualquier posible falla que pueda detener el diseño y verificar el buen funcionamiento de las partes entre sí.

Diseño de detalles y procesos de fabricación: En esta fase el diseño es coordinado por una persona o grupo, que es el que tiene la visión de todo el sistema que se está diseñando, mientras cada subsistema es realizado por el grupo de especialistas adecuado. Claro está que los participantes en este nivel del diseño son especialistas y tienen otras características que las de los diseñadores que realizan la concepción del sistema. Ya a esta altura del proceso la libertad de diseño es mucho menor, pero el nivel de conocimiento necesario es mayor, aquí no es suficiente saber que lo diseñado se puede construir, sino que se debe decidir el cómo se hará, y como una sola persona no tiene todo el conocimiento que esto requiere se trabaja en equipos multidisciplinario de diseño.

Al terminar esta fase se requerirá que estén dibujados y especificados todos los elementos del sistema, especificando materiales y tolerancias. También se debe especificar detalladamente el proceso de fabricación de cada elemento y ver que subsistemas pueden realizarse con elementos ya existentes en el mercado, de modo de ahorrar tiempo y dinero.

2.3.3 Métodos de Diseño

Existen muchos métodos para ayudar a aumentar la cantidad de ideas que dan solución a un problema planteado, al aplicar el proceso de diseño de la forma que se describió anteriormente y empleando uno o varios de los métodos que se explicarán en breve se pueden generar nuevas ideas que permiten llegar a soluciones que tal vez ni se tenían en mente al formular el problema.

a) Método de la Tormenta de Ideas (brainstorming)

Este método fue propuesto por Alex Osborn y para llevarlo a cabo se requiere formar un grupo de trabajo de 4 a 12 personas para trabajar sobre el problema planteado, el grupo tiene que generar todas las ideas posibles que llevan a la solución del problema, para luego discutir las y evaluarlas, repitiendo el proceso las veces que sea necesario para llegar a una solución satisfactoria de acuerdo a las restricciones y limitaciones impuestas al plantear el problema.

Existe otra versión de la tormenta de ideas cuyo autor es Tablante, apoyándose en el lenguaje visual y para ser realizado de manera individual. Consiste en formular el problema y establecer los objetivos de diseño, en base a esto dibujar figuras concepto de posibles soluciones, en la mayor cantidad y en el menor tiempo posible (unos 12 dibujos a ser realizados en un máximo de 12 minutos) evitando así prejuizar las ideas y darle rienda suelta a la creatividad.

b) Método del Análisis Morfológico

El método del análisis morfológico consiste en elegir los parámetros y criterios más importantes del problema que se quiere resolver, para luego buscar la mayor cantidad de alternativas o soluciones que satisfacen a cada parámetro. Los parámetros o criterios no son más que las funciones o cualidades que debe cumplir el sistema que se busca diseñar y que ofrecerá una solución al problema en estudio.

Una vez obtenidas las alternativas de diseño y escogidos los criterios a evaluar se realiza un arreglo bidimensional (denominado matriz morfológica), luego se define que tan importante es para el funcionamiento del sistema cada criterio, dándole una escala de valores (jerarquía), por ejemplo, si es muy importante se le asigna un valor de 5 y si es poco importante un valor de 1. Después para evaluar si cada alternativa cumple o no con el criterio en estudio, se asigna una puntuación de 10 si cumple completamente con el parámetro y 1 si no lo cumple en absoluto, así que dependiendo de esto se le dará un puntaje a cada alternativa. A continuación, se debe multiplicar para cada alternativa, el valor de la jerarquía de cada criterio por el puntaje de qué tanto cumple ésta con el criterio evaluado, ya una vez obtenido un valor para la alternativa evaluada de cada criterio, se procede a hacer la suma de todos estos valores llegando a un total para cada una de las alternativas. La alternativa que obtenga el mayor puntaje es la que mejor cumple con los parámetros requeridos por el sistema, que es la solución al problema planteado.

Este método es un excelente complemento del método de la tormenta de ideas, ya que permite escoger las mejores ideas de una manera objetiva en base a las limitaciones que impone el problema.

c) Evaluación y selección de conceptos solución

Durante esta etapa se evalúan los conceptos solución basándose en las especificaciones o requisitos de uso y se elige el que mejor se ajusta a tales requerimientos después de haber estudiado minuciosamente cada solución propuesta. Este procedimiento es para todos los sistemas a diseñar y luego se exponen todas las soluciones propuestas de una manera más detallada.

2.4 Técnicas de análisis del proceso de producción. Diagrama de bloques. Diagrama de flujo

La utilidad del análisis del proceso de producción es básicamente que cumple dos objetivos: facilitar la distribución de la planta aprovechando el espacio disponible en forma optima, lo cual, a su vez, optimiza la operación de la planta mejorando los tiempos y movimientos de los hombres y las máquinas.


2.4.1 Diagrama de Bloques


Consiste que cada operación unitaria ejercida sobre la materia prima se encierra en un rectángulo; cada rectángulo o bloque se une con el anterior y el posterior por flechas que indican tanto la secuencia de las operaciones como la dirección del flujo. En los rectángulos se anota la operación unitaria efectuada sobre el material y se puede completar la información con tiempos y temperaturas.


2.4.2. Diagrama de flujo


Aunque el diagrama de bloques también es un diagrama de flujo, no posee tantos detalles e información como el diagrama de flujo del proceso, donde se usa simbología internacionalmente aceptada para representar las operaciones efectuadas.


Dicha simbología es la siguiente:


 Operación: significa que se efectúa un cambio o transformación en algún componente del producto, ya sea por medios físicos, mecánicos o químicos, o la combinación de cualquiera de los tres.

 Transporte: es la acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento en determinada operación o hacia algún punto de almacenamiento o demora.

 Demora: se presenta generalmente cuando hay cuellos de botella en el proceso y hay que esperar turno para efectuar la actividad correspondiente.

 Almacenamiento: tanto de materia prima, de producto en proceso o de producto terminado.

 Inspección: es la acción de controlar que se efectúe correctamente una operación, un transporte o verificar la calidad del producto.

 Operación combinada: ocurre cuando se efectúan simultáneamente dos de las acciones mencionadas.

2.5 Distribución de planta

2.5.1.-Objetivos y principios básicos de la distribución de la planta

Es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluya tantos los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.

Una buena distribución de planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores.

Los objetivos y principio básicos de una distribución de planta son los siguientes:

1. Integración total. Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.
2. Mínima distancia de recorrido. Al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales, trazando el mejor flujo.
3. Utilización del espacio cúbico. Aunque el espacio es de tres dimensiones, pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta acción es muy útil cuando se tienen espacios reducidos y su utilización debe ser máxima.
4. Seguridad y bienestar para el trabajador. Éste debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.
5. Flexibilidad. Se debe obtener una distribución fácilmente reajutable a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario.

2.5.2- Tipos de proceso y sus características

Cualquiera que sea la manera en que esté hecha una distribución de planta, afecta el manejo de los materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados. La distribución está determinada en gran medida por:

1. El tipo de producto (ya sea un bien o un servicio, el diseño del producto u los estándares de calidad).
2. El tipo de proceso productivo (tecnología empleada y materiales que se requieren).
3. El volumen de producción (tipo continuo y alto volumen producido o intermitente y bajo volumen de producción).

Existen tres tipos básicos de distribución:

- a) Distribución por proceso. Agrupa a las personas y al equipo que realizan funciones similares y hacen trabajos rutinarios en bajos volúmenes de producción.
- b) Distribución por producto. Agrupa a los trabajadores y al equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto del usuario.

2.5.3.- Métodos de distribución. Diagrama de recorrido y SLP

Una buena distribución reduce al mínimo posible los costos no productivos, como el manejo de materiales y el almacenamiento, mientras que permite aprovechar al máximo la eficiencia de los trabajadores.

Los métodos para realizar la distribución por proceso o funcional son el diagrama de recorrido y el SLP (Sistematic Layout Planing).

Método del diagrama de recorrido. Es un procedimiento de prueba y error que busca reducir al mínimo posible los flujos no adyacentes colocando en posición central a los departamentos más activos. Se desarrolla un diagrama de recorrido donde se señala la ruta que sigue el producto durante el proceso que se realizará desde que inicia todo su recorrido hasta la culminación del proceso y luego su embalaje, a este proceso se puede añadir una hoja de procesos la cual indica cual es el orden cronológico del proceso paso a paso.

El método SLP. Para que el método SLP tenga éxito, se requieren una serie de datos sugeridos por Richard Muther. Los primeros datos que se deben conocer

son P, Q, R, S y T, que indican: P, producto, contadas sus especificaciones, las cuales declaran desde el principio de la evaluación del proyecto. Q (quantity), cantidad de producto que se desea elaborar, lo cual se determina tanto en el estudio de mercado como en la determinación del tamaño de la planta. R (route), secuencia que sigue la materia prima dentro del proceso de producción. S (supplies), insumos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo. T, tiempo que es la programación de la producción.

Después de esto se necesita tomar en cuenta el flujo de materiales y la relación entre las actividades que se tienen en las operaciones del proceso de producción. Con estos datos ya es posible aplicar el método SLP. Una vez que se ha desarrollado el método se verifica el espacio requerido y se le compara con el espacio disponible. Para proyectar el espacio requerido, es necesario calcular las áreas para todas las actividades de la planta. De aquí de acuerdo con la cantidad de máquinas y el volumen que ocupa cada una, se realiza un primer intento de distribución. Con estos se efectúan los ajustes necesarios para llegar a determinar la distribución definitiva de las instalaciones de la planta. Ésta es la planeación del SLP.

El método SLP utiliza una técnica poco cuantitativa al proponer distribuciones con la base en la conveniencia de cercanía entre los departamentos. Emplea la simbología internacional dada en la figura 2.2.

Letra	Orden de proximidad
A	<u>A</u> bsolutamente necesaria
E	<u>E</u> specialmente Importante
I	<u>I</u> mportante
O	<u>O</u> rdinaria o normal
U	<u>U</u> nimportantan(sin importancia)
X	<u>X</u> ndeseable

Figura N° 2.2 Simbología del método SLP.

2.5.4.- Determinación de los requerimientos de Espacio (Cálculos de las áreas de la planta. Bases de cálculo)

Este paso consiste en la determinar el espacio requerido para cada departamento. Para esto se toma en cuenta el espacio necesario para cada maquinaria, pasillos e inventario en proceso. Es necesario elaborar hojas de requerimientos de cada departamento y determinar los requerimientos del personal.

A continuación se mencionan las principales áreas que normalmente existen en una empresa pero específicamente las áreas de interés para nuestro diseño de planta y cual sería su base de cálculo.

1.- Recepción de materiales y embarques del producto. El área asignado para esta actividad depende de los siguientes factores:

- a) Volumen de maniobra y frecuencia de recepción (o embarque).
- b) Tipo de material (varían mucho entre las necesidades para líquidos, metales o material voluminoso).
- c) Forma de recepción de embarque. Debe precisarse si se recibirá (o embarcará) haciendo un pesaje en la empresa, si el pesaje es externo, si se encontraran unidades, medirán volúmenes, etc.

2.- Almacenes. Es el área destinada para colocar la materia prima y los materiales e insumos.

3.- Departamentos de producción. El área que ocupe este departamento dependerá del número y las dimensiones de las máquinas que se empleen; del número de trabajadores; de la intensidad del tráfico de manejo y materiales y de obedecer las normas de seguridad e higiene en lo referente a los espacios libres para maniobra y pasos de obreros.

4.-Área de tratamiento y disposición de desechos contaminantes. Una enorme cantidad de procesos productivos genera desechos y algunos de ellos son contaminantes. Cuando se detecte que el proceso productivo genera algún tipo de deshecho o subproducto contaminante, deberá preverse

un área suficiente para su tratamiento o disposición de manera que cumpla con cierta reglamentación para el control y manejo de este tipo de deshecho.

2.5.5.- Verificación del espacio disponible

El espacio disponible es el área con que se cuentan para ubicar todas las áreas utilizadas para los diferentes procesos de operaciones, los departamentos y almacenes. En el paso anterior se determina el espacio total requerido de la planta, y en este paso se determina si es posible diseñar el nuevo layout (distribución) con el espacio disponible.

2.5.6.- Distribución de Planta al Detalle

A partir de la distribución de conjunto seleccionada se desarrolla la Distribución de planta al detalle, en donde se representa la ubicación o arreglo de las máquinas y equipos dentro de cada departamento. Para la realización de la distribución al detalle se deben considerar ciertos factores de seguridad industrial que son de carácter obligatorio para la adecuada operación de la planta, tales como espacio entre máquinas, espacio entre máquinas y hombres, espacio para los trabajadores, espacio para pasillos, vías de escape, etc. Finalmente es importante destacar la importancia de conocer y manejar todos los principios, criterios y conceptos fundamentales en el diseño de la Distribución de Planta, que permitan la concepción de un lugar de trabajo adecuado para todos sus usuarios, apto para el desarrollo de un proceso productivo eficiente y sujeto a las posibles modificaciones y cambios.

CAPÍTULO III
ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Descripción del producto

Con la instalación de una planta de anodizado de aluminio se obtendrá un mejor acabado superficial de las partes y piezas producidas por la empresa, mejorando su aspecto y durabilidad.

El empleo del aluminio y sus aleaciones ha adquirido en los últimos treinta años un enorme desarrollo que lo ha situado rápidamente entre los metales de interés mundial más destacado. Es así como la protección y decoración de este metal ligero, ha tomado también una importancia de primer orden.

A pesar de que el aluminio y sus aleaciones poseen cierta propiedad intrínseca de resistencia a la corrosión atmosférica debido a la capa de óxido protectora que se forma al entrar en contacto con el oxígeno, las características de inestabilidad fisicoquímica de dicha capa no son lo suficientemente fuertes como para resistir la humedad, el humo de las fábricas, el salitre marino, etc, deteriorándose y perdiendo las propiedades mecánicas como a su vez la apariencia estética del aluminio. Por consecuencia se genera una orientación de los problemas de protección y decoración de estos materiales para la obtención de una capa de óxido anódica en forma electrolítica.

De acuerdo con las normas oficiales del país (COVENIN) respecto al *Aluminio y sus aleaciones. Recubrimientos anódicos de productos de aluminio para construcción civil*, se entiende por oxidación anódica o proceso de anodizado, como el tratamiento electrolítico para producir capas de óxido de mayor espesor, uniformidad, estabilidad y diferente estructura de las que se forman espontáneamente en la superficie del aluminio. Esta norma clasifica a las capas de óxido de aluminio anodizado en cuatro clases según su espesor en micras, de tal forma que el número que indica la clase corresponderá al espesor mínimo admitido para que pueda considerarse (ver tabla 3.1).

Tabla N° 3.1 Clasificación y designación de la capa de óxido de aluminio anodizado

Agresividad del medio	Aplicación	Micras de la capa de óxido	Clase
Suave	Interiores sin desgaste con limpieza frecuente	5	5
Moderada	Exteriores en atmósfera rural, atmósfera marina o industrial con limpieza frecuente; sin desgaste en todos los casos	12	12
Severa	Interiores con rozamiento; atmósfera rural con desgaste, atmósfera marina o industrial sin desgaste	18	18
Muy Severa	Atmósfera marina o industrial simultáneamente o cualquiera de ellas con desgaste	25	25

La electrolisis se lleva a cabo entre un ánodo (perfiles de aluminio) y un cátodo en una solución electrolítica (normalmente ácida), haciendo pasar la corriente eléctrica directa controlando densidad de corriente, voltaje, temperatura, concentraciones y tiempo de permanencia para obtener un espesor de capa deseado. Estos parámetros dependen del tipo de anodizado que se desea aplicar y de la película anódica que se requiera.

La duración del proceso de anodizado depende del espesor que se quiera obtener, para tratamientos de tipo decorativos (Suave - Moderada) se necesitan entre 10 a 20 minutos, para tratamientos de protección contra la intemperie en condiciones medias el proceso debe durar entre 30 a 40 minutos y para tratamientos de protección

contra la intemperie severa y resistencia al desgaste se requieren de unos 40 a 60 minutos.

El recubrimiento anódico depende de la naturaleza del medio electrolítico. Entre los medios electrolíticos más importantes están el anodizado en medio crómico con vistas a la protección de los elementos de aleación aluminio – cobre, el anodizado en medio oxálico con el fin de resolver problemas eléctricos y el anodizado en medio sulfúrico es el proceso más efectivo para tratamientos decorativos

El proceso de anodizado es un tratamiento que protege al 100% la superficie expuesta a la corrosión aumentando así la durabilidad y la vida útil del material, así como también mejora la dureza superficial y la apariencia del mismo sin ocultar el carácter metálico del aluminio.

3.2 Demanda

Para estudiar la demanda se utilizaron fuentes tales como estadísticas institucionales, revistas, informes, datos de la propia empresa y otros. Estas indican la tendencia del consumo de aluminio anodizado a lo largo del tiempo y cuales son los factores que influyen en su consumo, pero no arrojan datos sobre las preferencias del consumidor.

Las fuentes arrojaron que la industria de recubrimiento de metales es una parte inseparable del ciclo de producción de toda maquinaria. En el pasado, el volumen del mercado a nivel mundial de acabados superficiales era un mercado estable y con muy pocos cambios, pero al inicio de este milenio se está viendo el rápido crecimiento de las economías asiáticas y latinoamericanas y su consiguiente expansión industrial, con lo que el mercado de recubrimiento de metales ha crecido significativamente en estas zonas, en casi todas las industrias tal es el caso de la industria de la construcción en la cual se le utiliza, en forma de perfiles, para la fabricación de marcos de puertas y ventanas, techos fijos o corredizos, puertas templadas, cielo raso, etc. También se ha visto un crecimiento de este tipo de recubrimientos en las industrias

automovilística, aeronáutica, maquinaria en general, electrónica, informática y telecomunicaciones.

En el caso del anodizado, el incremento viene dado por la creciente utilización del aluminio en varias industrias y muy especialmente en la construcción como antes ya mencionamos, incrementándose en un 5 a 7% anuales.

Los perfiles de aluminio que se utilizan en el área de la construcción ya sean para ventanas o marcos de puertas necesitan un acabado superficial, estos acabados son el anodizado o pintura por electrodeposición, para así mejorar su apariencia y obtener mayor protección. La aplicación del anodizado en Venezuela como acabado superficial es mucho más empleado que la pintura por electrodeposición debido a que el anodizado es más económico. En el anodizado y la pintura por electrodeposición se obtienen buenos acabados, y la duración del acabado es mucho mayor en el que se anodiza que en el que se aplica la pintura por electrodeposición.

El aluminio anodizado se encuentra presente en la realización de diferentes artefactos que normalmente utilizamos a diario como por ejemplo en refrigeradores, secadores, cafeteras, radios, televisores y equipos microondas. También podemos ver este tratamiento del aluminio en mobiliario ya sea de casa u oficina, para estar en contacto bien sea con el exterior o el interior tal es el caso de mesas, camas, sillas etc.

En general, el uso del anodizado es empleado en todas las piezas de aluminio de uso comercial e industrial, para protegerlas de los ataques atmosféricos así como también dar mejor aspecto a la superficie.

Realmente se hace difícil poder definir una cantidad específica de la demanda del anodizado de aluminio que se realiza en Venezuela, ya que este proceso no es muy común en nuestro país por lo cual es de gran dificultad conseguir fuentes estadísticas sobre este proceso. Pero esto no afecta la elaboración de nuestro proyecto porque la demanda que se va a cubrir es la demanda interna de la misma empresa ACASI Machinery-Maquinarias Repovenca. Esta demanda interna está constituida por las piezas de aluminio que se anodizarán para las maquinas que ellos producen.

3.3 Oferta

En Venezuela se encuentran registradas aproximadamente 15 plantas de anodizado de aluminio, ocho de las cuales están ubicadas en el área metropolitana y las restantes en diferentes zonas del país (ver la tabla 3.2). La mitad del mercado nacional, es decir un 50%, es abastecido por dos empresas (Anodal y Salazar & Sánchez) ambas ubicadas en el área de los Teques. Algunas de ellas exportan en poca cantidad para Aruba y Curazao.

Tabla N° 3.2 Empresas anodizadoras de aluminio existentes en el país

Nombre de la Empresa	Localización
Acrilum C.A.	Barquisimeto – Edo. Lara
Aluminios Soublette C.A.	Catia la Mar - Edo. Vargas
Anodizado Larense C.A.	Barquisimeto – Edo. Lara
Anodizados TURUMO	Turumo – Edo. Miranda
Balconova	Caracas – Distrito Capital
Empresas El Morro	Barcelona – Edo. Anzoátegui
Grupo Anodal C.A.	Los Teques – Edo. Miranda
Industrias Hialuvica C.A.	Valencia – Edo. Carabobo
Industrias José	Barcelona – Edo. Anzoátegui
Materiales de Aluminio Flamingo C.A.	Guatire – Edo. Miranda
Oxialfer C.A.	Fila de Mariches – Edo. Miranda
Prefabricados Metálicos García Barreto C.A.	Caracas – Distrito Capital
Proalvalca	Valencia – Edo. Carabobo
Salazar & Sánchez, C.A.	Los Teques – Edo. Miranda
Taller de anodizado ALCA	Valencia – Edo. Carabobo

La mayoría de estas empresas anodizan solo perfiles de aluminio de aproximadamente 6.10 metros para el área de construcción.

La mayoría de estas empresas abastecen su propio mercado de aluminio así como también prestan sus servicios a terceros.

La oferta existente en el mercado es una oferta competitiva o de mercado libre, este tipo de oferta es aquella en la que los productores se encuentran en circunstancias

de libre competencia, donde la participación en el mercado está determinada por la calidad, el precio, ubicación de la empresa y el servicio que se ofrece al consumidor.

3.4 Precios

La determinación de los precios comerciales del producto es un factor muy importante, pues servirá de base para el cálculo de los ingresos probables del proyecto en el futuro. También servirá como base para la comparación entre el precio comercial y el precio probable al que se pudiera vender en el mercado el producto objeto de este estudio.

En este punto se conocieron diferentes precios de productos idénticos y/o similares que en la actualidad satisfacen la demanda y la evolución de los mismos para así tener una referencia válida para comparar los costos unitarios del producto en estudio con la realidad del mercado.

Como la nueva empresa piensa elaborar aluminio anodizado en medio sulfúrico en color natural con fines decorativos y de protección, se investigó el precio de este producto por metro cuadrado.

En el mercado actual se encontró una variedad de precios de anodizado, estos precios dependen de los colores requeridos por el cliente. Se realizó un estudio de precios del anodizado de aluminio en color natural (véase tabla N° 3.3) con el cual se obtuvo que el precio promedio se encuentra alrededor de los 12000 Bs/m². Este valor concuerda con el valor calculado por medio del Índice de precios al consumidor del área metropolitana de Caracas del Banco Central de Venezuela que en febrero del año 1992 se tenía un índice de 8,0876 y para febrero del 2006 el índice es de 527,84196 y el precio del anodizado para el año 1992 era de 200 Bs/m² (Según el trabajo especial de grado: Estudio de factibilidad tecno-económica para la instalación de una planta de anodizado de aluminio) el cual resulta ser de 13050 Bs/m², observando una normal correlación entre la inflación y el precio del mercado.

Tabla N° 3.3 Precios comerciales del anodizado de aluminio en algunas plantas en Venezuela

Nombre de la Planta	Ubicación	Precio Comercial (Bs/m²)
Salazar & Sánchez	Los Teques	10.000
Anodal	Los Teques	11.400
ALCA	Valencia	15.000
Anodizado Larense	Barquisimeto	12.000

3.5 Comercialización

Muchas de las empresas son a la vez productoras y comercializadoras prestando el servicio tanto a mayoristas como a minoristas.

Las empresas anodizadoras brindan generalmente su servicio a terceros, sin necesidad de intermediarios, es decir, que la comercialización se realiza directamente entre empresa y cliente.

Estas empresas se han dado a conocer a sus clientes potenciales a través de:

Anuncios de prensas.

Anuncios en las páginas amarillas del directorio telefónico.

Pancartas y volantes.

Vía Internet.

3.6 Conclusiones del estudio de mercado

La conclusión del estudio de mercado es en esencia el cruce de toda la información recabada, tanto de la demanda como de la oferta.

Podemos observar que el proceso de anodizado de aluminio va en creciente a medida que van pasando los años ya que el crecimiento del uso del aluminio en las

industrias crece continuamente debido a sus grandes beneficios mecánicos y su facilidad de trabajo.

En Venezuela existe un mercado insatisfecho con respecto a esta tecnología ya que los proveedores no están abasteciendo todos los campos del anodizado de aluminio, y que en nuestro caso justifica el establecimiento de la nueva planta de esta tecnología al servicio directo de la empresa, dejando abierto para un futuro el servicio a terceros.

CAPÍTULO IV

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

4.1 Factores que condicionan la capacidad de producción de una planta

Esta es una determinación clave en el diseño de la planta; existen algunos factores que limitan su tamaño. A continuación se analizan los principales motivos para limitar la capacidad instalada de la planta:

a) La capacidad instalada y la demanda

Un primer factor que definitivamente puede limitar la instalación de gran capacidad de la planta productiva, es la demanda. Como se pudo observar en el estudio de mercado el proceso de anodizado como tratamiento del aluminio va en creciente en diferentes ámbitos, no solo en el mercado interno de la empresa sino también en el mercado para terceros, es por esto que el inversionista debe considerar varios aspectos. Primero, que es más fácil para cualquiera de los productores actuales cubrirla que para cualquier productor nuevo. Esto es verdad en cierto sentido, sin embargo, la demanda potencial existe. El consumidor actual o potencial preferirá un nuevo producto siempre que le ofrezca una nueva ventaja.

Otro factor que es muy conveniente analizar es el precio de venta; el consumidor preferirá comprar el producto de menor precio, siempre que la calidad y la cantidad del proceso que se plantea sean al menos igual a la de los que actualmente se ofrecen.

Con todo lo mencionado se quiere decir que la demanda, aunque no sea muy elevada en cantidad, siempre será susceptible de incrementarse. Se tiene que tomar en cuenta que la capacidad instalada no dependerá necesariamente solo de la demanda, sino de otros factores que se analizan a continuación.

b) La capacidad instalada y la disponibilidad de capital

En el proyecto que se analiza, este punto viene a ser de mucha importancia, ya que se quiere lograr el diseño más económico para la empresa. Por tanto se

enfocará el estudio del proyecto hacia la instalación de una línea de producción dentro de la empresa. En la disponibilidad total del capital se incluyen todo tipo de préstamos monetarios que pudieran conseguirse.

Dentro de la empresa existe toda la disponibilidad monetaria para cubrir los gastos que genere la instalación de esta nueva línea de anodizado de aluminio.

c) La capacidad instalada y la tecnología

Precisamente hablando de limitantes de la capacidad instalada, el factor tecnológico es fundamental. En el caso del proceso de anodizado de aluminio, la tecnología es bastante sencilla. La elección de cierta tecnología se debe considerar no solo desde el punto de vista de ingeniería, sino también desde el punto de vista de los negocios.

d) La capacidad instalada y los insumos

Se ha dicho que la tecnología en la producción del aluminio anodizado es sencilla y esto a su vez hace que los insumos necesarios sean fáciles de conseguir dentro y fuera del país, tal como las materias primas, la mano de obra debe tener cierto nivel calificativo en el proceso, etcétera. Por tanto, la disponibilidad los insumos no limita la capacidad instalada.

4.2 Capacidad de la Planta

Se sabe que todo proceso productivo esta compuesto por una serie de operaciones individuales, que conjuntamente con el número de días al año y número de horas al día (turnos) de trabajo formarán la capacidad de producción de la planta.

La capacidad de producción de la planta será evaluada para una año en condiciones normales, es decir con un turno diario de 8 horas y durante un tiempo de trabajo de 22 días al mes.

4.2.1 Capacidad normal de Producción de la planta de anodizado

Es la capacidad que es técnicamente factible de alcanzar, trabajando con la eficiencia máxima de los equipos. En nuestro caso se producirán aproximadamente 324 m²/mes (estos 324 m²/mes están conformados por piezas de diferentes tamaños y formas). Si contamos con meses de 22 días laborales, se tiene que por día se anodizaran unos 16 m² para un día con ocho horas efectivas.

Se desea trabajar cinco días a la semana con un turno de ocho horas (176 horas/mes). Tomando como estimación que todo el proceso productivo va a tener una duración de tres horas, se van a tener 54 cargas/mes (3 cargas/día), refiriéndonos con cargas a la cantidad de veces que se va a realizar el proceso.

Se debe tener en cuenta la automatización de los procesos. En este caso se desean automatizar todos los procesos que sean posibles, incluyendo la operación de transporte por medio de los tanques. El parámetro de referencia para decidir automatizar una maniobra es que el equipo requerido trabaje al menos el 70% del tiempo disponible por turno. Para la planta de anodizado es necesario que el traslado de las piezas sea automatizado, y sea controlado solo por un operador.

4.3 Factores condicionantes para la localización óptima de la planta

Para seleccionar la ubicación de la planta se deben tomar en consideración los siguientes factores:

- Una de las limitantes más importante de la localización de la planta es la disponibilidad de materia prima, de forma que es indispensable ubicar la planta en un estado del país que se encuentre cercano a los centros de producción del aluminio.
- Ubicación próxima a los centros de consumo del producto.
- Facilidad de transporte y medios de transportación.
- Disponibilidad de los servicios (agua, electricidad, gas, otros).
- Disponibilidad de operadores, capacitación, costo de la mano de obra.
- Alejado de una zona húmeda y polvorienta.

4.3.1 Localización óptima de la planta de anodizado de aluminio

Tomando en cuenta los factores antes mencionados se verificó que el espacio físico disponible (galpón) en donde se instalará la línea de producción de anodizado cumple con dichos factores. Este terreno se encuentra en estado Miranda específicamente en la urbanización Industrial El Recreo, calle la Guarita, Guarenas. Entre las características principales de este estado tenemos las siguientes:

Datos generales del estado Miranda:

- Superficie: 7950 Km², la cual ocupa el 0.9 % del territorio nacional.
- Ciudades principales: Baruta, Caucagua, Cúa, Charallave, Guarenas, Guatire, Higuero, Ocumare del Tuy, Petare, Río Chico, Santa Teresa, Santa Lucía, y San Francisco de Yare.
- Clima: Temperatura Media Anual (Max-Min) Entre 18° y 26° Celsius.
- Municipios: 23
- Actividad económica: Agricultura, ganadería, pesca. En Miranda residen un gran número de industrias de diversos sectores como metalmecánico, químico, alimenticio, de bebidas alcohólicas y gaseosas, artes gráficas, tejidos y calzado.
- Comunicaciones y carreteras: entre la autopista principal tenemos la que comunica hacia Oriente; aeropuertos nacionales e internacionales no tiene.

Esta planta tiene excelente ubicación ya que el principal centro de consumo de aluminio anodizado está ubicado en el área de La Gran Caracas donde la industria de la construcción presenta mayor actividad, así como también los productores y comercializadores de la materia prima se encuentran ubicados en esta misma zona y en estados cercanos como Carabobo y Aragua.

Otro aspecto que influye considerablemente en la selección de la localización de la planta son los servicios básicos. Este terreno cuenta con todas

las instalaciones de los servicios básicos, incluyendo red hidráulica, eléctrica, drenaje sanitario, bomberos. La zona de ubicación de la planta es de fácil acceso y cuenta con vías en buen estado. Para simplificar la selección de la localización, en cuanto a los servicios básicos es conveniente ver el siguiente listado:

Servicios básicos existentes en la zona para la localización de la planta:

1. Energía
2. Agua
3. Alcantarillado
4. Servicio Telefónico
5. Combustible
6. Vías y Calles
7. Servicio de Bomberos
8. Hospitales

Otro aspecto importante es la temperatura del área de trabajo así que la zona de Guarenas cuenta con un promedio de temperatura que se encuentra entre los rangos de confort tanto para el proceso de anodizado como para los operadores, ya que los niveles de humedad son los adecuados.

CAPÍTULO V
INGENIERÍA DE PROYECTO

5.1 Especificaciones del Producto

Las piezas sometidas al proceso de anodizado, deberán obtener una capa anódica de 10 micras de espesor (este es el espesor asignado técnicamente para la decoración de piezas), las piezas tendrán su color natural (el color plateado característico del aluminio), y adquirirán un acabado superficial brillante, ya que este proceso de anodizado se realizará con el fin de mejorar la apariencia de las piezas (anodizado decorativo) y también para la protección de las mismas. Este proceso se realiza también para evitar que el aluminio no se vaya corroyendo por la exposición al medio ambiente.

5.2 Indagaciones Preliminares

Para la elaboración del proyecto se realizaron visitas para plantas de anodizado (Anodal, Salazar y Sánchez), y se obtuvo información de cómo se realiza el proceso a nivel industrial. Se observaron minuciosamente las configuraciones de las plantas, indagamos sobre los insumos necesarios para el proceso anodizado, los procesos previos que debía realizarse a las piezas para que estuvieran en las condiciones necesarias para realizarle el anodizado, y los posteriores al mismo. Conocimos cuales eran los datos que se manejan de temperatura en los procesos, la cantidad de energía suministrada en el proceso, así como también el equipo utilizado para suministrarla. Se observaron cuales eran todos los equipos necesarios para poder realizar el proceso de anodizado.

Otro dato que pudimos obtener a través de esta investigación son los precios de anodizado por metro cuadrado que se manejan en el mercado, así como los costos de producción del proceso.

Después de esta investigación y conocimiento de toda esta serie de detalles a cerca del proceso de anodizado se realizó una comparación de lo que existe en la realidad y lo que dice la teoría y pudimos apreciar que no hay mucha diferencia entre ellas.

Esta investigación nos ayudó a tener una base para la realización de nuestro diseño y conocer además las exigencias del mercado.

Como paso siguiente de la investigación se realizó una visita a la empresa ACASI Machinery-Maquinarias Repovenca para hacer un avalúo para saber si la empresa en la actualidad cuenta con equipos necesarios para el proceso de anodizado, así como observar el área disponible para la instalación de la planta.

Después de esta visita se observó que la empresa no cuenta con ninguno de los equipos necesarios para el proceso por lo que se tendrá que adquirir todos estos equipos.

Para la instalación de la planta de anodizado la empresa cuenta con un galpón que es el área destinada para colocar la misma. Tal área se puede observar en las siguientes figuras:

Figura N° 5.1 Entrada a la empresa donde se instalará la planta de anodizado



La Figura N°5.1 representa la fachada de la empresa ACASI Machinery-Maquinarias Repovenca.

Figura N° 5.2 Entrada a los galpones donde se instalará la planta de anodizado



La Figura N° 5.2 representa la entrada al galpón donde se instalará la planta de anodizado.

Figura N° 5.3 Galpón donde se instalará la planta de anodizado



La Figura N° 5.3 representa el galpón el cual es el área que se destinó para la instalación de la planta. En este momento el galpón esta ocupado por algunos equipos pero para el momento del montaje de la planta este será desocupado.

Figura N° 5.4 Parte trasera del galpón



La Figura N° 5.4 representa la parte de atrás del galpón que es otra área donde serán colocados algunos de los equipos.

5.3 Proceso de Producción.

El proceso de producción es el proceso técnico que se utiliza en el proyecto para obtener los bienes y servicios a partir de insumos, y se identifica como la transformación de una serie de materias primas para convertirlas en artículos mediante una determinada función de manufactura. Lo anterior se representa en la Figura N° 5.5.

Figura N° 5.5 Etapas del proceso productivo

Estado inicial	+ Proceso transformador =	Producto final
<p style="text-align: center;">Insumos</p> <p>Son aquellos elementos sobre los cuales se efectuará el proceso de transformación para obtener el producto final.</p> <p style="text-align: center;">Suministros</p> <p>Son los recursos necesarios para realizar el proceso de transformación.</p>	<p style="text-align: center;">Proceso</p> <p>Conjunto de operaciones que realizan el personal y la maquinaria para elaborar el producto final.</p> <p style="text-align: center;">Equipo productivo</p> <p>Conjunto de maquinaria e instalaciones necesarias para realizar el proceso transformador.</p> <p style="text-align: center;">Organización</p> <p>Elemento humano necesario para realizar el proceso productivo.</p>	<p style="text-align: center;">Productos</p> <p>Bienes finales resultado del proceso del proceso transformación.</p> <p style="text-align: center;">Subproductos</p> <p>Bienes obtenidos no como objetivo principal del proceso de transformación pero con un valor económico.</p> <p style="text-align: center;">Residuos o Desechos</p> <p>Consecuencia del proceso con o sin valor.</p>

5.3.1 Descripción del proceso de anodizado

Recepción de las piezas a anodizar

Las piezas se transportan a la planta en embalajes adecuados que eviten su deterioro en cualquier sentido. Se efectuará una inspección visual de su calidad e inmediatamente se pasa al montaje de las mismas.

Selección de las piezas a anodizar

Aquí se inicia propiamente el proceso productivo, ya que la selección de piezas se refiere a la cantidad de metros cuadrados que se anodizarán por carga en un lote de producción. La selección se realiza de manera visual y manual, según la forma y tamaño de las piezas.

Colocación de las piezas en los elementos de Montajes de las piezas a anodizar.

Las piezas seleccionadas para la carga son montadas en el sistema de montaje según el método que se aplicara para este sistema.

Desengrase

Luego que la carga de piezas es montada en la grúa, se traslada hacia el primer tanque del proceso, tanque de desengrase. Aquí las piezas son sumergidas en un tanque que contiene agua con ácido sulfúrico en menor concentración (50 a 60 g/L) que en el tanque de anodizado con el fin de eliminar impurezas depositadas en la superficie de los perfiles, estas impurezas provienen del proceso de extrusión o de los tratamientos mecánicos. La temperatura de la solución debe estar entre 60 – 70 °C. Las piezas deben estar sumergidas en esta solución entre 3 a 5 minutos.

Lavado

Las piezas luego del desengrase son trasladadas a un tanque de lavado, donde las piezas son enjuagadas con agua desmineralizada que se encuentra a temperatura ambiente.

Decapado

Este proceso consiste en la eliminación de los óxidos de la superficie del metal base mediante su disolución química. Las piezas son sumergidas en un tanque que contiene agua más una concentración de hidróxido de sodio alrededor de 5 a 10%, las piezas deben estar sumergidas por un tiempo entre 5 a 10 minutos. La temperatura de la solución estará comprendida entre 60-70 °C.

Lavado

Igualmente que en el primer lavado se procede a enjuagar las piezas en agua a temperatura ambiente para eliminar restos de la solución anterior.

Neutralizado

A consecuencia de la capa delgada de partículas intermetálicas y de óxidos que permanecen en la superficie del aluminio al salir del baño decapante, se hace indispensable un tratamiento posterior de remoción de dicha película uniforme. Esta operación se llevará a cabo en una solución compuesta por agua más una concentración entre 20-30% de ácido nítrico a temperatura ambiente, por alrededor de 1 a 2 minutos.

Lavado

Nuevamente las piezas son enjuagas en agua a temperatura ambiente.

Anodizado

Habiendo superado el material de aluminio las etapas hasta ahora enunciadas, se encuentra física y químicamente listo para ser sometido a la conversión de su superficie, por la formación de una capa de óxido anódica. Esta capa es resultado del tratamiento anódico del aluminio en un electrolito adecuado, en la mayoría de los casos ácido sulfúrico entre el 150 y 180g/l que representa 15_20% de concentración del producto en la solución, cuando una corriente directa a suficiente voltaje circula a través de la celda electrolítica que se establece al utilizar como cátodos, aluminio, generalmente del mismo tipo de aleación del material a anodizar. El flujo de corriente adecuado para la obtención de la capa anódica corresponde a una densidad entre de 1.5 A/dm², y requiere aproximadamente un voltaje de fuente entre 13 y 18 voltios. La temperatura del proceso debe estar entre 20 ±2 °C. El proceso de anodizado tardará alrededor de los 20 a 30 minutos.

Lavado

Posteriormente al anodizado se tendrá que realizar un enjuague de piezas con agua a temperatura ambiente.

Sellado

Esta operación consiste en la utilización de una solución a base de agua desionizada o desmineralizada a una temperatura de trabajo ambiente mas un aditivo sellante al frío que trabaje a esa misma temperatura, en la cual se sumerge el material a sellar durante un tiempo similar al tiempo que dura el proceso de anodizado. El aditivo sellante evita o minimiza la aparición de ciertos problemas asociados a la reacción del óxido de aluminio con el agua, a esta temperatura.

Secado al aire libre

Luego de la operación de sellado las piezas son trasladadas al área de desmontaje de las piezas en las cuales son dejadas por un tiempo prudencial en el cual las piezas se secan sin ningún tipo de ayuda.

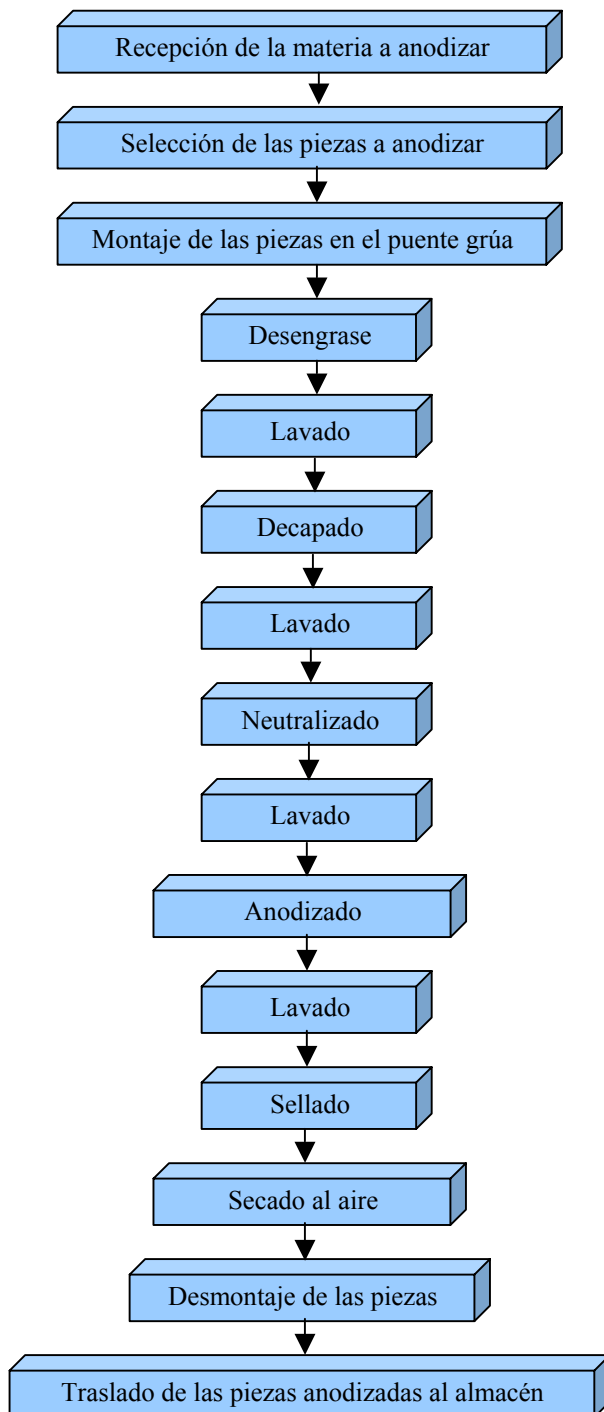
Desmontaje de las piezas

Posteriormente a que las piezas están secas, los operadores comenzarán a desmontar las piezas, estos deben tocar las piezas con las manos llenas de talco industrial para que así no se manchen las piezas ya anodizadas.

Traslado de piezas al área de ensamblaje

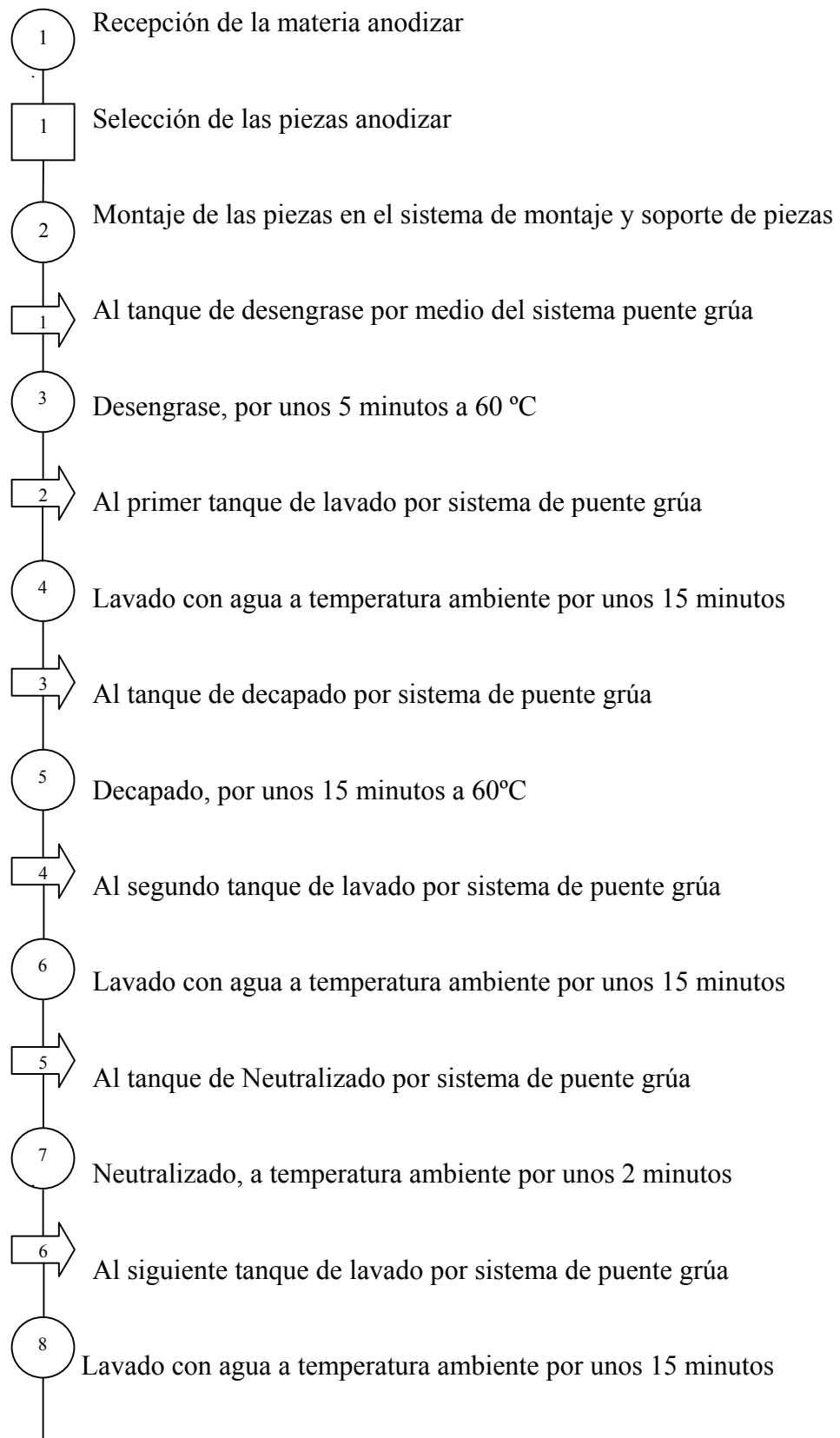
Las piezas luego de ser desmontadas son ordenadas según el tipo de piezas y luego trasladadas manualmente al área donde serán luego ensambladas junto con las piezas de acero inoxidable para dar así origen a la terminación de la máquina y así dar por terminado el proceso productivo.

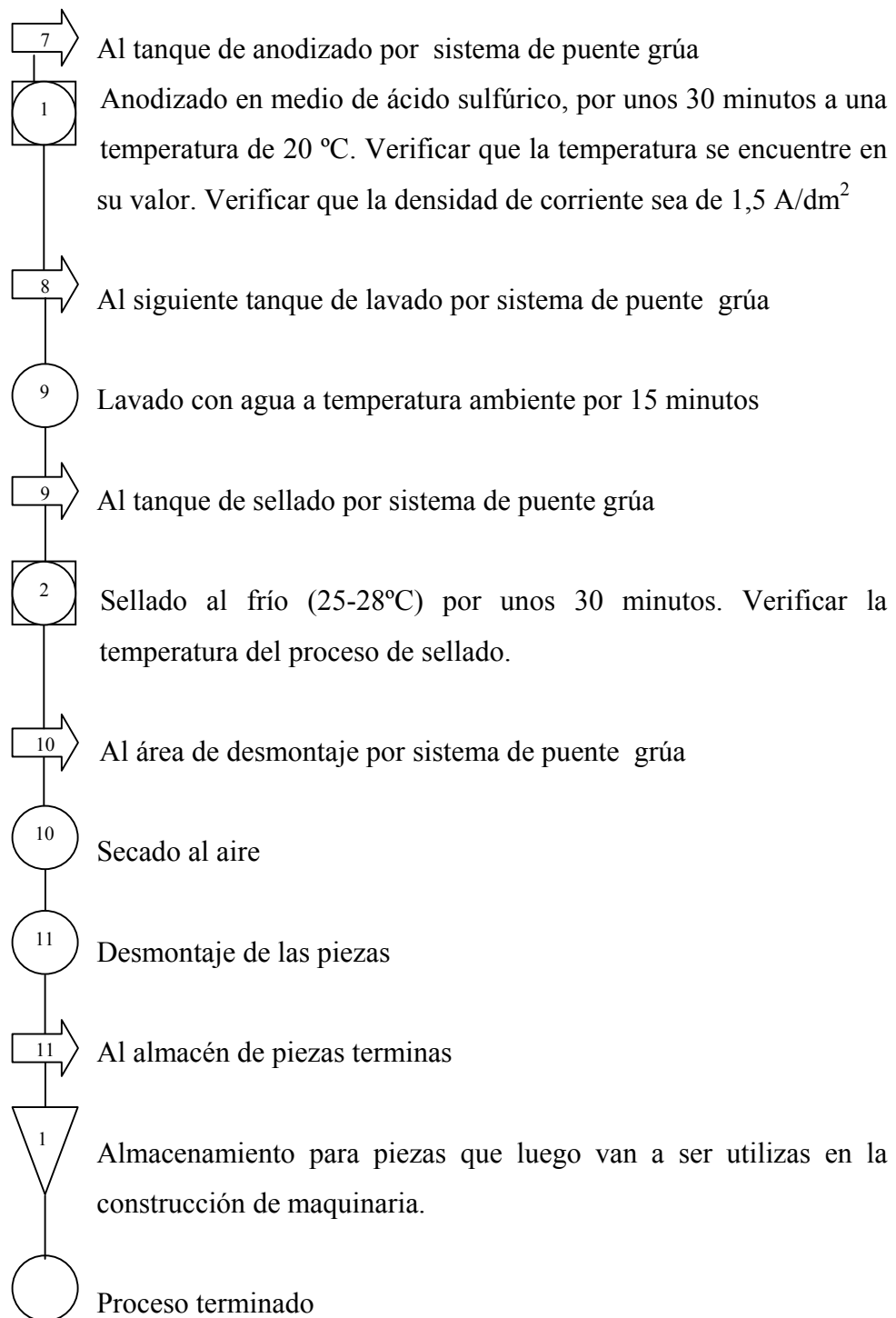
El proceso expuesto anteriormente se puede apreciar mejor en el siguiente diagrama de bloques y diagrama de flujo para una mejor comprensión, Figura N°5.6 y Figura N° 5.7

Figura N ° 5.6 Diagrama de bloques del proceso de anodizado

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 5.7 Diagrama de flujo para el proceso de anodizado





Fuente: Elaboración Propia

5.4 Sistemas y equipos empleados para el proceso de producción de Anodizado de Aluminio

La planta estará diseñada para trabajar en una sola línea de producción debido a que la carga de producción al mes de la empresa no requiere de más de una línea.

El diseño de la planta de anodizado estará formado por los siguientes sistemas:

1) Tanques, para las tres etapas básicas del anodizado. Este sistema estará conformado por un total de nueve tanques, este número de tanques estará dividido de la siguiente manera:

- Un tanque para el proceso de Desengrase de las piezas

Este paso consiste en la limpieza de posibles impurezas depositadas en la superficie de las piezas. Estas impurezas provienen del proceso de extrusión o de los tratamientos mecánicos. El tratamiento se efectúa con sustancias de naturaleza alcalina o ácidos.

- Un tanque para el proceso de Decapado de las piezas

Este proceso consiste en la eliminación de los óxidos de la superficie del metal base mediante su disolución química.

- Un tanque para el proceso de Neutralizado de las piezas

Este paso consiste en un baño de ácido sulfúrico o nítrico y aditivos especiales, para evitar posibles desequilibrios superficiales.

- Un tanque para el proceso de Anodizado de las piezas

En este proceso, forzamos controladamente la oxidación de la superficie del perfil, creando una capa "anódica". Esta se mide en "micras", la cual nos va a servir como pantalla de protección contra la oxidación atmosférica. Dependiendo de las especificaciones a donde van destinadas las piezas, debemos conseguir de 5 a 10 micras de espesor de capa anódica.

- Un tanque para el proceso de Sellado de las piezas

Este procedimiento nos va a permitir cerrar los poros, que el proceso de anodizado abrió en la superficie de los perfiles.

- Cuatro tanques para el proceso de lavado de piezas

Este proceso permitirá enjuagar las piezas después de cada uno de los procesos mencionados anteriormente para así eliminar cualquier tipo de residuo que provenga de un tanque e ir al siguiente.

2) Sistema de Enfriamiento. Se utilizará este sistema ya que es necesario tener un control estricto de la temperatura en el baño de anodizado, debido a que un aumento de algunos grados de la temperatura del baño puede conducir a la pulverulencia. Se puede pasar el agua fría por un serpentín o por placas intercambiadoras. Este sistema también requerirá la colocación de un termostato.

3) Sistema de Calentamiento, este sistema se colocará con el fin de mantener a las temperaturas específicas los tanques de Desengrase y de Decapado, que requieren temperaturas mayores a la temperatura ambiente del área de trabajo. Para este sistema se propone colocar calentadores a gas debido a las características que se requieren para la planta.

4) Dispositivo de Agitación, se colocará debido a que es necesario la agitación del baño electrolítico, ya que en los diferentes procesos pretratamiento, postratamiento y así como también en el proceso de anodizado la solución debe ser homogénea para que la pieza quede con acabado uniforme. Esta agitación la podemos llevar a cabo por medio de agitadores mecánicos o por medio de un sistema de bombeo, para así hacer recircular el electrolito, teniendo cuidado de que no se introduzcan cuerpos extraños, ya que se pueden alterar los procesos, o también se puede utilizar un instrumento o agitador manual (paleta agitadora) que puede ser construida fácilmente.

5) **Equipo de extracción de aire**, se colocará con el fin de ventilar el área de la planta, extrayendo todos los gases emitidos por los diferentes baños del proceso, esto se puede lograr colocando extractores de aire.

6) **Equipo de generación de Energía**, se utilizará con el fin de mantener en un valor promedio la densidad de corriente y de voltaje que se aplicarán para producir el espesor de capa de óxido que se requiere, según el tamaño de las piezas. Este parámetro del proceso de anodizado se podrá regular con un rectificador /transformador.

7) **Equipo Puente-Grúa**, este equipo permitirá el traslado y elevación de las piezas de un tanque a otro a lo largo de todo el proceso. El diseño de planta será tal que permita la utilización de un puente grúa automatizada con la manipulación de un solo operador.

8) **Soporte de los montajes de piezas**, en este soporte se colocaran los montajes donde a su vez serán colocadas las piezas que se anodizarán.

9) **Montajes de piezas**, este sistema será utilizado para montar las piezas y disponerlas de la manera indicada según el proceso.

10) **Vías de acceso a los tanques**, estas vías serán colocadas para la supervisión y control por parte de los operadores de cada uno de los pasos exigidos para llevar a cabo el proceso, así también se tendrá un fácil acceso a cada uno de los tanques. Estas vías estarán conformadas por pasarelas y escaleras.

11) **Sistema de tuberías**, este sistema se colocará ya que es necesario cada cierto tiempo renovar las mezclas de cada tanque por lo que es necesario contar sin un sistema suplidor de agua así como también con un sistema de desagüe por medio de tuberías.

5.5 Diseño de los equipos para el anodizado fabricados por la empresa

Para trabajar la parte de diseño de equipos se decidió estructurarlo del siguiente modo según las necesidades y requerimientos:

- Diseño de los tanques donde se llevará a cabo los baños necesarios en el proceso de anodizado.
- Diseño del sistema del soporte de las piezas a anodizar.
- Diseño de los sistemas de montaje de las piezas a anodizar.
- Diseño del sistema enfriamiento del electrolito y calentamiento.

Esta división se realizó con la finalidad de llevar un orden lógico de pasos a seguir, partiendo de que se tiene el conocimiento de cada una de las partes son dependientes entre sí. Para el diseño de los tanques fue indispensable establecer como prioridad los requerimientos y especificaciones del cliente, que en nuestro caso serían el espacio disponible donde se instalaría la planta y la capacidad de producción que se estableció previamente, además otro requerimiento que es importante cumplir es que se lleve un orden cronológico de los pasos previos y posteriores al anodizado. Para desarrollar los diseños se utilizó la técnica previamente explicada en el marco de teórico, tormenta de ideas (Brainstorming), en esta técnica se utiliza el lenguaje visual o escrito para gestar conceptos de solución en forma aleatoria, luego se utilizó otra técnica de generación de ideas la cual fue análisis morfológico.

5.5.1 Diseño de los tanques

Es importante señalar que para realizar el proceso previo y posterior al baño de anodizado (se incluye el anodizado) son necesarios nueve tanques, de los cuales ocho son iguales y solo uno (tanque donde se realizará el baño de anodizado) tiene algunas características particulares pero la base de los de los tanques es la misma.

Para realizar este diseño se tuvo que tomar en consideración una serie de requerimientos, especificaciones y características para la generación de las ideas

del diseño además de tomar en cuenta la geometría de los tanques que es utilizado en otras plantas de anodizado.

Requerimientos, especificaciones y características:

1.- Espacio disponible donde se instalaría la planta. Esto se debe a que ya se tiene establecido un área aproximada que está destinada para la instalación de la planta.

2.-Capacidad de producción previamente establecida. El cliente estableció cual es la cantidad de piezas que van a ser anodizadas en un mes.

3.-Seguir un orden cronológico del proceso previo y posterior al anodizado (se incluye el proceso de anodizado). Este proceso es el siguiente:

- Desengrase
- Lavado
- Decapado
- Lavado
- Neutralizado
- Lavado
- Anodizado
- Lavado
- Sellado

Además es importante resaltar que entre un baño y otro no debe transcurrir más de tres minutos.

4.-Tamaños de las piezas a anodizar. Es indispensable clasificar las piezas por tamaño ya que se imparte voltaje a las piezas por decímetros cuadrados.

5.-Formas o geometría de las piezas a anodizar. Para que el acabado del anodizado quede uniforme a todas las piezas que serán anodizadas es necesario introducir piezas con geometrías similares.

6.-Disposición de las piezas. Se debe tratar de disponer las piezas de modo que se ocupe el menor espacio posible por lo que se debe analizar las diferentes formas de colocarlas dentro del tanque.

7.-Cantidad de piezas a introducir simultáneamente en el tanque. Esto es debido a que se debe cubrir una cantidad de piezas anodizadas al mes trabajando ocho horas diarias durante cinco días a la semana.

8.- Debe ser construido de un material resistente a la corrosión. Los tanques como contienen soluciones que corroen materiales deben construirse con un material resistente a estas condiciones.

9.- Construidos con materiales existentes en el País.

10.- Resistentes a la presión que ejercerá el volumen de solución que se introducirá en el tanque.

11.- De fácil construcción y económica.

a) Búsqueda de alternativas y posibles soluciones de diseño de los Tanques.

En esta sección se realizó un sondeo y exploración de diseños que cumplieran con los criterios de diseño que requerían los tanques, esto se hizo de manera conceptual; y a continuación se presenta una serie de propuestas de solución, que luego fueron sometidas a un proceso de descarte para llegar a la alternativa que mejor se ajustó a los criterios de diseño. En la Figura N° 5.8 se muestra las ideas propuestas.

Figura N° 5.8: Propuestas de diseño de los Tanques.

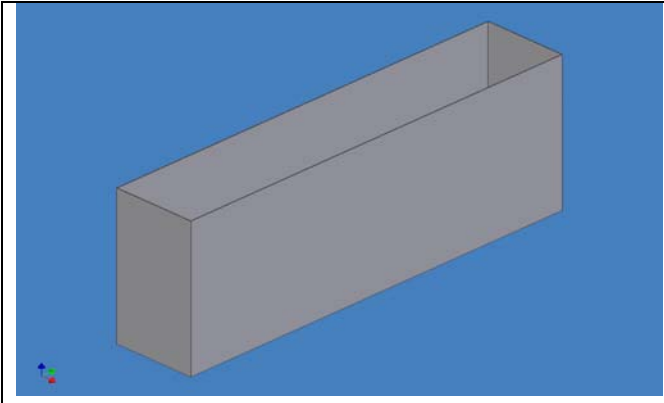
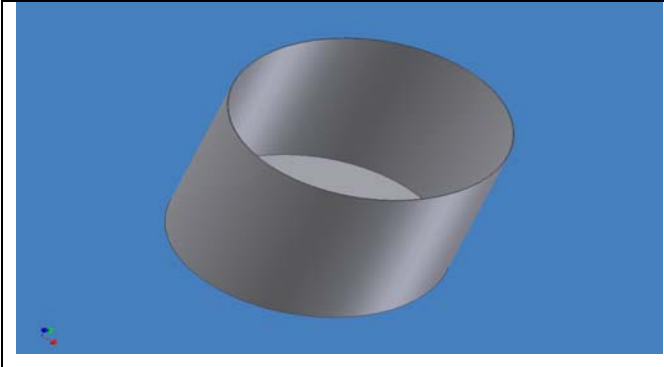
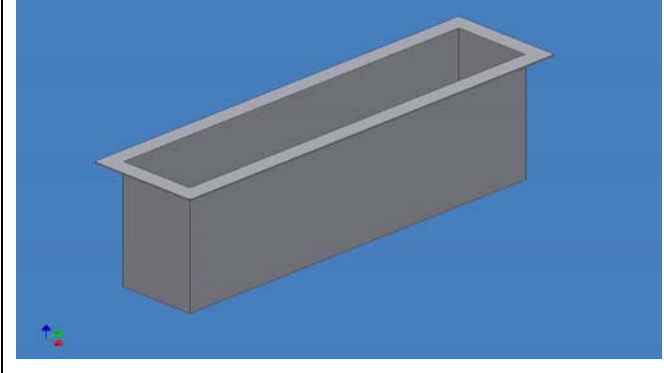
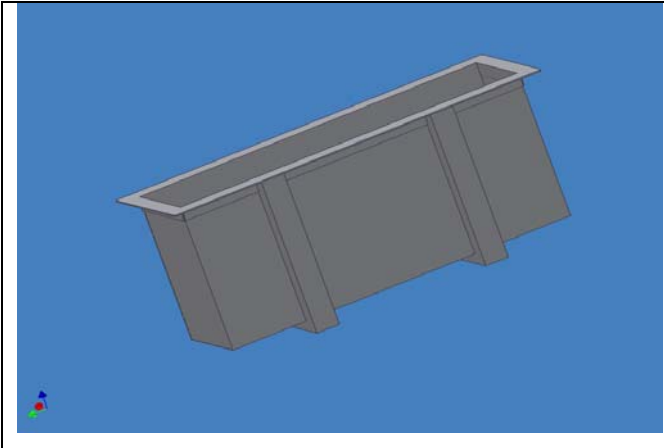
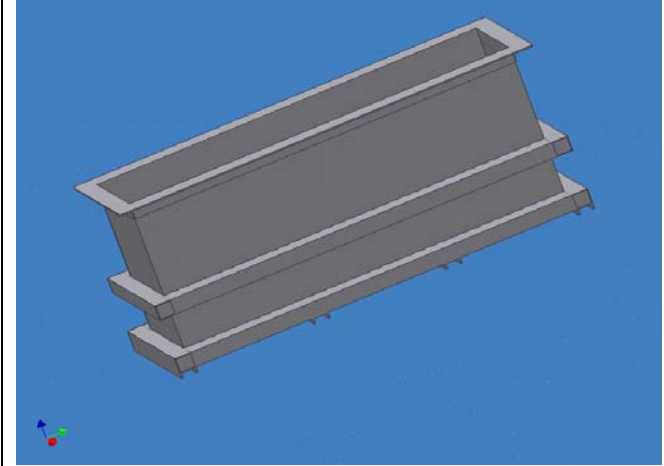
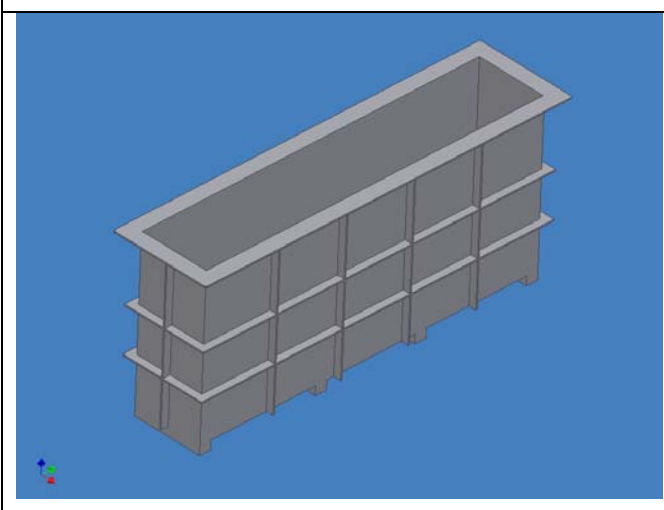
	<p>Idea N° 1: Consiste en un tanque rectangular formado por cinco láminas de acero inoxidable que están fijamente soldadas en las esquinas</p>
	<p>Idea N° 2: Este tanque es cilíndrico, formado por una lamina rectangular doblada de forma circular que formaría el cuerpo del tanque y una lámina cortada en forme de circunferencia fijamente soldada en la base. Este tanque es de acero inoxidable</p>
	<p>Idea N° 3: Se aprecia en la figura que es un tanque rectangular formado por cinco láminas de acero fijamente soldadas en las esquinas, y en el borde superior del tanque tiene por todo alrededor fijado un soporte formado por perfiles en L de acero.</p>

Figura N° 5.8: Propuestas de diseño de los Tanques, continuación.

	<p>Idea N° 4: Este tanque es igual al anterior pero cuenta además con unos soportes colocados lateralmente de forma vertical el cual esta formado por perfiles rectangulares macizos de acero, y en la base del tanque tiene los mismos soportes colocados a lo ancho</p>
	<p>Idea N° 5: Este tanque es igual al de la figura N° 3 pero además tiene soportes colocados alrededor del cuerpo del tanque de forma horizontal con perfiles cuadrados huecos de acero y también en la base de tanque tiene soportes (perfiles en C de acero) colocados a lo ancho dispuestos a distancias prudentiales uno del otro.</p>
	<p>Idea N° 6: Este tanque rectangular formado por cinco láminas fijadas en las esquinas, tiene fijado en el borde superior en todo alrededor perfiles en L de acero, sobre todo el cuerpo del tanque tiene pletinas de acero colocados en forma de rejilla y en la base del tanque tiene fijados soportes dispuestos a lo ancho a distancias prudentiales uno del otro.</p>

Fuente: Elaboración Propia

b) Evaluación y selección de alternativas de solución del diseño de los Tanques.

A continuación se muestra el proceso que se realizó para llevar a cabo la selección de la mejor solución entre las alternativas propuestas para el diseño de los tanques. Inicialmente se establecieron unos criterios de evaluación, los cuales fueron jerarquizados y después se le dio un puntaje a cada idea de acuerdo a cómo esta cumplía o no con cada criterio, llevando luego esta información a un arreglo bidimensional (ver Tabla 5.1), para la generación de una solución.

En cuanto a la jerarquía, esta establece qué importancia tiene el cumplimiento de cada criterio en la selección del diseño propuesto, según la siguiente escala de porcentaje:

1 si es poco importante → 5 si es muy importante

También se estableció una escala del uno al diez para evaluar si cada idea cumple o no con el criterio examinado:

1 no cumple con el criterio → 10 si cumple con el criterio

c) Matriz morfológica del diseño de Tanques.

Usando como herramienta el siguiente arreglo bidimensional se evaluaron las diferentes alternativas propuestas para el diseño, respecto a los criterios impuestos. Para obtener la ponderación de cada idea, se multiplicó el valor correspondiente al cumplimiento o no de esta respecto al criterio evaluado por su jerarquía. Luego se sumaron todos estos valores para obtener una ponderación final; el diseño con mayor ponderación sería el elegido (ver Tabla N° 5.1).

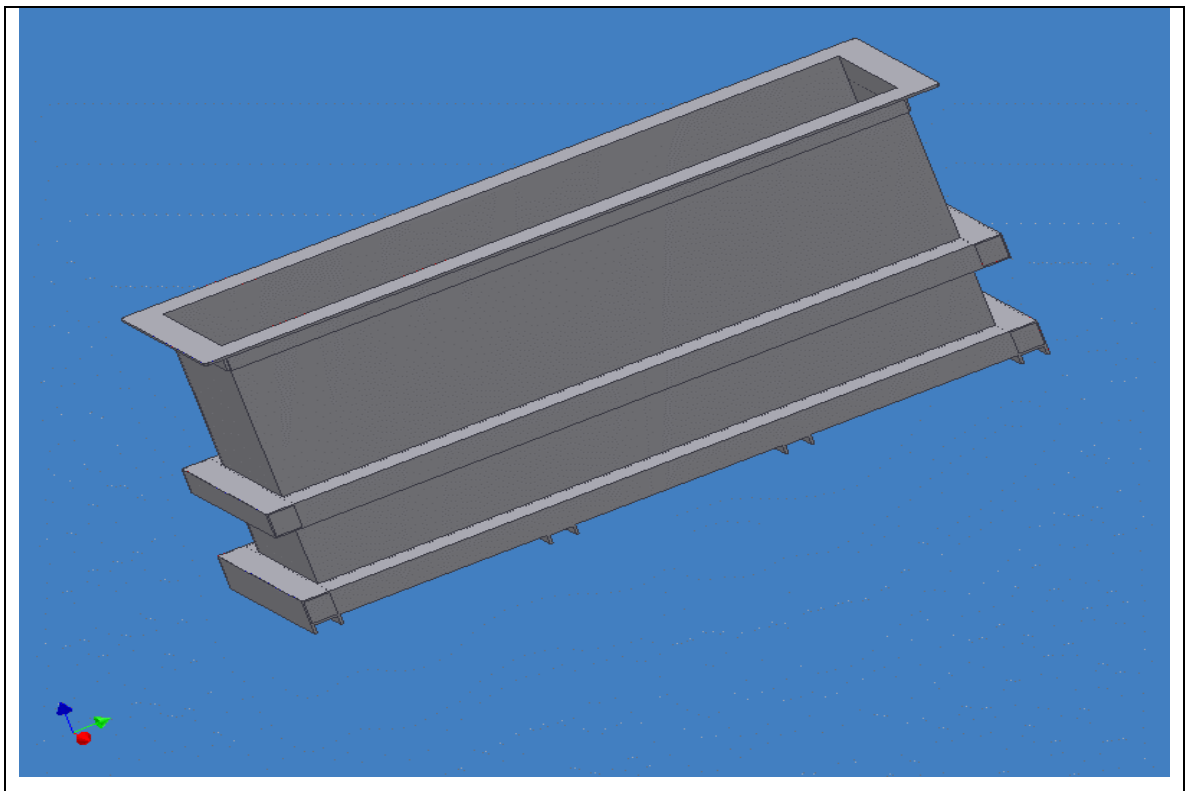
Tabla N° 5.1: Matriz morfológica del diseño de los Tanques.

Criterio	Jerarquía	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4		Idea. N°5		Idea. N°6	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
		C.1.-Costo de fabricación	5	7	35	3	15	5	25	7	35	6	30
C.2.-Fácil Construcción	3	8	21	3	9	8	24	6	18	7	21	6	18
C.3.-Resistencia a la corrosión	4	8	36	8	36	7	28	7	28	7	28	8	32
C.4.-Durabilidad del equipo	3	8	24	7	21	6	18	7	21	7	21	7	21
C.5.-Peso	2	6	12	6	12	3	6	5	10	7	14	6	12
C.6.-Existencia de los materiales de construcción en el país	5	10	50	10	50	10	50	10	50	10	50	10	50
C.7.- Costo de Materiales	4	3	12	3	12	7	28	8	32	9	36	9	36
C.8.-Simplicidad del diseño	2	7	14	7	14	7	14	6	12	5	10	4	8
C.9.Aprovechamiento del espacio que se utilizará para la instalación de la planta	5	7	35	7	35	7	35	7	35	7	35	7	35
C.10.-Mejor disposición de las piezas	3	8	24	8	24	7	21	7	21	7	21	7	21
C.11.-Mejor soporte a los esfuerzos producidos en el tanque por el volumen de solución que este contiene	4	2	8	2	8	3	12	8	32	10	40	8	32
C.12.-Que no se encuentre sobre diseñado	3	8	24	8	24	7	21	7	21	8	24	4	12
C.13.-Mejor utilización de los materiales	1	7	7	7	7	8	8	4	4	8	8	8	8
C.14.- Estética	2	5	10	5	10	7	14	7	14	8	16	6	12
C.15.-Efectividad con respecto al cumplimiento de la función del equipo	5	3	15	4	20	4	20	6	30	8	40	8	40
Total			327		257		329		363		394		367

Fuente: Elaboración Propia

De la matriz morfológica se seleccionó la alternativa N° 5, fue la que obtuvo la mayor ponderación y se muestra en la Figura N° 5.9.

Figura N° 5.9: Vista ampliada de la propuesta del tanque a diseñar



Fuente: Elaboración Propia

5.5.2 Diseño del soporte de los montajes de piezas.

Para comenzar el diseño del sistema de soporte de las piezas anodizar fue necesario definir completamente las condiciones que el mismo debía cumplir, estas condiciones son las siguientes:

1. Fácil mantenimiento.
2. Durabilidad.
3. Debe ser construido con materiales existentes en el mercado nacional.
4. Bajo costo de fabricación y mantenimiento.

5. Capaz de soportar los esfuerzos a los cuales estará sometido.
6. De bajo peso.
7. Construcción y ensamblaje sencillo.
8. La estructura de soporte debe ser estable.
9. El material de construcción debe ser resistente a la corrosión y debe cumplir con las condiciones para realizar el proceso electrolítico que se utiliza para el anodizado por lo cual se trabajará con aluminio.
10. Este sistema debe estar adaptado al sistema de tanques.
11. Estará sometido a constantes movimientos.

a) Búsqueda de alternativas de solución del sistema de soporte del montaje de piezas.

Luego de establecer los criterios de diseño realizamos la búsqueda de alternativas de diseño para el sistema de soporte de las piezas a anodizar que mejor se ajuste a estas especificaciones y requerimientos que mencionamos anteriormente, en la Figura N° 5.10 se muestra el resumen de las ideas propuestas.

Figura N° 5.10: Propuestas de diseño del sistema de soporte de los montajes de piezas.

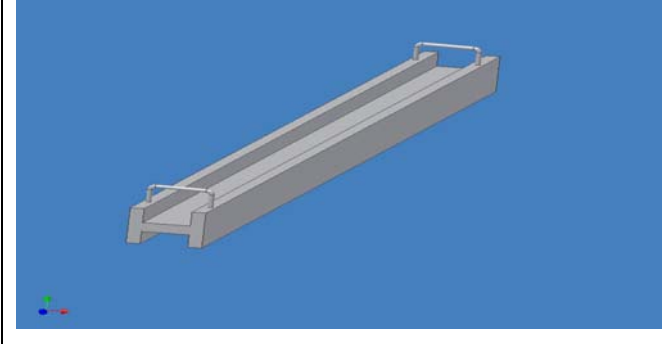
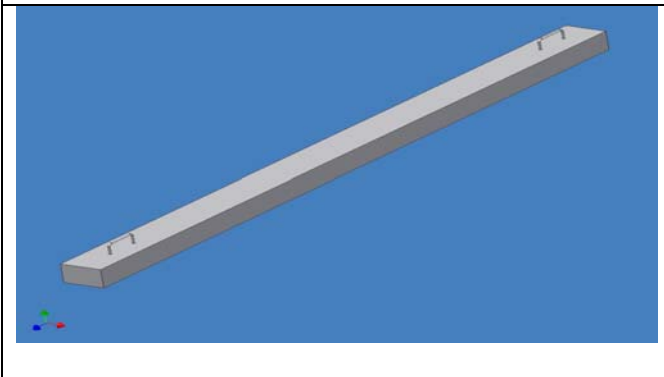

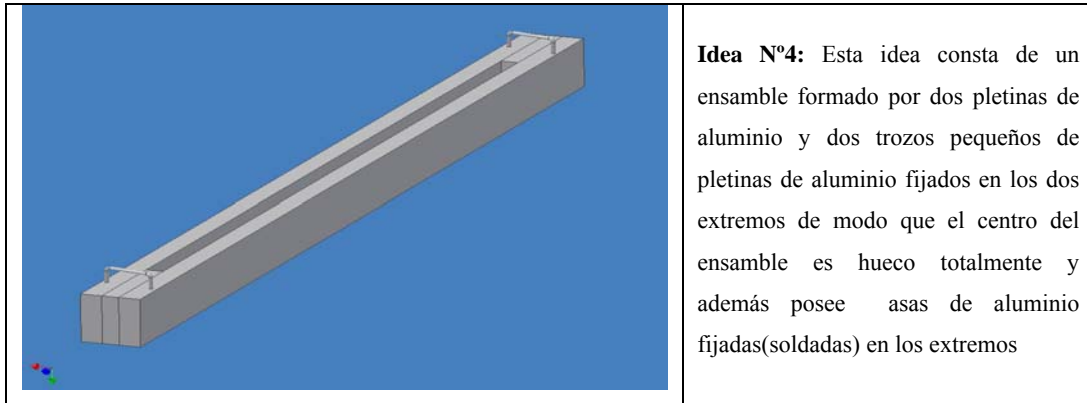
	<p>Idea N°1: Consiste en un perfil en doble T de aluminio que se adaptará a las dimensiones de los tanques y tiene asas fijadas (soldadas) en los extremos que sirven de agarradero para poder mover este sistema</p>
	<p>Idea N° 2: Este soporte es un bloque macizo de aluminio que tendrá dimensiones adaptadas según las dimensiones del tanque y tendrá también asas de aluminio fijadas a los extremos (soldadas) tal como lo muestra la figura para agarrar el sistema y realizar sus movimientos necesarios.</p>
	<p>Idea N°3: Este soporte está basado en un ensamble de dos pletinas de aluminio y una tubería hueca de sección rectangular que estarán unidos mediante los fijadores (tornillos tuercas y arandelas) correspondientes a este ensamblaje, también consta de asas de aluminio fijadas (soldadas) a sus extremos.</p>

Figura N° 5.10: Propuestas de diseño del sistema de soporte de los montajes de piezas. Continuación.



Fuente: Elaboración Propia

b) Evaluación y selección de alternativas de solución del diseño del sistema de soporte de los sistemas de montajes de piezas.

Siguiendo la misma metodología empleada para la evaluación de los tanques utilizados para los baños. En la Tabla N° 5.2 se presenta la matriz morfológica de selección.

c) Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de soporte de montaje de piezas.

A continuación se presenta, en la Tabla N° 5.2, el arreglo para evaluar las alternativas propuestas de diseño para el sistema de soporte de las piezas a anodizar.

Tabla 5.2: Matriz morfológica del diseño del sistema de soporte de los montajes de piezas.

Criterio	Jerarquía	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
		C.1.-Fácil mantenimiento	3	10	30	9	27	8	24
C.2.- Durabilidad	4	9	36	9	36	8	32	8	32
C.3.- Construido con materiales existentes en el país	5	3	15	4	20	8	40	8	40
C.4.- Bajo costo de fabricación y mantenimiento	5	7	35	6	30	8	40	8	40
C.5.- Capaz de soportar los esfuerzos producidos por la carga que se le inducirá	5	9	45	8	40	9	45	7	35
C.6.- Bajo peso	4	5	20	3	12	9	36	10	40
C.7.- Estabilidad	4	9	36	8	36	9	36	7	28
C.8.- Estética	2	7	14	8	16	7	14	6	12
C.9.Fácil construcción y ensamblaje sencillo	3	8	24	8	24	7	21	7	21
C.10.-Soporte constante de movimientos	4	8	32	8	32	8	32	7	28
Total			287		273		320		300

Fuente: Elaboración Propia

Al observar la matriz morfológica se puede apreciar que la propuesta que posee una mayor ponderación es la alternativa N°3 la cual fue la elegida para el diseño del sistema del soporte de montaje de piezas. Esta alternativa se puede apreciar mejor en la Figura N° 5.11.

Figura N° 5.11: Vista ampliada de la propuesta solución del sistema de soporte de los montajes de piezas.



Fuente: Elaboración Propia

5.5.3 Diseño de los montajes de piezas

Antes de empezar a proponer alternativas para el diseño de los sistemas de montaje de las piezas anodizar es indispensable el establecimiento de los criterios de diseño específicos para este sistema los cuales son los siguientes:

- 1.- Clasificar las piezas por tamaño y geometría. Se clasifican por tamaños en grandes, medianas y pequeñas, y por geometría rectangulares o cuadradas y redondas o cilíndricas ya que se le suministra la energía a la pieza en A/dm^2 .
- 2.- Acabado de la pieza. Es necesario diseñar este sistema de modo que toque la pieza lo menos posible ya que por la parte donde se toque la pieza quedara una pequeña marca.

- 3.- Este sistema debe ser de un material resistente a la corrosión. Se realizará de aluminio ya que es el material específico necesario para poder realizar el proceso electrolítico.
- 4.- Se debe realizar el diseño considerando que debe existir suficientes puntos de contacto para que se pueda transmitir la suficiente corriente de modo que se produzca exitosamente el proceso de anodizado.
- 5.- El sistema debe poder soportar la carga que está establecida por cada lote de piezas (por cada bajada).
- 6.- Durabilidad del sistema.
- 7.- De fácil construcción y mantenimiento.
- 8.- El diseño debe ser liviano y estable.
- 9.- Este diseño debe adaptarse a las dimensiones del tanque.
- 10.-El diseño se realizará en base a la gama de piezas que requieren el proceso de anodizado.
- 11.- El diseño debe ser económico.
- 12.- El sistema estará sometido a constante movimiento.
- 13.- El diseño depende de la manera en que se disponen las piezas al entrar a los tanques

a) Búsqueda de alternativas y posibles soluciones de los diseños de los montajes de piezas.

Ya teniendo establecido los criterios de diseño se procede al estudio de las posibles soluciones siguiendo el mismo método de los diseños anteriores a través de la tormenta de ideas y de un análisis morfológico. Se establecerán alternativas y propuestas que mejor se ajusten a los requerimientos y especificaciones las cuales se presentan en la Figura N° 5.12.

Figura N° 5.12: Propuestas de diseño de los montajes de piezas

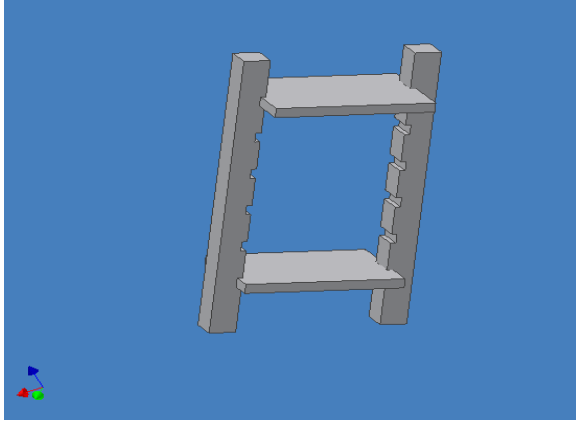
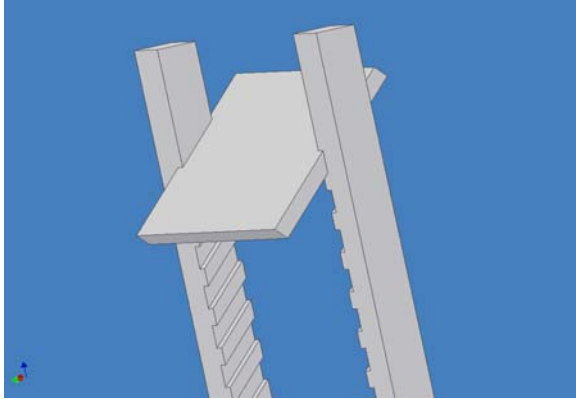
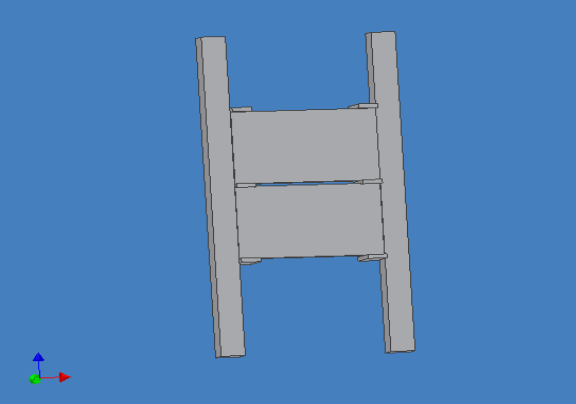
	<p>Idea N°1: Consiste en dos tochos cuadrados de aluminio colocados verticalmente, estos están ranurados horizontalmente donde se apoyaran las piezas de manera horizontal y se entrelaza un alambre de aluminio alrededor de todas las láminas. Se observa como están montadas las láminas en el sistema.</p>
	<p>Idea N° 2: Este sistema consta de dos tochos cuadrados de aluminio dispuestos verticalmente con ranuras inclinadas donde encajan las láminas de manera horizontal inclinadas y se entrelaza el alambre de aluminio entre pieza y pieza.</p>
	<p>Idea N°3: Este sistema posee dos tochos cuadrados que se colocaran verticalmente que tienen fijados a los lados internos pequeñas pletinas que sujetan arriba y abajo a las piezas que se colocaran de forma horizontal. En la figura se ve como van las piezas.</p>

Figura N° 5.12: Propuestas de diseño de los montajes de piezas.
Continuación.

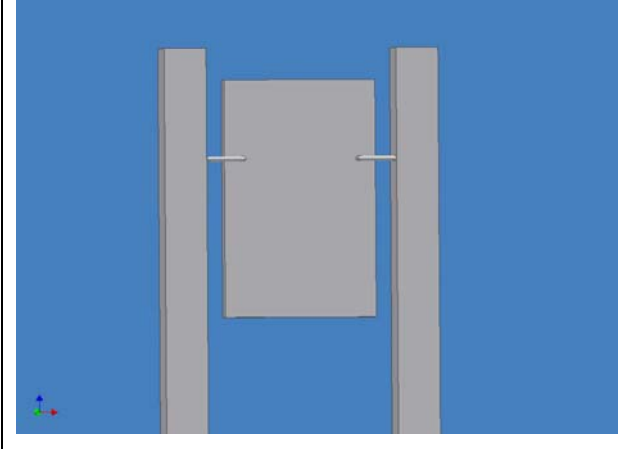
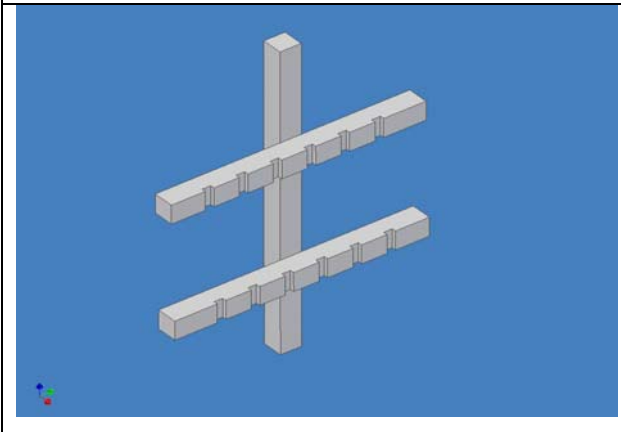
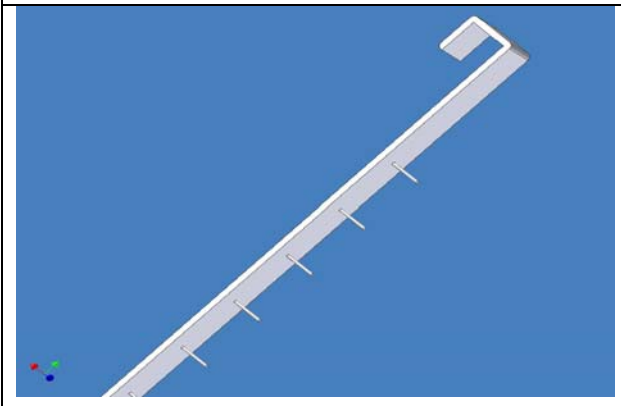
	<p>Idea N°4: Este sistema tiene dos tochos cuadrados de aluminio colocados verticalmente, que tienen fijos a ellos unas pequeñas láminas dobladas en forma de u cuadrada en los dos lados de afuera del tocho que forma una especie de pinza que sujetaran las piezas que se colocaran de forma vertical</p>
	<p>Idea N°5: Este sistema tiene dos tochos verticales y dos tochos horizontales soldados a los verticales, las láminas entran verticalmente, los tochos horizontales deben tener muescas para fijar la sujeción.</p>
	<p>Idea N°6: Este diseño consta de una pletina de de aluminio doblado arriba en forma de bastón y por la parte posterior de la pletina estarán fijados unos pequeños tubos de forma cilíndrica ubicados a distancias prudenciales donde encajaran las piezas.</p>

Figura N° 5.12: Propuestas de diseño de los montajes de piezas.

Continuación

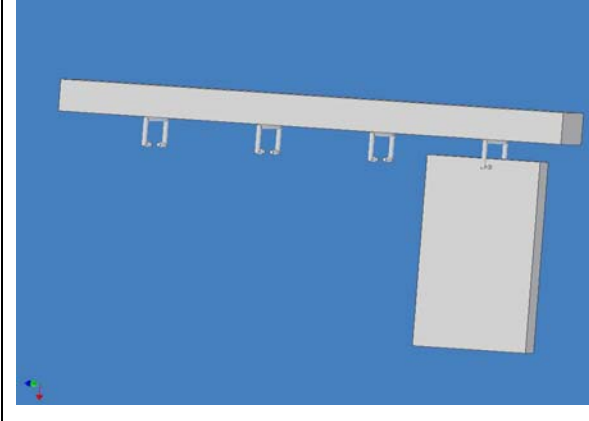
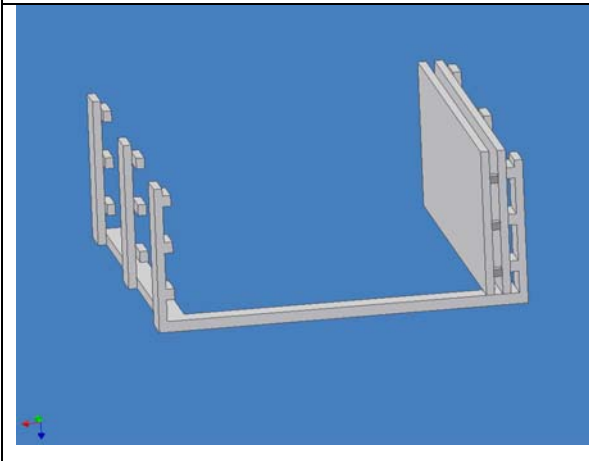
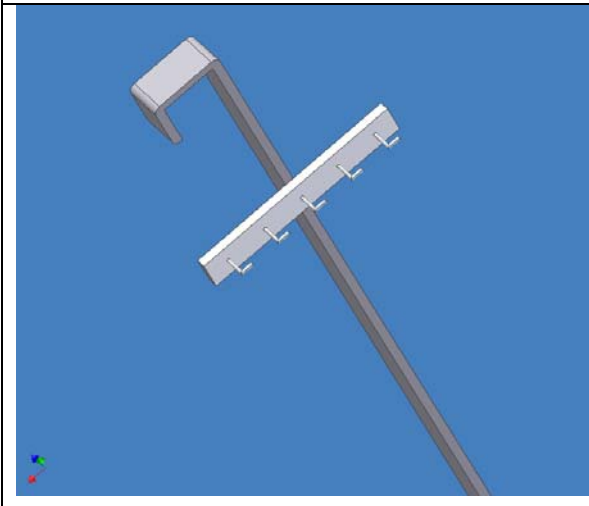
	<p>Idea N°7: este sistema esta formado por un tocho cuadrado colocado horizontalmente que tiene fijado unas pequeños tubos en forma de u cuadrada que funcionan como unas pinzas o ganchos que sujetarían a las piezas que se dispondrían de forma vertical.</p>
	<p>Idea N°8: Este diseño es un marco cuadrado que se dispone horizontalmente y a el están fijados unas barras perpendicularmente, estas barras poseen unos pequeños tubos cuadrados macizos que sostendrá las piezas y entre pieza y pieza se colocaran unos taquitos que ayuden a eliminar el espacio entre pieza y pieza.</p>
	<p>Idea N°9: Este sistema está constituido por una pletina de aluminio doblada en la parte superior en forma de U cuadrada que estará dispuesta verticalmente, a este tocho estará soldado una pletina perpendicularmente a cierta distancia y esta pletina tiene soldada uno pequeños tubos cilíndricos en forma de L donde se encajaran las piezas de forma vertical.</p> <p>Este sistema se realizó para el lado derecho y el lado izquierdo, en este caso se observa el izquierdo.</p>

Figura N° 5.12: Propuestas de diseño de los montajes de piezas.
Continuación.

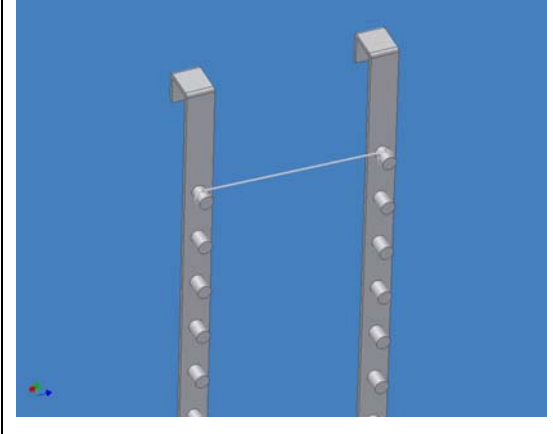
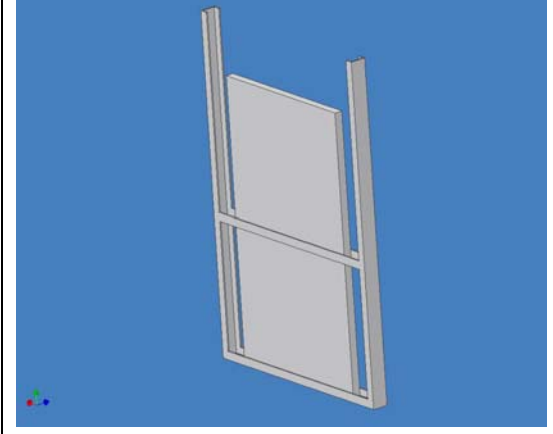
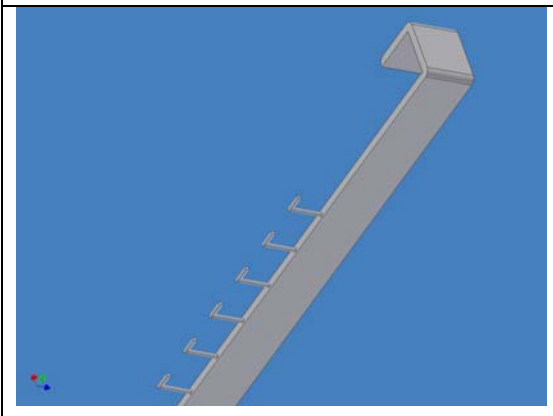
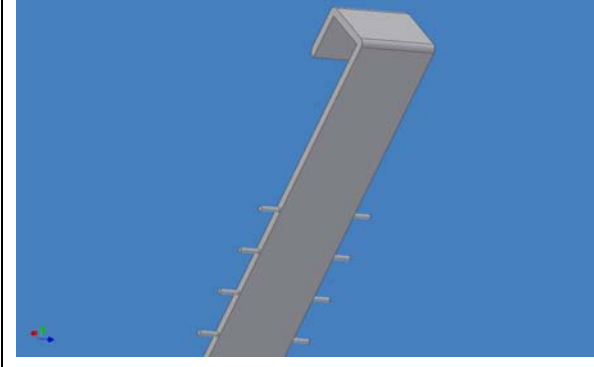
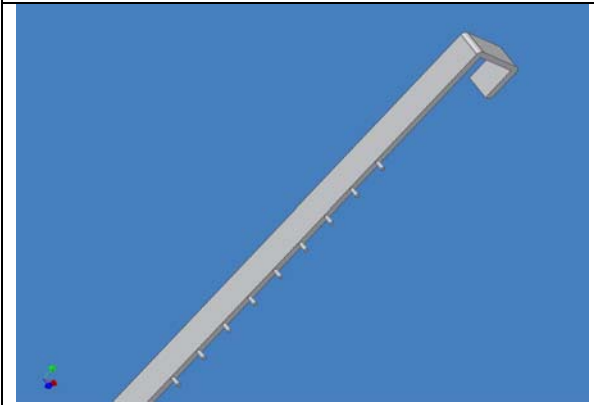
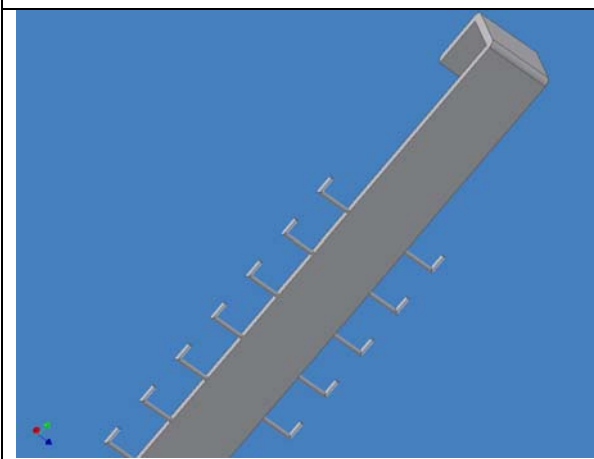
	<p>Idea N° 10: Este sistema es similar al de la idea N°6, se utilizan dos tochos de este estilo utilizando los tubos cilíndricos en el cual se coloca a su alrededor un alambre de aluminio que sirve como un guindadero y de éste se guindan las piezas también mediante alambre de aluminio que se entrelaza a la pieza.</p>
	<p>Idea N°11 Este diseño está formado por un marco de aluminio en forma de u cuadrada formado con perfil en u, tiene un pedazo de perfil dispuesto horizontalmente este marco es más ancho que las piezas de modo que no tenga tanta superficie de contacto, en el fondo tiene una pequeña pletina donde se apoyarán las piezas.</p>
	<p>Idea N° 13: Este diseño consta de una pletina doblada en forma de bastón y posee en uno de sus lados unos tubos de aluminio doblados en forma de L. Este sistema se diseño para fijar los tubos del lado derecho y del lado izquierdo. En la figura se observa los tubos del lado izquierdo.</p>

Figura N° 5.12: Propuestas de diseño de los montajes de piezas.
Continuación.

	<p>Idea N°14: Este diseño se basa también en una pletina de aluminio doblada en forma de bastón y tiene fijados en ambos lados tubos rectos de aluminio.</p>
	<p>Idea N°15: Este diseño también consta de la pletina de aluminio en forma de bastón que tiene fijado en uno de sus lados tubos de aluminio. Este diseño se realizó fijando los tubos del lado derecho como del izquierdo, en la figura se observa el diseño con los tubos del lado derecho.</p>
	<p>Idea N°16: Este diseño se basa en la pletina de aluminio doblada en forma de bastón y en ambos lados tiene fijados unos tubos de aluminio que están doblados en forma de L.</p>

Fuente: Elaboración Propia

b) Evaluación y selección de alternativas de solución del diseño de los montajes de piezas.

De la misma forma que en los diseños anteriores se realizará el análisis morfológico para la evaluación de los diseños propuestos de los sistemas de montajes de las piezas anodizar para obtener las propuestas que mejor se ajustan a los criterios de diseños establecidos, para lo cual realizaremos una matriz morfológica que se muestra a continuación en la Tabla N° 5.3

Tabla N° 5.3: Matriz morfológica del diseño de los montajes de piezas

Criterio	Jerarquía [Idea N°1		Idea N°2		Idea N°3		Idea N°4		Idea N°5		Idea N°6		Idea N°7		Idea N°8		Idea N°9		Idea N°10		Idea N°11	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
		C.1.-Costo de fabricación	5	8	40	8	40	6	30	5	25	6	30	7	35	7	35	6	30	6	30	7	35
C.2.- Facilidad Construcción	3	8	24	7	21	6	18	5	15	6	18	6	18	6	18	6	18	6	18	8	24	6	18
C.3.- Durabilidad	4	7	28	8	32	7	28	6	24	7	28	6	24	6	24	6	24	7	28	6	24	7	28
C.4.- Peso	3	7	21	7	21	7	21	7	21	6	18	8	24	7	21	7	21	6	18	8	24	6	18
C.5.- Estabilidad	3	7	21	6	18	8	24	6	18	7	21	8	24	5	15	5	15	8	24	6	18	7	21
C.6.-Fácil adaptación al sistema de soporte	4	7	28	7	28	7	28	7	28	7	28	9	36	5	20	6	24	9	36	9	36	5	20
C.7.-Adaptado al sistema de tanques	4	7	28	6	24	7	28	7	28	7	28	8	32	7	28	5	20	9	36	9	36	6	24
C.8.- Simplicidad de diseño	3	8	24	7	21	6	18	6	18	6	18	7	21	6	18	6	18	7	21	8	24	6	18
C.9.-Mejor soporte a los esfuerzos a los cuales estará sometido	5	6	30	5	25	6	30	5	25	6	30	10	50	7	35	6	30	10	50	8	40	7	35
C.10.- Efectividad respecto al cumplimiento de la función establecida	5	8	40	8	40	7	35	7	35	7	35	8	40	7	35	7	35	9	45	8	40	6	30

Tabla N° 5.3: Matriz morfológica del diseño de los montajes de piezas. Continuación

Criterio	Jerarquía	Idea N°1		Idea N°2		Idea N°3		Idea N°4		Idea N°5		Idea N°6		Idea N°7		Idea N°8		Idea N°9		Idea N°10		Idea N°11	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
C.11.- Estética	1	6	6	6	6	7	7	6	6	7	7	8	8	8	8	5	5	7	7	6	6	6	6
C.12.- Fácil manejo para los operarios	3	7	21	6	18	6	18	7	21	6	18	8	24	7	21	6	18	7	21	7	21	6	18
C.13.- Mejor disposición de las piezas	4	5	20	6	24	7	28	7	28	8	32	8	32	7	28	6	24	8	36	8	32	6	24
C.14.- Que no ocupe mucho espacio	3	5	15	6	18	7	21	8	24	8	24	8	24	6	18	6	18	8	21	8	24	7	21
C.15.- Fácil mantenimiento	2	7	14	7	14	7	14	6	12	7	14	6	12	6	12	5	10	7	14	8	16	7	14
Total			360		350		348		328		349		404		336		310		405		400		330

Tabla N° 5.3: Matriz morfológica del diseño de los montajes de piezas.
Continuación.

Criterio	Jerarquía	Idea. N°12		Idea. N°13		Idea. N°14		Idea. N°15		Idea. N°16	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
C.1.- Costo de fabricación	5	7	35	7	35	7	35	7	35	6	30
C.2.- Facilidad Construcción	3	6	18	7	21	7	21	6	18	7	21
C.3.- Durabilidad	4	6	24	6	24	6	24	7	28	7	28
C.4.- Peso	3	8	24	8	24	7	21	7	21	7	21
C.5.- Estabilidad	3	8	24	7	21	8	24	7	21	8	24
C.6.- Fácil adaptación al sistema de soporte	4	10	40	10	40	10	40	10	40	10	40
C.7.- Adaptado al sistema de tanques	4	7	28	7	28	7	28	8	32	8	36
C.8.- Simplicidad de diseño	3	6	18	7	21	7	21	7	21	7	21
C.9.- Mejor soporte a los esfuerzos a los cuales estará sometido	5	8	40	8	40	8	40	8	40	8	40
C.10.- Efectividad con respecto a al cumplimiento de la función establecida	5	9	45	9	45	9	45	9	45	9	45

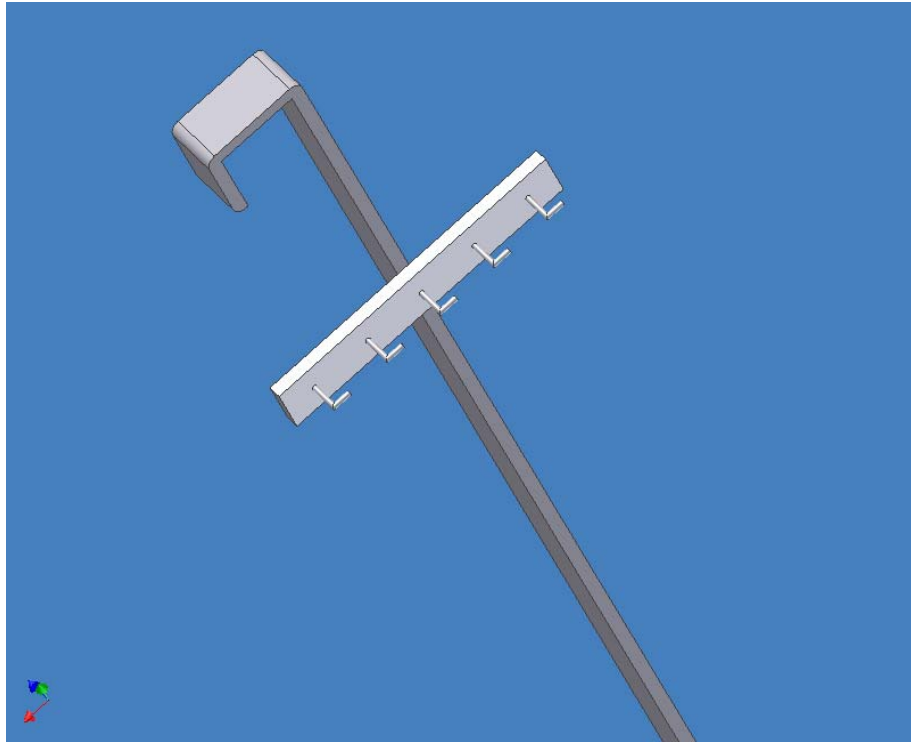
Tabla N° 5.3: Matriz morfológica del diseño de los montajes de piezas.
Continuación.

Criterio	Jerarquía	Idea. N°12		Idea. N°13		Idea. N°14		Idea. N°15		Idea. N°16	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
C.11.- Estética	1	7	7	6	6	7	7	7	7	6	6
C.12.-Fácil manejo para los operarios	3	7	21	7	21	8	24	8	24	7	21
C.13.-Mejor disposición de las piezas	4	8	36	8	36	8	24	7	28	8	32
C.14.-Que no ocupe mucho espacio	3	8	24	9	27	7	21	8	24	8	21
C.15.-Fácil mantenimiento	2	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12
TOTAL			396		401		363		396		398

Fuente: Elaboración Propia

Con la ponderación más alta (405 puntos) observamos la idea N° 9 en la Figura N° 5.13

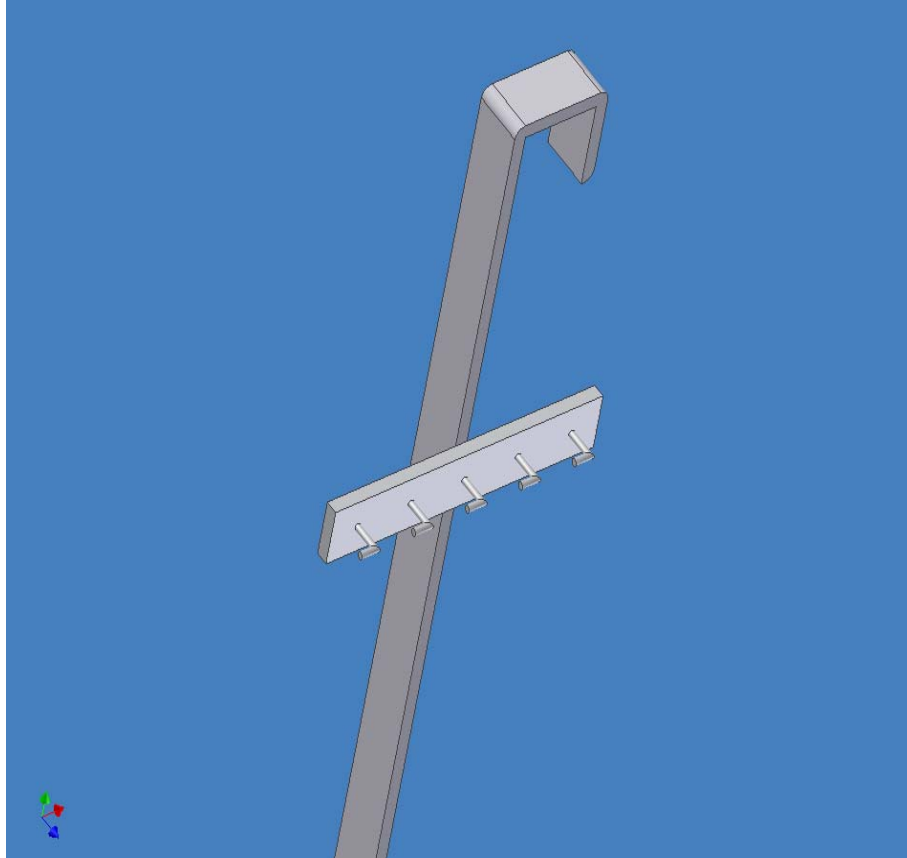
Figura N° 5.13: Vista ampliada de la propuesta solución del primer sistema de montaje piezas. Montaje lateral



Fuente: Elaboración Propia

Esta solución se realizará para las piezas más grandes que tienen geometrías rectangulares, tal como las que se muestra en el apéndice A.1. Este diseño se realizó con la pletina de ambos lados derecho e izquierdo, esta pletina se soldará a la pletina en forma de bastón y de igual forma se soldarán los tubos que soportan a las piezas. En esta figura se aprecia el diseño del lado derecho. En la Figura 5.14 se muestra este diseño pero del lado izquierdo.

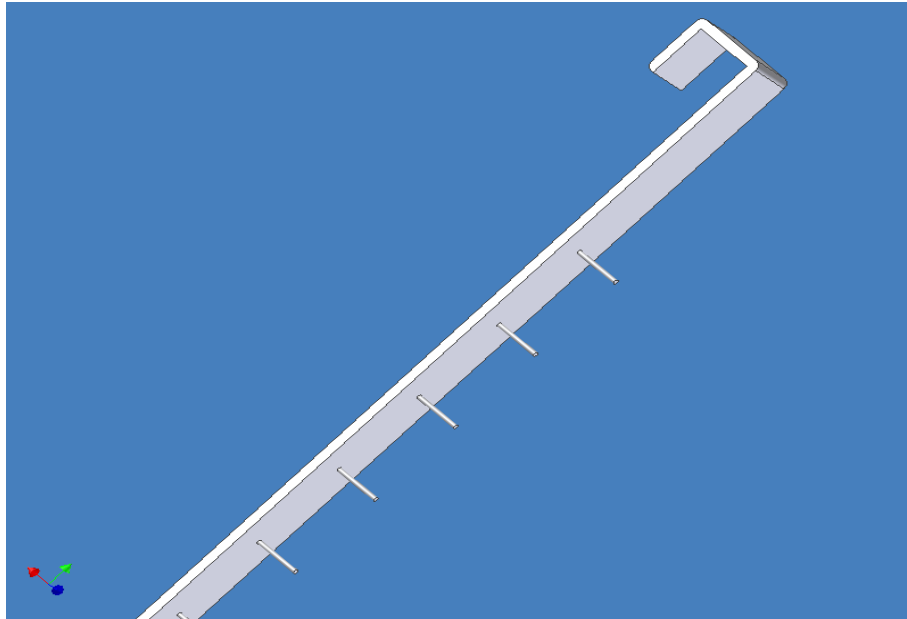
Figura N° 5.14: Vista ampliada de la propuesta solución del primer sistema de montaje de piezas. Montaje lateral lado izquierdo



Fuente: Elaboración Propia

La segunda propuesta con una ponderación de 404 puntos se puede apreciar en la Figura N° 5.15

Figura N° 5.15: Vista ampliada de la propuesta solución del segundo montaje de piezas. Montaje Vertical

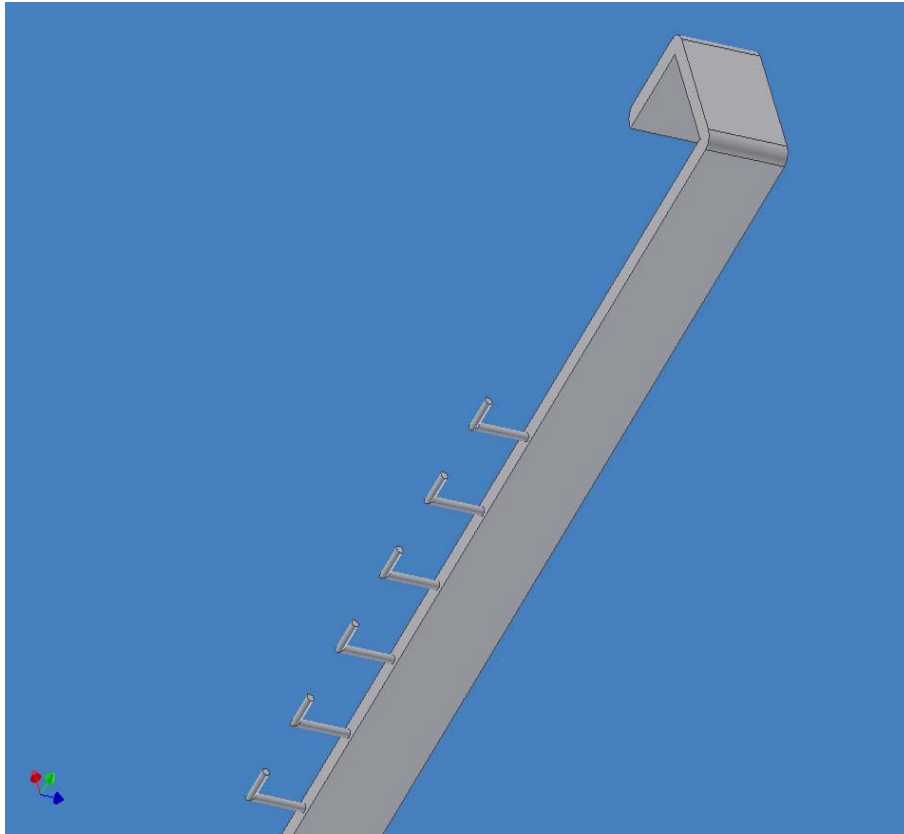


Fuente: Elaboración Propia

Esta solución de diseño se utilizará para las piezas medianas y pequeñas que tengan geometrías rectangulares y cuadradas. Estas piezas se muestran en el apéndice A.2. Los tubos que se ven la figuran se soldarán al bastón tal como se en la figura 5.15.

La tercera propuesta de diseño con una ponderación de 401 puntos es la idea N° 13 se puede observar el Figura N° 5.16

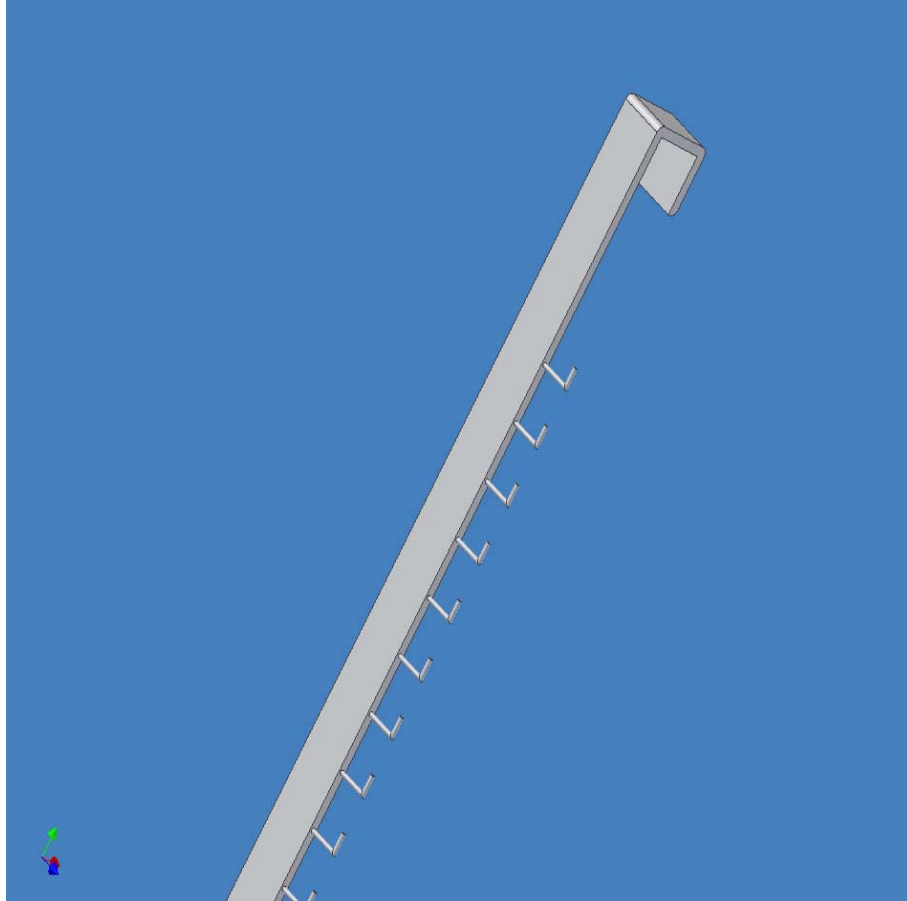
Figura N° 5.16: Vista ampliada de la propuesta solución del tercer montaje de piezas. Montaje lateral tubos doblados en L



Fuente: Elaboración Propia

En este sistema se colocaran también las piezas pequeñas y medianas con formas rectangulares y cuadradas, un ejemplo del tipo de piezas que se van a colocar en este montaje se muestra en el apéndice A.3. Este diseño se realizó con los tubos soldados tanto en el lado derecho y el lado izquierdo, en esta figura se muestra el montaje del lado derecho, en la Figura N° 5.17 se muestra el diseño del lado izquierdo.

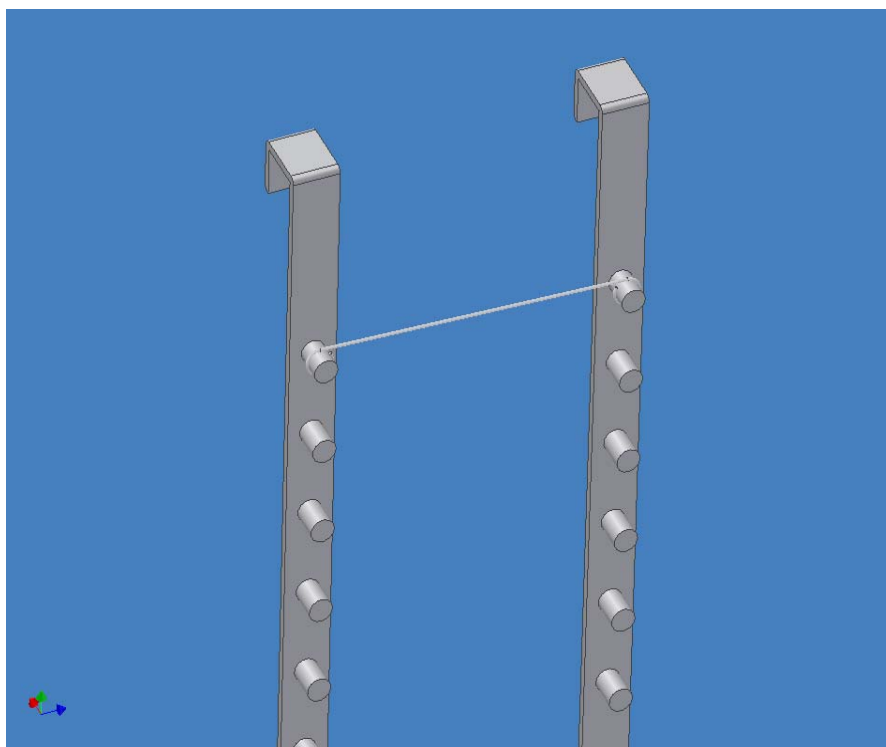
Figura N° 5.17 Vista ampliada del montaje de piezas. Montaje lateral con tubos doblados en L lado izquierdo.



Fuente: Elaboración Propia

El siguiente sistema de montaje con una ponderación de 400 puntos es la idea N°10 que se muestra en la Figura N°5.18

Figura N° 5.18 Vista ampliada del cuarto montaje de piezas. Montaje Guindadero.

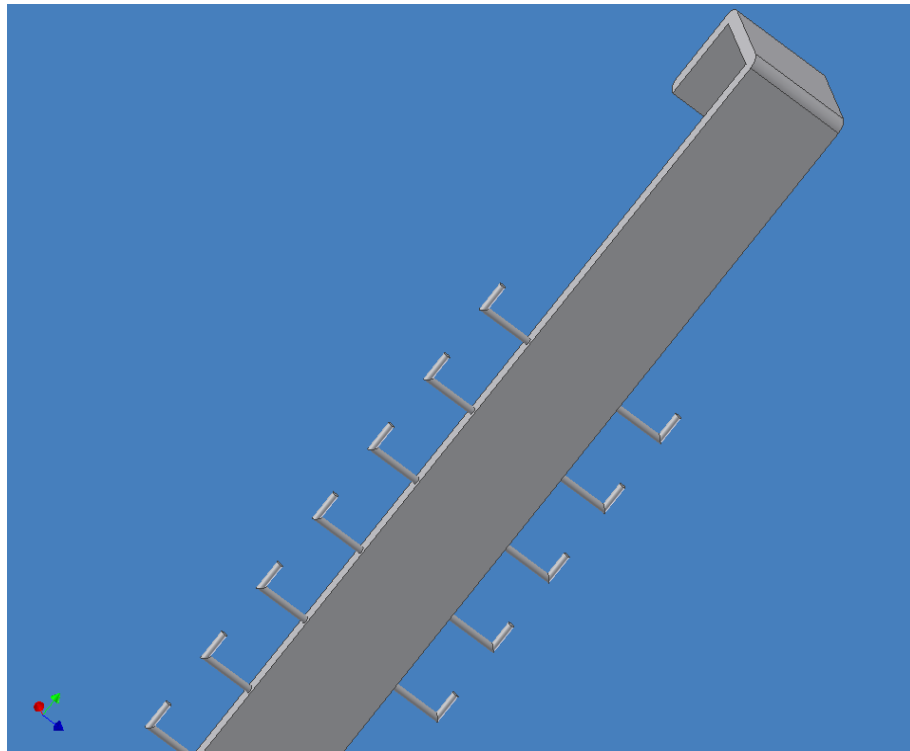


Fuente: Elaboración Propia

En este sistema se colocan alrededor del alambre que se aprecia en la figura las piezas de geometrías cilíndricas y circulares (piezas del apéndice A.4). Igualmente a este diseño de montajes se le soldarán tubos de aluminio y a estos se les colocara entre ellos un alambre de aluminio.

La siguiente propuesta es la idea N°16 con una ponderación de 398 puntos y la apreciamos mejor en la Figura N° 5.19

Figura N° 5.19 Vista ampliada del quinto montaje de piezas. Montaje lateral doble con tubos doblados en L



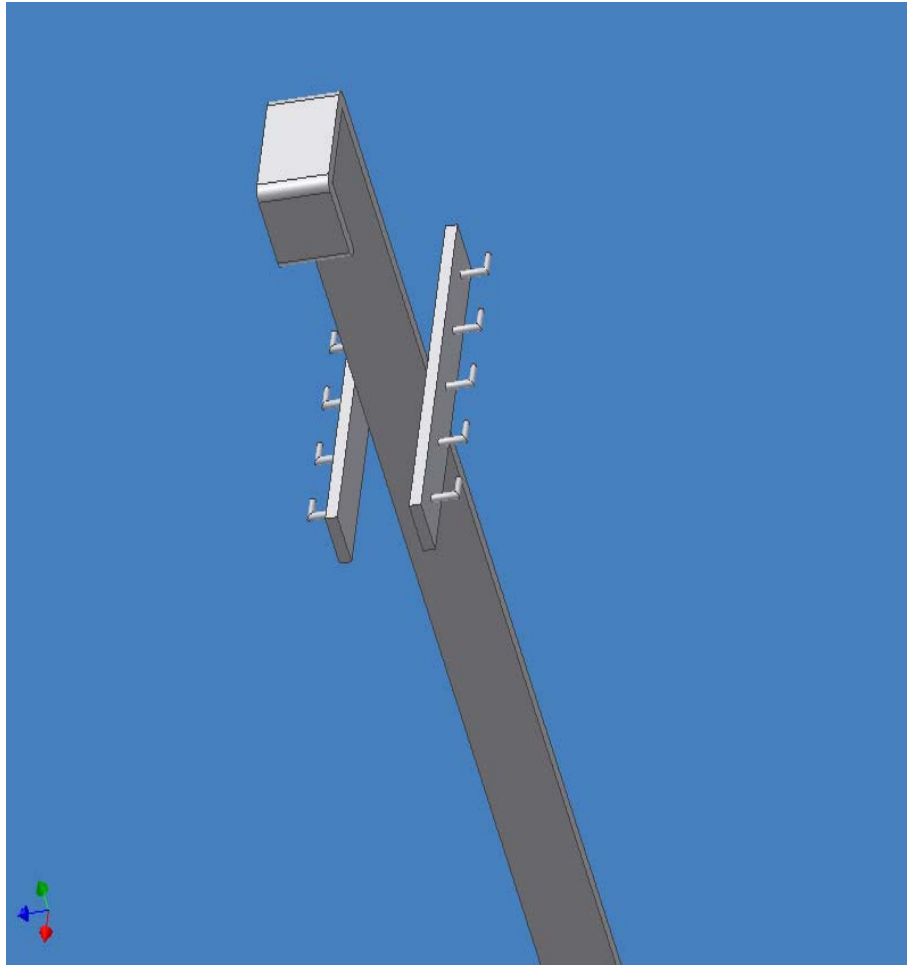
Fuente: Elaboración Propia

En este sistema igualmente se colocaran piezas medianas y pequeñas de geometrías rectangulares y cuadradas diferentes a las piezas que se colocaran en los otros sistemas. Las piezas colocadas en este sistema son las mostradas en el apéndice A.3

El siguiente sistema tiene una ponderación de 396 puntos y es la idea N°12 que se observa en la Figura N° 5.20

Figura N° 5.20 Vista ampliada del sexto montaje de piezas.

Montaje lateral doble



Fuente: Elaboración Propia

En este sistema se colocaran las piezas grandes de geometrías rectangulares este sistema se utiliza en conjunto con los otros sistemas de montajes laterales (izquierdo y derecho), este irá en el medio y los otros dos en los extremos para una bajada de 10 piezas.

Al igual que el sistema anterior este diseño tiene una ponderación de 396 puntos y corresponde a la idea N°15 y se visualiza mejor en la Figura N° 5.21

Figura N° 5.21 Vista ampliada del séptimo montaje de piezas. Montaje lateral con tubos rectos a los lados

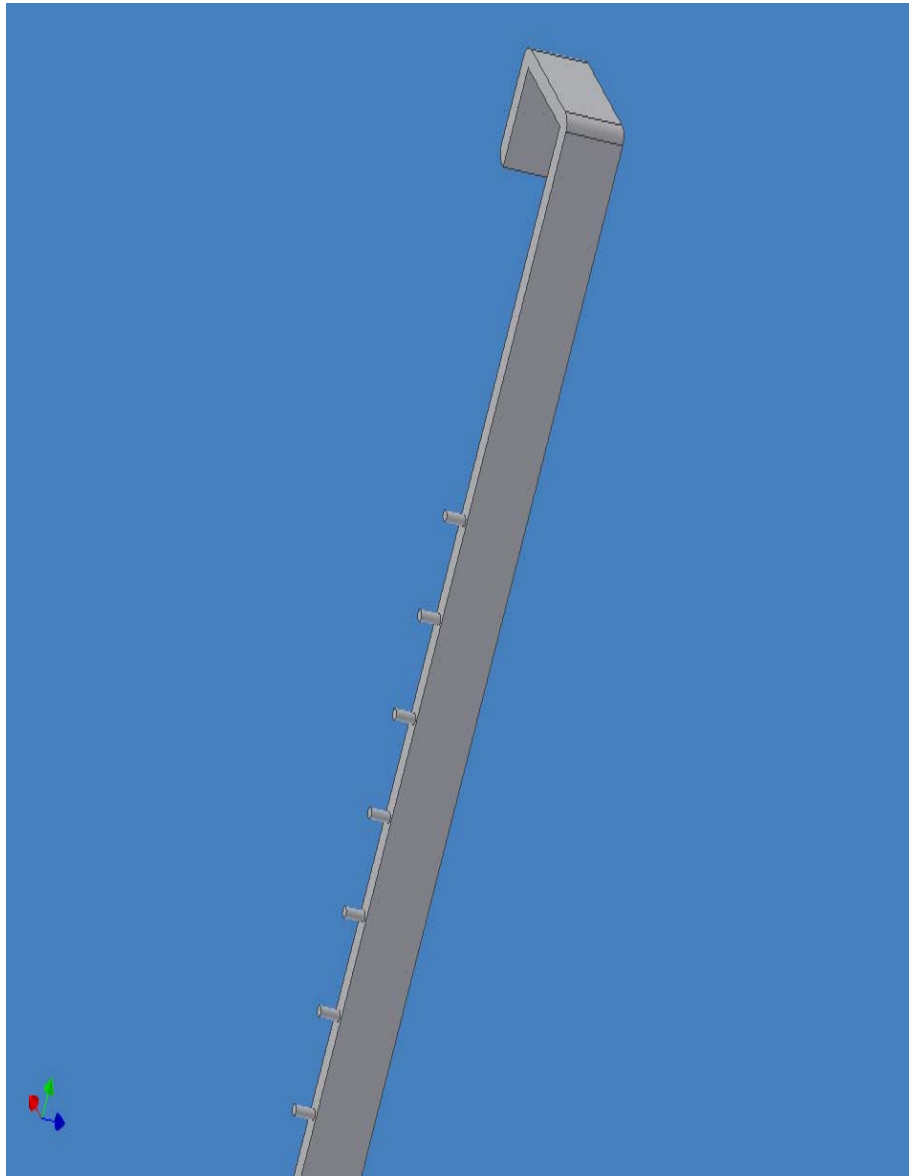


Fuente: Elaboración Propia

En este sistema también se colocaran algunas de las piezas medinas y pequeñas de geometrías rectangulares y cuadradas (apéndice A.5), este diseño es realizado para colocar un sistema del lado derecho y uno de lado izquierdo. En esta figura se ve el que se coloca de lado izquierdo. En la Figura N° 5.22 se observa el sistema que se coloca del lado derecho. Tal como se observa en la figura podemos ver de igual forma que los montajes anteriores se soldaran estos tubos al bastón.

Estos sistemas trabajan en conjunto el izquierdo y el derecho

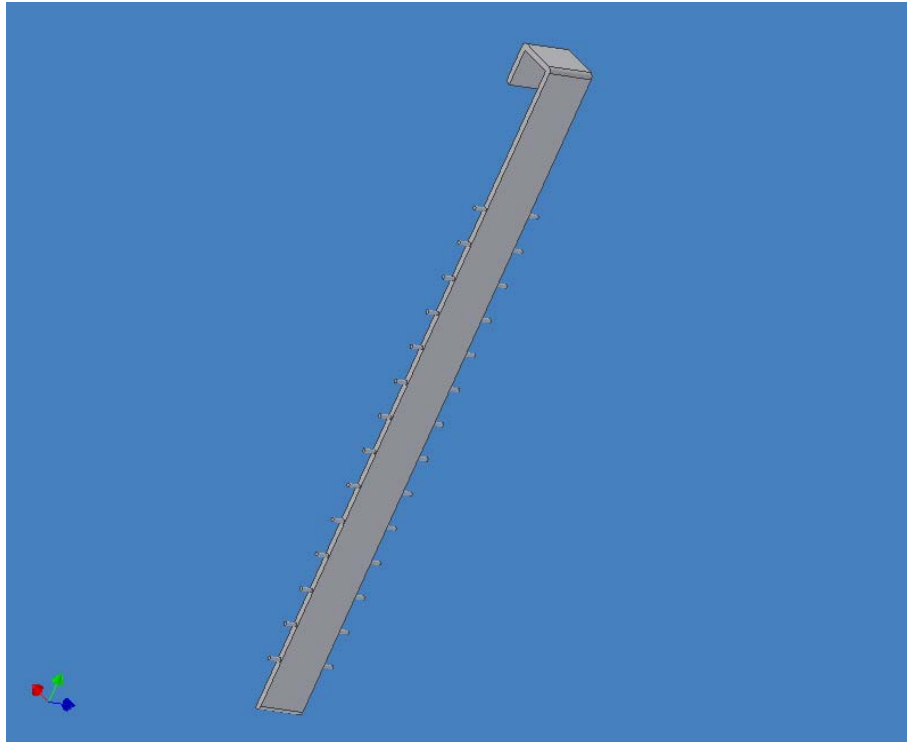
Figura N° 5.22 Vista ampliada del Montaje Lateral con tubos rectos lado derecho.



Fuente: Elaboración Propia

El último sistema escogido de la matriz morfológica con una ponderación de 363 puntos es la idea N° 14 y se ve en la Figura N° 5.23

Figura N° 5.23 Vista ampliada del octavo montaje de piezas. Montaje lateral con tubos en ambos lados



Fuente: Elaboración Propia

En este sistema trabajara en conjunto con el montaje anterior y se colocaran las piezas medianas y pequeñas de geometrías rectangulares y cuadradas.

5.5.4 Diseño del sistema de enfriamiento del electrolito

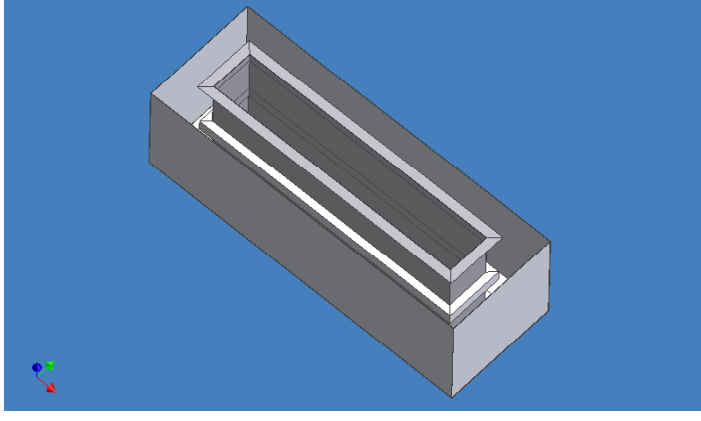
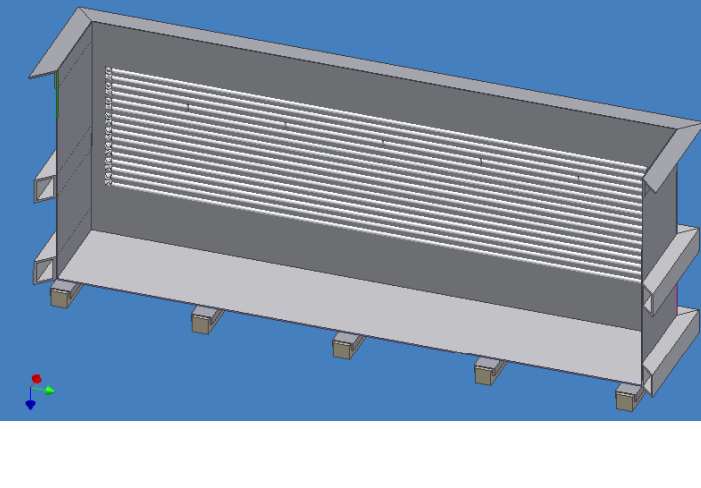
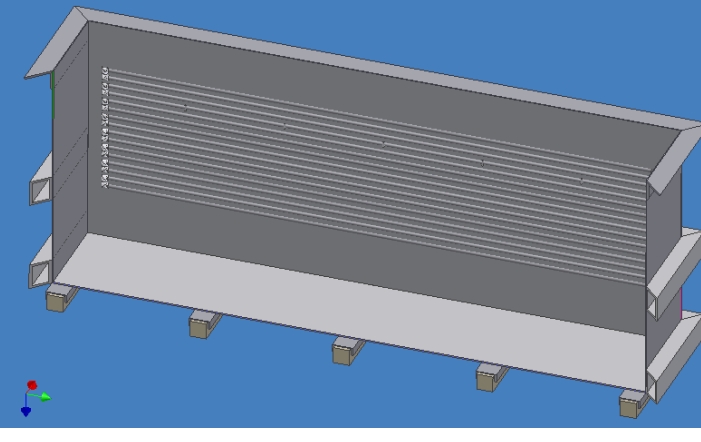
Para comenzar el diseño del sistema de enfriamiento del electrolito fue necesario definir condiciones y especificaciones que el sistema debía cumplir, esas condiciones son las siguientes:

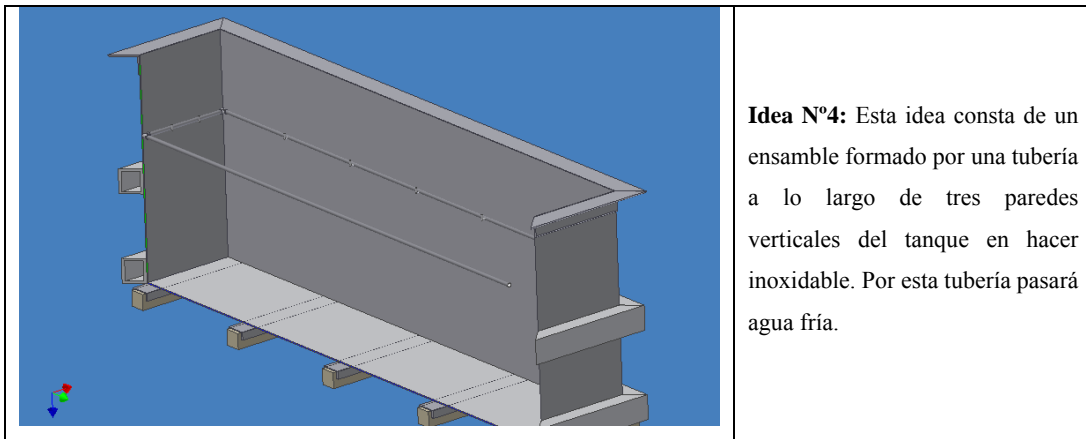
1. Fácil mantenimiento.
2. Durabilidad.
3. Debe ser construido con materiales existentes en el mercado nacional.
4. Bajo costo de fabricación y mantenimiento.
5. Capaz de soportar los esfuerzos a los cuales estará sometido.
6. El sistema deberá enfriar la solución electrolítica a la temperatura deseada.
7. Capaz de manejar las bajas temperaturas a los cuales estará sometido.
8. El material del sistema de refrigeración debe tener alta conductividad térmica.
9. De bajo peso.
10. Construcción y ensamblaje sencillo.
11. La estructura del sistema de refrigeración debe ser estable.
12. El material de construcción debe ser resistente a la corrosión.
13. Este sistema debe estar adaptado al sistema del tanque de anodizado.

a) Búsqueda de alternativas de solución del sistema enfriamiento del electrolito

Luego de establecer los criterios de diseño se comienza a realizar la búsqueda de alternativas para el sistema de enfriamiento del electrolito que mejor se ajuste a las especificaciones y requerimientos dados en el apartado 5.4. En la figura N° 5.24 se muestran las ideas propuestas.

Figura N° 5.24 Propuestas de diseño del sistema de enfriamiento del electrolito.

	<p>Idea N°1: Este diseño consta en colocar el tanque de anodizado de aluminio dentro de otro tanque de material plástico que se encuentra lleno de agua fría que recirculará a través de todo el tanque.</p>
	<p>Idea N°2: Este sistema consta de dos serpentines de PVC se colocaran uno en cada pared lateral más larga del tanque, por ellos pasará agua fría en circulación. En la figura se muestra solo un serpiente para observar mejor el sistema</p>
	<p>Idea N°3: Esta idea es igual a la anterior solo que el material de los serpentines es acero inoxidable</p>



Fuente: Elaboración Propia

b) Evaluación y selección de alternativas de solución del diseño del sistema de enfriamiento del electrolito

Siguiendo la misma metodología empleada para la evaluación de los tanques utilizados para los baños se realizará para este diseño.

c) Matriz morfológica del diseño del mecanismo del sistema de enfriamiento del electrolito

A continuación se presenta, en la Tabla N° 5.4 el arreglo para evaluar las alternativas propuestas de diseño para el sistema de refrigeración del electrolito.

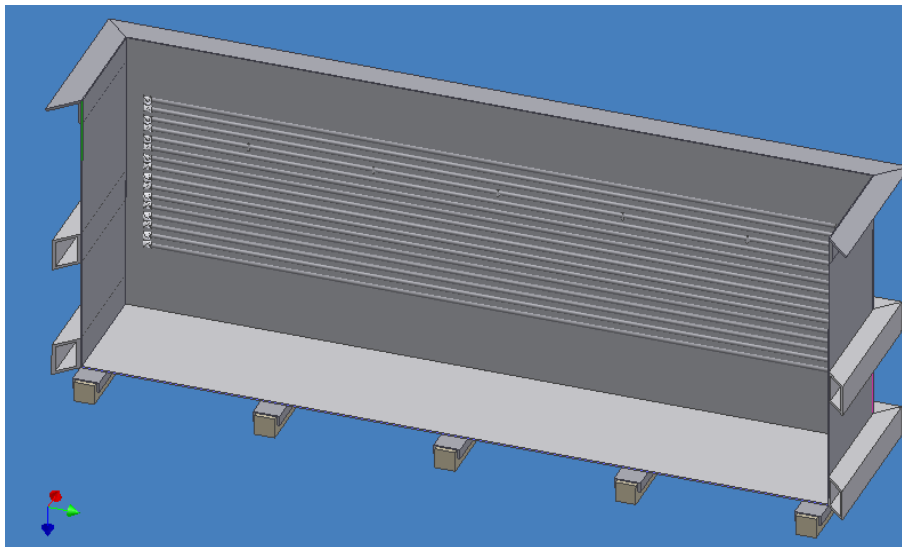
Tabla N° 5.4 Matriz morfológica del diseño del sistema de enfriamiento del electrolito

Criterio	Jerarquía	Idea. N°1		Idea. N°2		Idea. N°3		Idea. N°4	
		Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación	Puntos	Ponderación
C.1.-Fácil mantenimiento	2	7	14	5	10	5	10	5	10
C.2.- Durabilidad	5	8	40	10	50	10	50	10	50
C.3.- Construido con materiales existentes en el país	3	10	30	8	24	10	30	10	30
C.4.-Bajo costo de fabricación y mantenimiento	3	6	18	5	15	8	24	8	24
C.5.-Capaz de soportar los esfuerzos producidos por la carga que se le inducirá	3	7	21	8	24	9	27	8	24
C.6.-Enfriar la solución electrolítica a la temperatura deseada.	5	8	40	6	30	9	45	1	5
C.7.-Capaz de manejar las bajas temperaturas a los cuales estará sometido.	5	8	40	10	50	10	50	9	45
C.8.-El material del sistema de refrigeración debe tener alta conductividad térmica.	5	2	10	7	35	10	50	10	50
C.9.-Bajo peso	2	2	4	8	16	9	18	10	20
C.10.Fácil construcción y ensamblaje sencillo	3	5	15	6	18	7	21	7	21
C.11.-El sistema debe ser estable	1	9	9	7	7	7	7	6	6
C.12.-El material de construcción debe ser resistente a la corrosión.	5	1	5	10	50	10	50	10	50
C.13.-Este sistema debe estar adaptado al sistema del tanque de anodizado.	4	10	40	10	40	10	40	10	40
Total			286		369		422		475

Fuente: Elaboración Propia

Al observar la matriz morfológica se puede apreciar que la propuesta que posee una mayor ponderación es la alternativa N°3 la cual fue la elegida para el diseño del sistema de enfriamiento de la solución electrolítica que se encuentra dentro del tanque de anodizado ya que fue la que mejor se ajustó a los parámetros de diseño. Esta alternativa se puede apreciar mejor en la Figura N° 5.24

Figura N° 5.25 Vista ampliada de la propuesta solución del sistema de enfriamiento del electrolito.



Fuente: Elaboración Propia

El sistema de calentamiento para los tanques de desengrase y de decapado tiene la misma forma que la del sistema de enfriamiento la diferencia es que el agua que pasa por los serpentines del enfriamiento es agua helada (8 °C) y que en los serpentines del calentamiento pasa agua caliente (70 °C) pero utilizan el mismo principio de funcionamiento.

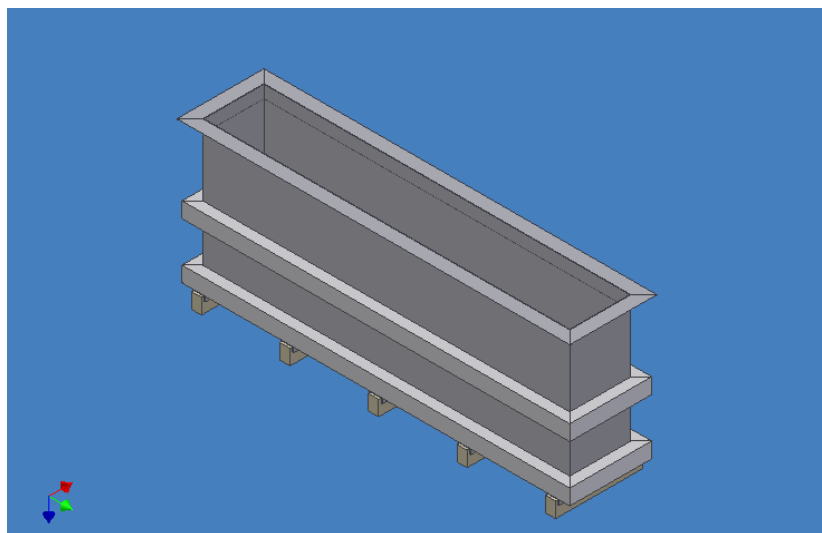
5.6 Resumen de las propuestas finales

5.6.1 Tanques

a) Tanques de pre y post tratamiento al anodizado

Los tanques de los procesos de pretratamiento y postratamiento serán como los que se muestran en la figura N° 5.49. Los planos de este diseño de tanques y sus componentes se encuentran dentro del apéndice C.1.

Figura N° 5.26 Tanques de los procesos de pre y post tratamiento al anodizado

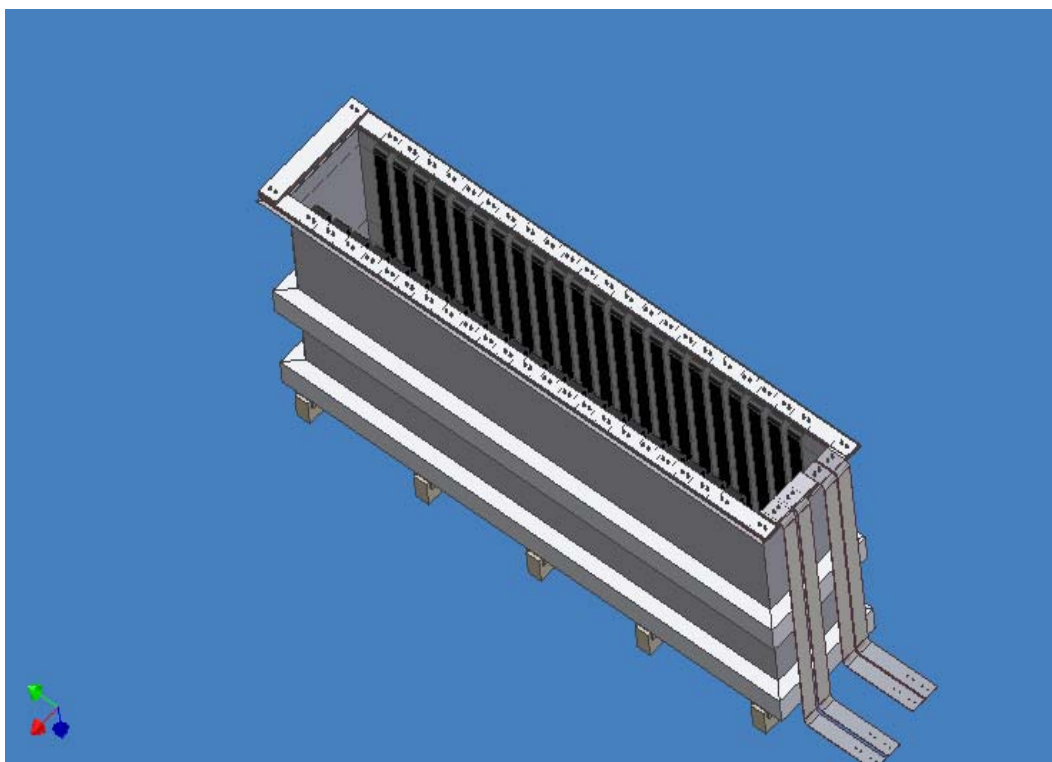


Los tanques se formaran por medio de láminas de acero soldadas en sus esquinas por medio de la soldadura TIG.

Los tanques tendrán como cuadros de soporte tanto en su base y a lo 54.8 cm de la misma un tubo hueco rectangular que se soldará a las laminas por medio de soldadura aplicada para la formación del mismo. Para la altura de 140 cm de su base se coloco un perfil L que se soldará al tanque. Para el soporte de los mismos en la base se dispuso de perfiles C que se colocaran de igual forma que los perfiles anteriores.

b) Tanque de anodizado

Este tanque tiene como base la misma estructura que los tanques para el pre y post tratamiento del proceso, solo varia por los diferentes accesorios que se le colocan para cumplir con los diferentes parámetros que son necesarios durante el proceso, tales como pletinas de aluminio para la conducción de corriente (incluyendo las pletinas que van hacia el rectificador), laminas de madera que cumplen su función de aislante y las láminas de plomo que permiten que se de la electrolisis del proceso. Este tanque se muestra en la siguiente figura y sus dimensiones y las de sus accesorios se pueden observar dentro del Apéndice C.2.

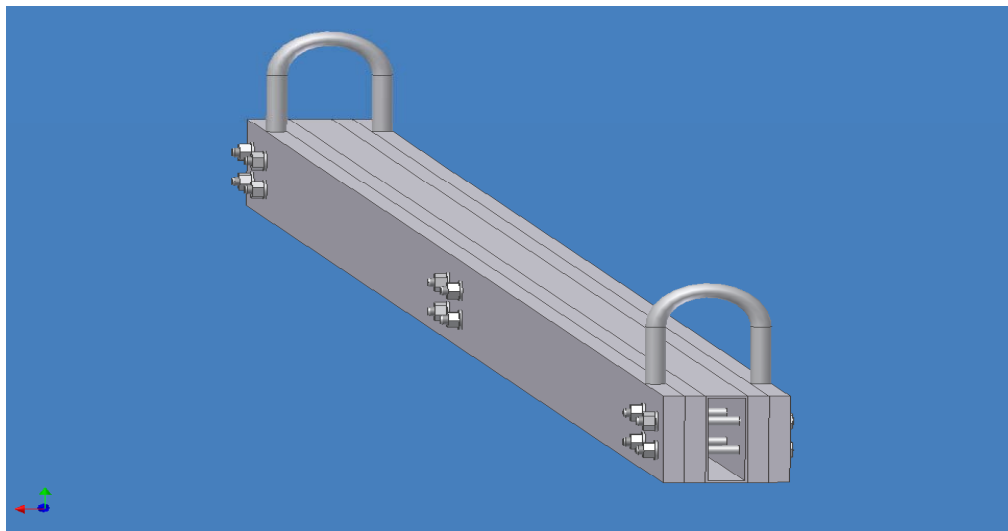
Figura N° 5.27 Tanque de anodizado

Las uniones entre las laminas de plomo (laminas de color negro) con las pletinas de aluminio así como también las diferentes uniones de pletinas se realizan como uniones atornilladas por medio de tornillos de cabeza hexagonal de 5/16 de diámetro y su longitud de lo que estemos fijando.

5.6.2 Soporte de montajes de piezas

El diseño escogido está formado por medio de pletinas de aluminio y de un perfil de tubería hueca también de aluminio, esto con el fin de poder mantener una buena conducción de corriente. Esta perfilaría se podrá unir entre sí por medio de tornillos de cabeza hexagonal de 5/16 con una longitud requerida por el soporte. Este soporte se muestra en la figura N° 5.52.

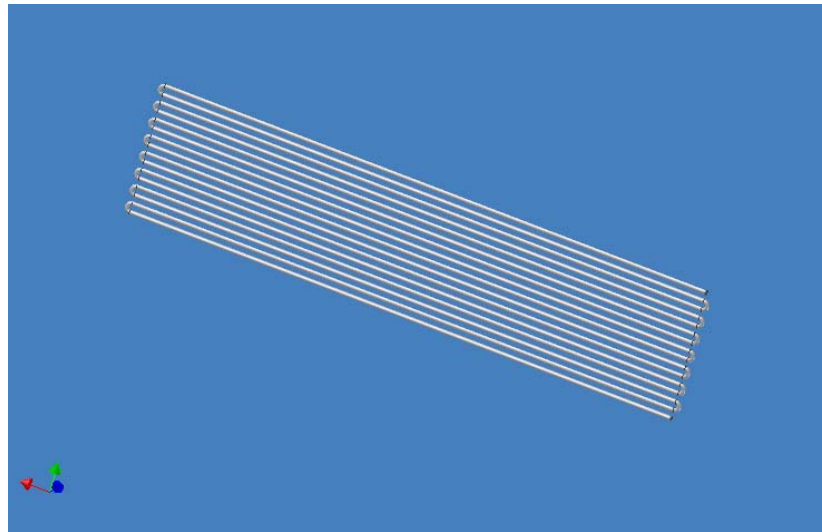
Figura 5.28 Soporte de montajes de piezas



A este soporte se le soldarán unas asas que permitirán el manejo del mismo. Las medidas de este soporte y se pueden ubicar dentro de los Apéndice C.3.

5.6.3 Serpentín para el enfriamiento del electrolito y para el calentamiento de las soluciones de los tanques de desengrase y decapado.

Para el cumplimiento de los diferentes parámetros del proceso de anodizado se planteó como diseño un serpentín de 16 pasos de acero inoxidable (para que soportara los ataques producidos por las diferentes soluciones ácidas) por el cual pasará agua a la temperatura deseada por cada proceso. El serpentín se muestra en la figura N° 5.29.

Figura N° 5.29 Serpentín

Las dimensiones de este serpentín se pueden encontrar dentro del apéndice C.5. Este serpentín será colocado dentro de los tanques mediante pequeños sujetares en forma de L que se fabricaran de hacer inoxidable; para observar como se colocaran los serpentines dentro de los tanques podemos ver las siguientes figuras:

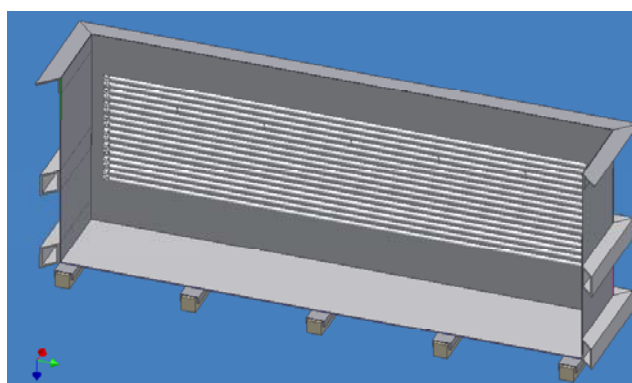
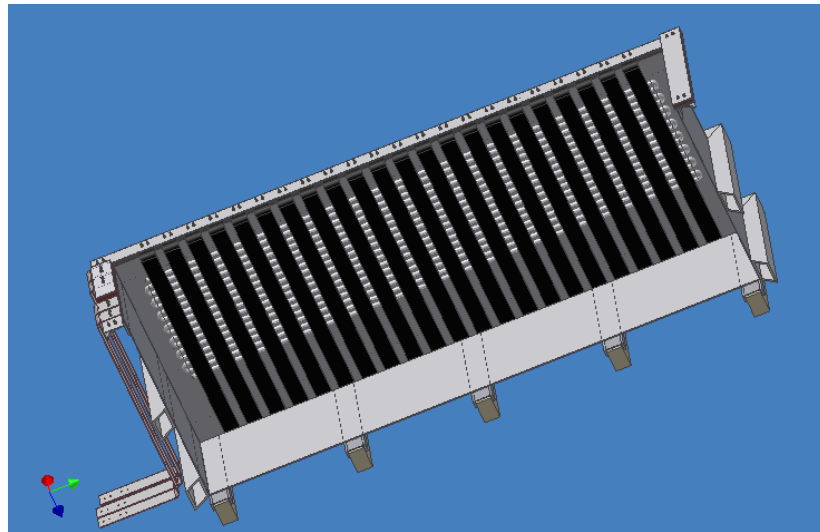
Figura N° 5.30 Serpentín dentro de los tanques de Desengrase y Decapado

Figura N° 5.31 Serpentín dentro del tanque de Anodizado



5.6.4 Montajes de piezas

El montaje de piezas se realizará como se explico durante el proceso de tormentas de ideas y las dimensiones de cada uno de estos elementos se pueden encontrar dentro del apéndice C.4.

5.7 Cálculos de los equipos fabricados por la empresa.

5.7.1 Capacidad y Diseño de los Tanques

En la determinación del espesor para la colocación de los soportes para los tanques se usará la teoría de deformación de láminas rectangulares, por lo que se trabaja con fórmulas que se basan en cálculos matemáticos muy precisos y pueden admitirse como suficientemente aproximadas, mientras sean válidas las hipótesis en que se fundan.

Estas hipótesis son las siguientes:

- a) La placa es plana, de espesor uniforme y de material homogéneo e isotrópico.
- b) El espesor no excede a la cuarta parte de la dimensión transversal mínima, y la flecha no es mayor que la mitad del espesor.
- c) Todas las fuerzas son normales a la placa.
- d) Las tensiones que sufre la placa no sobrepasan el límite elástico.

Para el diseño se va a suponer que todas las láminas que conformarán el tanque serán estudiadas como placas empotradas en todos sus lados con carga uniformemente distribuida a lo largo de toda su superficie.

a) Cálculo de cargas en las láminas del tanque

Las paredes de la cuba están sometidas a la presión aplicada por el fluido, que varía linealmente con la profundidad. En este caso, a mayor profundidad mayor presión. Esta concentración de fuerzas causa el abombamiento de las paredes del tanque, por lo que se deforman.

La fuerza ejercida por un fluido sobre una pared plana se puede interpretar como una distribución volumétrica de presiones. En otras palabras, se tiene un prisma de base triangular hy .

El caso del fondo es semejante al anterior. Estará sometido a un prisma de presiones pero, en este caso la presión se mantiene igual en todos los puntos.

Los valores máximos de presión se calculan de la siguiente manera:

$$w_a = \gamma \times h = \rho \times g \times h \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Donde:

h: profundidad

b: ancho del tanque

γ : peso específico del líquido

Para nuestro caso tenemos que los valores son los siguientes:

$$\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h = 1.3 \text{ m}$$

$$w_a = 2000 \times 9.81 \times 1.3 = 25506 \text{ N/m}^2 = 0.26 \text{ Kgf/cm}^2$$

b) Máximo ancho “b” que debe existir entre soportes para minimizar la deformación

Las fórmulas utilizadas son válidas para deformaciones muy pequeñas producidas en la zona elástica del material, una vez que se supera ese límite no se pueden utilizar.

La flecha máxima se presenta en el centro de la lámina y se calcula de la siguiente manera:

$$y_{\max} = \frac{0.0284 \omega_a b^4}{Et^3(1 + 1.056\alpha^5)} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Donde:

ω_a : carga unitaria aplicada [kgf/cm²]

t: espesor de la placa [cm]

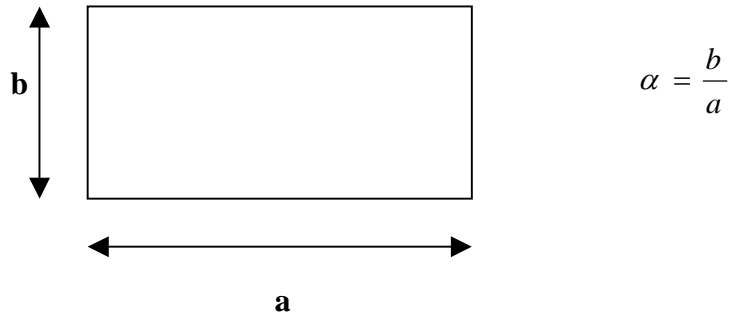
y: flecha vertical de la placa [cm]

E: modulo de elasticidad [kgf/cm²]

b: ancho máximo que debe existir entre los soportes [m]

α : relación entre ancho entre los soportes y largo de la lámina como se observa en la siguiente figura:

Figura N° 5.32 Relación α



Como para nuestro caso limitamos el valor de la Y_{MAX} a la mitad del espesor de la lámina y sustituyendo el valor de α , despejamos de la ecuación 6.2 el valor del b , quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$\left(\frac{1,056 \times E \times t^3}{a^5}\right)b^5 - (0,0284 \times w_a)b^4 + (Y_{MAX} \times E \times t^3) = 0 \quad \text{Ecuación 5.3}$$

Para nuestros tanques los datos son los siguientes:

$$a = 360cm$$

$$w_a = 0,26 \text{ Kg}f/cm^2$$

$$Y_{MAX} = 0,25cm$$

$$t = 0,5cm$$

$$E = 210000 \text{ Kg}f/cm^2$$

$$\left(\frac{1,056 \times 210000 \times 0,5^3}{360^5}\right)b^5 - (0,0284 \times 0,26)b^4 + (0,25 \times 210000 \times 0,5^3) = 0$$

Resolviendo la ecuación polinómica obtenemos el valor “b”

$$b = 54,8cm = 0,548m$$

Donde “b” es el ancho que debe existir entre cada soporte de la lámina para minimizar la deformación. Por lo tanto una lámina de 3,6 metros de largo, si tiene un ancho entre soportes de aproximadamente 54,8 cm, se deformará 2,5 mm. Como la carga no es constante, como lo supone la fórmula, el desplazamiento real será menor al límite establecido.

c) Esfuerzo máximo que se presenta en el centro de los bordes largo S_b

El esfuerzo máximo se presenta en el centro de los borde más largos y se calcula de la siguiente manera:

$$S_b = \frac{0.5\omega_a b^2}{t^2(1 + 0.623\alpha^6)} \quad \text{Ecuación 5.4}$$

Donde los valores para los tanques son los siguientes:

$$a = 360\text{cm}$$

$$w_a = 0,26 \text{Kgf/cm}^2$$

$$Y_{MAX} = 0,25\text{cm}$$

$$t = 0,5\text{cm}$$

$$E = 210000 \text{Kgf/cm}^2$$

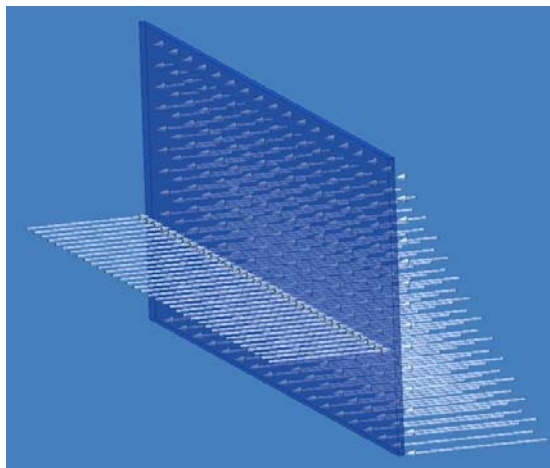
$$b = 54,8\text{cm}$$

$$S_b = \frac{0,5 \times 0,26 \times 54,8^2}{0,5^2 (1 + 0,623 \times \left(\frac{54,8}{360}\right)^6)} = 1561,57 \text{Kgf/cm}^2 = 156,157 \text{MN/m}^2$$

d) Fuerza dada por los soportes a la lámina del tanque w_{L1} y w_{L2}

Al analizar una pared se observa que la distribución de cargas es de la siguiente forma:

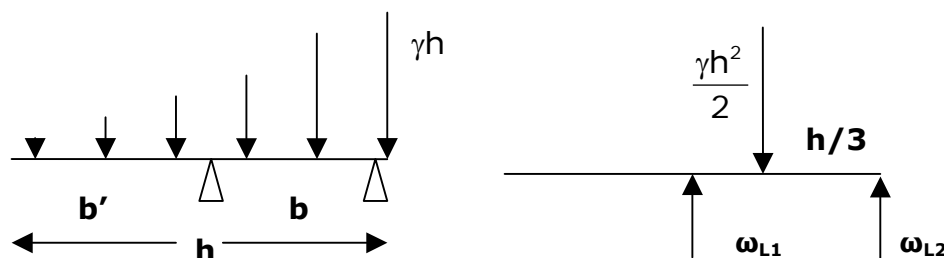
Figura N° 5.33 Distribución de carga en la lámina del tanque



Donde la carga del soporte se representa como una distribución lineal.

La lámina se puede ver como una viga de la siguiente manera, suponiendo que los apoyos son dos marcos de viga.

Figura N° 5.34 Diagrama de cuerpo libre de la lamina del tanque



Entonces tenemos que las fuerzas debidas a los marcos de viga son las siguientes:

$$\omega_{L1} = \left(\frac{h}{3 \times b} \right) \frac{\gamma \times h^2}{2} \quad \text{Ecuación 5.5}$$

$$\omega_{L2} = \left(1 - \frac{h}{3 \times b} \right) \frac{\gamma \times h^2}{2} \quad \text{Ecuación 5.6}$$

Para los tanques en estudio tenemos que los valores de estas fuerzas ejercidas por los soportes son los siguientes:

$$\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

$$b = 0,548 \text{ m}$$

$$w_{L1} = \left(\frac{1,3}{3 \times 0,548}\right) \times \frac{9,81 \times 2000 \times 1,3^2}{2} = 13111,36 \text{ N/m}$$

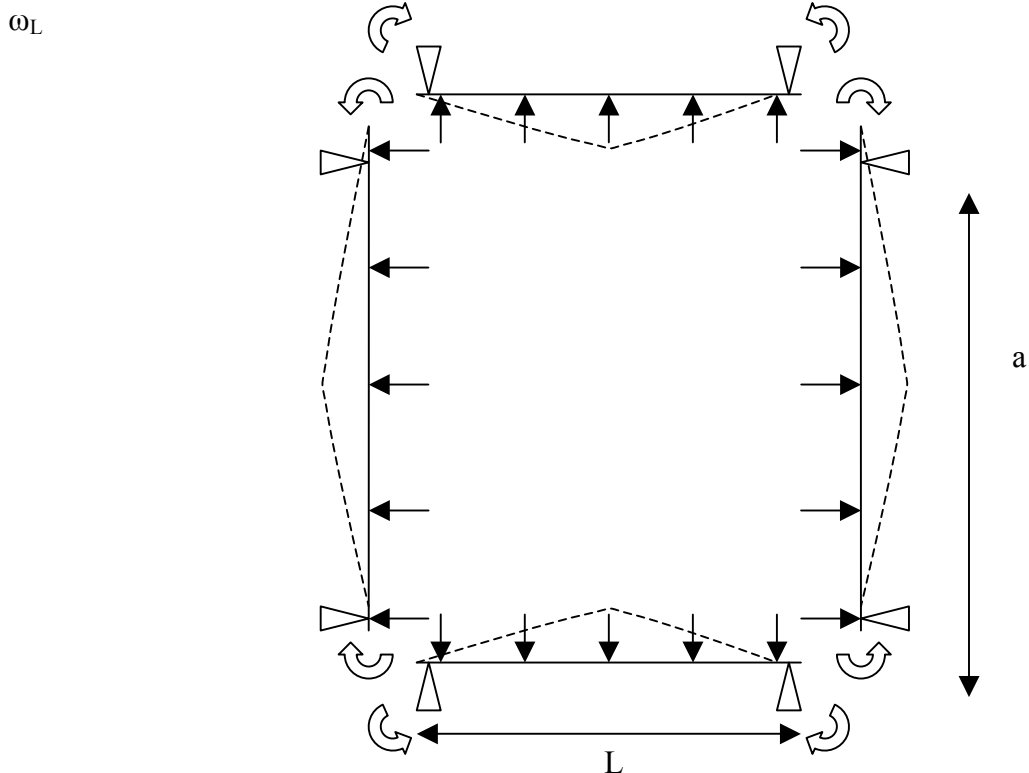
$$w_{L2} = \left(1 - \frac{1,3}{3 \times 0,548}\right) \times \frac{9,81 \times 2000 \times 1,3^2}{2} = 3467,54 \text{ N/m}$$

e) Momentos M_1 y M_2 en los cuadros de viga

Para determinar la flexión en los perfiles puestos en forma de cuadro se utilizará la teoría de deformación de cuadros.

Dado el cuadro, sometido a una carga linealmente distribuida de valor ω_L , obtenida anteriormente, su diagrama de cuerpo libre se muestra a continuación.

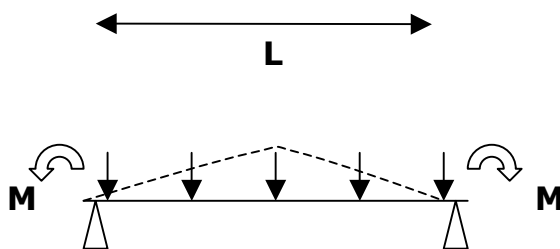
Figura N° 5.35 Diagrama de cuerpo libre de la lámina sometido a la carga



Donde “L” representa la altura del tanque y “a” la longitud del mismo. Debido a la geometría de la deformación, las esquinas del marco no tienen desplazamiento, por ello los elementos del marco se analizan como vigas simplemente apoyadas en los extremos, con un momento M aplicado en cada uno.

Primer caso:

Figura N° 5.36 Diagrama de cuerpo libre lado de longitud “L”



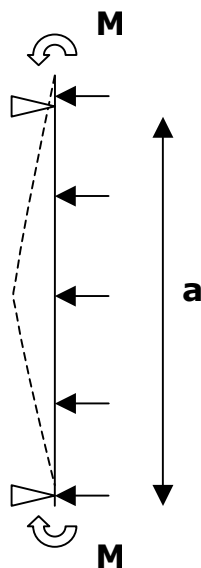
En este caso se supone una deformación hacia la parte interior del cuadro, y un momento anti-horario.

$$y_{\max} = \frac{ML^2}{8EI} - \frac{5\omega_L L^4}{384EI} \quad \text{Ecuación 5.7}$$

$$\theta_{\max} = \frac{ML}{2EI} - \frac{\omega_L L^3}{24EI} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Segundo Caso

Figura N° 5.37 Diagrama de cuerpo libre lado de longitud “a”



$$y_{\max} = \frac{5\omega_L a^4}{384EI} - \frac{Ma^2}{8EI} \quad \text{Ecuación 5.9}$$

$$\theta_{\max} = \frac{\omega_L a^3}{24EI} - \frac{Ma}{2EI} \quad \text{Ecuación 5.10}$$

Cuando ambas vigas se deforman, los ángulos que rotan los extremos son iguales. Por esto, igualando los valores de θ (Ecuación 5.8 y Ecuación 5.10) se obtiene:

$$\frac{ML}{2EI} - \frac{\omega_L L^3}{24EI} = \frac{\omega_L a^3}{24EI} - \frac{Ma}{2EI}$$

Despejando M se obtiene:

$$M = \frac{\omega_L (a^3 + L^3)}{12 (a + L)} \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Para cada soporte tendremos un valor de momento debido a que las fuerzas en cada soporte son diferentes, por ende, tenemos que:

$$M_1 = \frac{\omega_{L1} (a^3 + L^3)}{12 (a + L)} \quad \text{Ecuación 5.12}$$

$$M_2 = \frac{\omega_{L2} (a^3 + L^3)}{12 (a + L)} \quad \text{Ecuación 5.13}$$

Por consiguiente para los siguientes valores:

$$w_{L1} = 13111,36 \text{ N/m}$$

$$w_{L2} = 3467,54 \text{ N/m}$$

$$a = 3,6m$$

$$L = 0,6m$$

$$E = 2,06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$M_1 = \frac{13111,36}{12} \times \frac{3,6^3 + 0,6^3}{3,6 + 1,3} = 12193,57 \text{ Nm}$$

$$M_2 = \frac{3467,54}{12} \times \frac{3,6^3 + 0,6^3}{3,6 + 1,3} = 3224,81 \text{ Nm}$$

f) Inercia I_1 e I_2 en los cuadros de viga

Conociendo M se puede calcular por la ecuación 5.7 y ecuación 5.9 el y_{\max} para cada valor de momento de inercia, ó, como es nuestro caso, limitar el valor del desplazamiento y calcular el momento de inercia de cualquiera de esas dos ecuaciones que sea necesario para no sobrepasar dicho límite.

De la ecuación 5.9 se despejó el valor de I , obtenemos que:

$$I = \frac{1}{Y_{MAX}} \times \left(\frac{5 \times w_L \times a^4}{384 \times E} - \frac{M \times a^2}{8 \times E} \right)$$

Para cada valor de fuerza producido en cada soporte tenemos que:

$$I_1 = \frac{1}{Y_{MAX}} \times \left(\frac{5 \times w_{L1} \times a^4}{384 \times E} - \frac{M_1 \times a^2}{8 \times E} \right) \quad \text{Ecuación 5.14}$$

$$I_2 = \frac{1}{Y_{MAX}} \times \left(\frac{5 \times w_{L2} \times a^4}{384 \times E} - \frac{M_2 \times a^2}{8 \times E} \right) \quad \text{Ecuación 5.15}$$

Con los datos que nosotros requerimos los valores de inercia son los siguientes:

$$w_{L1} = 13111,36 \text{ N/m}$$

$$w_{L2} = 3467,54 \text{ N/m}$$

$$a = 3,6 \text{ m}$$

Datos: $E = 2,06 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

$$Y_{MAX} = 0,005 \text{ m}$$

$$M_1 = 12193,57 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 3224,81 \text{ Nm}$$

$$I_1 = \frac{1}{0,005} \times \left(\frac{5 \times 13111,36 \times 3,6^4}{384 \times 2,06 \times 10^{11}} - \frac{12193,57 \times 3,6^2}{8 \times 2,06 \times 10^{11}} \right) = 8,6611 \times 10^{-6} \text{ m}^4 = 20,81 \text{ in}^4$$

$$I_2 = \frac{1}{0,005} \times \left(\frac{5 \times 3467,54 \times 3,6^4}{384 \times 2,06 \times 10^{11}} - \frac{3224,81 \times 3,6^2}{8 \times 2,06 \times 10^{11}} \right) = 2,291 \times 10^{-6} \text{ m}^4 = 5,5 \text{ in}^4$$

Entre los dos valores de inercia se tomará el más alto ya que con esto estamos asegurando que los tanques no se deformaran considerablemente. Estas vigas se escogieron según las tablas del Apéndice B.1.

Para el cuadro de viga, que se encuentra a 140 cm de la base, no se calculó el momento de inercia, ya que a ésta altura el efecto de la presión hidrostática es casi despreciable. Para este cuadro se escogió un perfil L de la tabla mostrada en el Apéndice B.2.

Para la lámina de base del tanque se colocarán perfiles C separados a cierta distancia entre ellos para minimizar la deformación de la lámina inferior. Estos perfiles son ubicados en la tabla del Apéndice B.3. Para que el tanque tenga mejor apoyo se colocarán debajo de estos perfiles bloques de concreto pesado.

5.7.2 Enfriamiento del electrolito

a) Área superficial máxima para anodizar

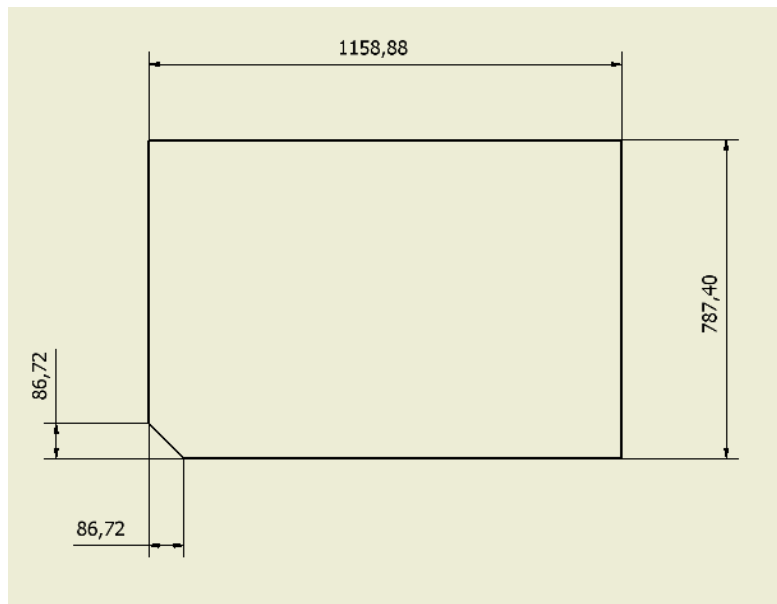


Figura N° 5.38 Pieza a anodizar de mayor dimensión

La pieza presentada en la figura anterior es la de mayor área que se anodizará en el proceso. Es una lámina de aluminio de espesor 9.525 mm. Calculamos su área total superficial.

$$A_1 = 1158,88 \times 787,40 = 912502,112 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{86,72 \times 86,72}{2} = 3760,18 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = A_1 - A_2 = 912502,112 - 3760,18 = 908741,93 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 2 \times A_3 = 2 \times 908741,93 = 1817483,87 \text{ mm}^2$$

$$A_5 = 1158,88 \times 9,525 = 11038,33 \text{ mm}^2$$

$$A_6 = 2 \times A_5 = 2 \times 11038,33 = 22076,66 \text{ mm}^2$$

$$A_7 = 787,40 \times 9,525 = 7499,985 \text{ mm}^2$$

$$A_8 = 2 \times A_7 = 2 \times 7499,985 = 14999,97 \text{ mm}^2$$

$$A_{TS} = A_4 + A_6 + A_8 = 1817483,87 + 22076,66 + 14999,97 = 1854560,5 \text{ mm}^2 = 185,46 \text{ dm}^2$$

b) Intensidad de corriente máxima

Si sabemos que para el proceso se utilizará una densidad de corriente igual a $d_c = 1,5 \frac{A}{\text{dm}^2}$, entonces tenemos que para cada lámina la intensidad de corriente será:

$$1,5A \rightarrow 1 \text{ dm}^2$$

$$I_{COR} \rightarrow 185,46 \text{ dm}^2$$

$$I_{CL} = 278,18A$$

Si por cada carga de piezas anodizar tenemos un área superficial total para 15 láminas, entonces la intensidad de corriente total máxima para el proceso será igual a:

$$I_{CT} = I_{CL} \times 15$$

$$I_{CT} = 278,18 \times 15 = 4172,75A$$

Ecuación 5.16

c) Capacidad del sistema de enfriamiento del electrolito

El número de calorías por hora producidas durante la oxidación normal a la temperatura de trabajo es aproximadamente:

$$K = 0,86 \times I_{CT} \times (V + 3) \quad \text{Ecuación 5.17}$$

Donde: I_{CT} = máxima corriente en amperios

V = máximo voltaje en voltios

K = capacidad de refrigeración en Kcal/h

Datos: $I_{CT} = 4172,75A$
 $V = 18V$

$$K = 0,86 \times 4172,75 \times (18 + 3) = 75359,87 \frac{Kcal}{h} = 298853,03 \frac{BTU}{h}$$

Si sabemos que 1 Tonelada de refrigeración son 200 BTU/h, tenemos que para cubrir la cantidad de calor disipada por el proceso de oxidación y otros calores formados durante el mismo necesitaremos un equipo de refrigeración que maneje la siguiente cantidad de toneladas de refrigeración como mínimo:

$$1Tr \rightarrow 200 \frac{BTU}{min}$$

$$K = 4980,88 \frac{BTU}{min}$$

$$Tr_p = 24,9Tr \approx 25Tr$$

d) Cálculo de número de tubos del intercambiador de calor para el sistema de refrigeración del electrolito

El calor desprendido durante la oxidación anódica es igual a:

$$q = U \times A_t \times F \times \Delta T_{ML} \quad \text{Ecuación 5.18}$$

Donde: U = Resistencia Interna Global $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$

$A_t = \text{Área total de los tubos } [m^2]$

$F = \text{Factor de corrección para un intercambiador de calor de coraza y tubo con una coraza y cualquier múltiplo de dos pasos de tubo.}$

$\Delta T_{ML} = \text{Diferencia de temperatura media logarítmica } [K]$

El sistema de enfriamiento se tomará como un intercambiador de calor de flujo cruzado, el flujo dentro del tanque no tiene ninguna agitación forzada, se tomara como convección natural, por ende se supondrá que existirá patrón de flujo longitudinal a los tubos tal que el sistema se comportará como un intercambiador de flujo cruzado tal como se muestra en la siguiente figura:

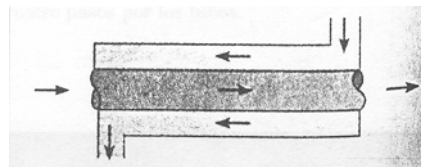


Figura N° 5.39 Representación de un intercambiador de calor de flujo cruzado

Suponemos que la tubería es de acero inoxidable así que el sistema se va a comportar de la siguiente manera:

Figura N° 5.40 Representación de la tubería del intercambiador



Donde la resistencia interna de este sistema es la siguiente:

$$Rt \left[\frac{m^2 K}{W} \right] = \frac{1}{h_{CT}} + Ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \times r_1 + \frac{1}{h_{Ct}} \quad \text{Ecuación 5.19}$$

Y la resistencia global es igual a:

$$U \left[\frac{W}{m^2 K} \right] = \frac{1}{Rt} \quad \text{Ecuación 5.20}$$

El intercambiador de calor cruzado se comporta tal y como se observa en la siguiente manera

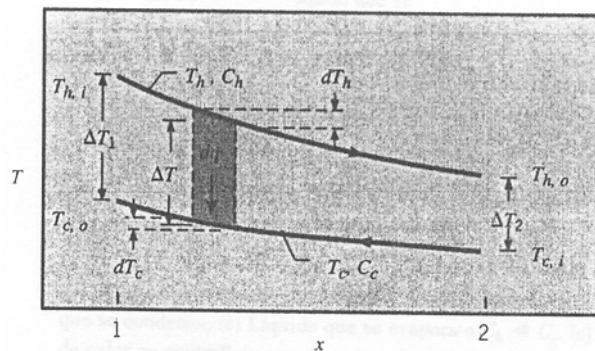


Figura N° 5.41 Comportamiento de un intercambiador de flujo cruzado

Donde:

$$\Delta T_1 = Th,i - Tc,o \quad \text{Ecuación 5.21}$$

$$\Delta T_2 = Th,o - Tc,i \quad \text{Ecuación 5.22}$$

$$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{Ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \quad \text{Ecuación 5.23}$$

Para encontrar el factor de corrección para el intercambiador de calor, lo busquemos por medio de la figura presentada en el Apéndice B.4, la cual representa el factor de corrección para un intercambiador de calor de pasos múltiples de cuatro.

Tabla N° 5.5 Datos para el calculo del intercambiador de calor para el enfriamiento del electrolito

Datos constantes	Datos de la solución dentro del tanque	Datos del agua dentro del intercambiador de calor
$D_t = 0,025m$	$Th, i_E = 297,15K$	$Tc, i_E = 278,15K$
$L_t = 3,3m$	$Th, o_E = 291,15K$	$Tc, o_E = 285,15K$
$Pasos = 16$	$Tf_{TE} = 294,15K$	$Tf_{iE} = 281,65K$
$e_{ainox} = 2 \times 10^{-3}m$	$k_{TE} = 0,605 \frac{W}{mK}$	$k_{iE} = 0,585 \frac{W}{mK}$
$r_1 = 0,0125m$	$Pr_{TE} = 6,78$	$Pr_{iE} = 9,7815$
$r_2 = 0,0145m$	$\nu_{TE} = 9,867 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}$	$\nu_{iE} = 1,3713 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$
$k_{ainox} = 15 \frac{W}{mK}$		$V_{iE} = 1,6 \frac{m}{s}$
$q = 87563,94W$		$Cp_{iE} = 4195,93 \frac{J}{kgK}$
$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$		
$L_p = 1.3m$		

Para el tanque tenemos que el número de Grashof es el siguiente:

$$Gr_s = \frac{g \times \beta \times (T_s - T_\infty) \times S^3}{\nu^2} \quad \text{Ecuación 5.24}$$

$$\beta = \frac{1}{Tf} \quad \text{Ecuación 5.25}$$

Y el número de Rayleigh lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$Ra_s = Gr_s \times Pr \quad \text{Ecuación 5.26}$$

Para los datos que tenemos del tanque y aplicado para los datos del sistema de enfriamiento del electrolito obtenemos que:

Donde:

$$T_s = T_{h,i}$$

$$T_\alpha = T_{h,o}$$

$$S = L_p$$

$$\beta = \frac{1}{294,15} = 0,0033996$$

$$Gr_s = \frac{9,81 \times 0,0033996 \times (297,15 - 291,15) \times 1,3^3}{(9,867 \times 10^{-7})^2} = 4,516 \times 10^{11}$$

$$Ra_s = 4,516 \times 10^{11} \times 6,78 = 3,062 \times 10^{12}$$

Con estas condiciones podemos utilizar la correlación empírica para convección natural de calor en fluidos sin cambio de fase para placas verticales suponiendo temperatura superficial uniforme de Churchill y Chu la cual es la siguiente:

$$Nu_L = \left[0,825 + \left(\frac{0,387 \times Ra_L^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{9/16}\right)^{8/27}} \right) \right]^2 \quad \text{Ecuación 5.27}$$

$$Nu_L = \left[0,825 + \left(\frac{0,387 \times (3,062 \times 10^{12})^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{6,78}\right)^{9/16}\right)^{8/27}} \right) \right]^2 = 1997,97$$

Para calcular el coeficiente convectivo utilizamos la siguiente ecuación:

$$hc_T = \frac{Nu_L \times k_T}{S} \quad \text{Ecuación 5.28}$$

$$hc_T = \frac{1997,97 \times 0,605}{1,3} = 929,83 \frac{W}{m^2 K}$$

Para los serpentines que funcionaran como sistema de enfriamiento, tendremos las siguientes ecuaciones:

$$Re = \frac{V_t \times D_t}{\nu_t} \quad \text{Ecuación 5.29}$$

$$Re_D = \frac{1,6 \times 0,025}{1,3713 \times 10^{-6}} = 29169,40$$

Con estas condiciones podemos utilizar la correlación empírica para convección forzada de calor en fluidos sin cambio de fase en tubos y conductos en régimen turbulento y pared lisa del tubo para flujo desarrollado de Colburn la cual es la siguiente:

$$Nu_{D_t} = 0,023 \times Re_D^{4/5} \times Pr^{1/3} \quad Pr \geq 0,5 \quad \text{Ecuación 5.30}$$

$$Nu_{D_t} = 0,023 \times 29169,40^{4/5} \times 9,7815^{1/3} = 183,57$$

Donde el coeficiente convectivo para el sistema de enfriamiento es igual a:

$$hc_t \left[\frac{W}{m^2 K} \right] = \frac{Nu_{D_t} \times k_t}{D_t} \quad \text{Ecuación 5.31}$$

$$hc_t = \frac{214,85 \times 0,585}{0,025} = 4295,57 \frac{W}{m^2 K}$$

Ahora la resistencia interna del sistema es igual a:

$$Rt = \frac{1}{929,23} + Ln\left(\frac{0,0155}{0,0125}\right) \times 0,0125 + \frac{1}{4295,57} = 14,32 \times 10^{-4} \frac{m^2 K}{W}$$

Al calcular la resistencia interna global obtenemos que:

$$U = \frac{1}{14,32 \times 10^{-4}} = 698,35 \frac{W}{m^2 K}$$

La temperatura media logarítmica será igual a:

$$\Delta T_1 = 297,15 - 285,15 = 12K$$

$$\Delta T_2 = 291,15 - 278,15 = 13$$

$$\Delta T_{ML} = \frac{13-12}{Ln(13/12)} = 12,49K$$

Y por último buscamos el valor de F por medio de la figura mostrada en el Apéndice B.4, donde:

$$R = \frac{Th,i - Th,o}{Tc,o - Tc,i} = \frac{297,15 - 291,15}{285,15 - 278,15} = 0,86$$

$$P = \frac{Tc,o - Tc,i}{Th,i - Tc,i} = \frac{285,15 - 278,15}{297,15 - 278,15} = 0,37$$

$$F = 1$$

Ahora calculamos el área total despejando la de la ecuación 5.17, la cual es el área ocupada por los tubos que conformaran el intercambiador:

$$A_t = \frac{q}{U \times F \times \Delta T_{ML}} = \frac{87585,22}{698,35 \times 1 \times 12,49} = 10,04m^2$$

Donde el número de tubos viene dado por la siguiente ecuación:

$$N = \frac{A_t}{\pi \times D_t \times L_{tot}} \quad \text{Ecuación 5.32}$$

$$L_{tot} = L_t \times Pasos \quad \text{Ecuación 5.33}$$

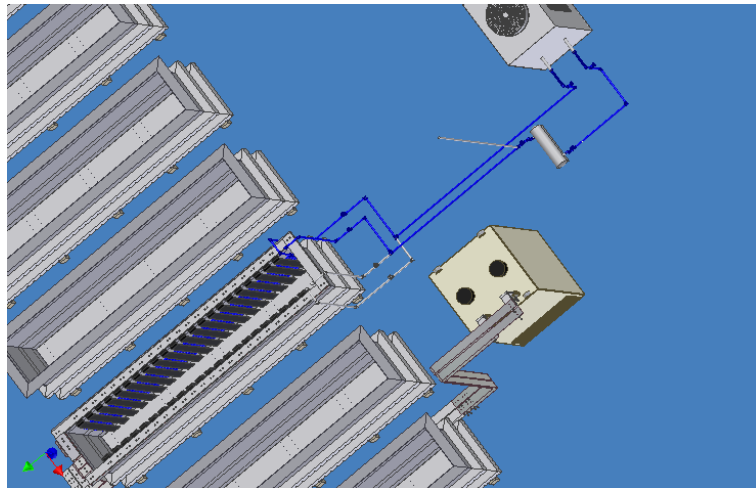
$$L_{tot} = L_t \times Pasos = 3,3 \times 16 = 52,8m$$

$$N = \frac{A}{\pi \times D_t \times L_{tot}} = \frac{7,64}{\pi \times 0,025 \times 52,8} = 2,42 \approx 2tubos$$

e) Sistema de tubería para el sistema de enfriamiento del electrolito

El sistema de tubería para el enfriamiento se calculará por medio del camino crítico, el cual consiste en realizar los cálculos para la bomba por medio del camino mas largo desde la salida del chiller hasta llegar de nuevo a él. Este recorrido se muestra en la siguiente figura, señalado con el color rojo.

Figura N° 5.42 Camino Critico para el sistema de Enfriamiento



Fuente: Elaboración Propia

e.1) Cálculo de caudales

De la distribución de tubería y conociendo el valor del caudal que pasa a través del intercambiador de calor para el enfriamiento podemos obtener el valor de los demás caudales.

El caudal que pasa por intercambiador de calor es igual a:

$$Q_C = V_{iR} \times (\pi \times (\frac{D_i}{2})^2) = 1.6 \times (\pi \times 0.0125^2) = 7.854 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Por medio de la distribución de tubería tenemos que los demás caudales son los siguientes:

$$Q_A = 1,6 \times (\pi \times 0.01905^2) = 1.824 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_B = 2 \times Q_C = 1.571 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_D = 2 \times Q_C = 1.571 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_E = Q_A = 1.824 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

e.2) Cálculo de longitudes equivalentes

Para realizar el cálculo de las longitudes equivalentes de cada uno de los tramos de tuberías utilizamos la siguiente ecuación:

$$Leq = Lc + Le \quad \text{Ecuación 5.34}$$

Donde:

$$Lc = \frac{\sum K_a \times D_{tub}}{f} \quad \text{Ecuación 5.35}$$

Para cada tramo tenemos los siguientes valores:

Tabla N° 5.6 Longitud equivalente para cada un de los tramos que conforman el sistema de tubería para el enfriamiento del electrolito.

	Tramo				
	A	B	C	D	E
Diámetro (ft)	0,125	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	0,125
Caudal (GPM)	28,91	24,9	12,45	24,9	28,91
Factor por fricción del agua por cada 100 ft	5,82	38,46	10,3045	38,46	5,82
Le (ft)	0,6562	11,31	196,95	15,03	0,6562
Accesorios	Cambio de diámetro $K=0,135$ Entrada de tubería a ras $K=0,04$	- 2 codos radio corto $90^\circ K=0,69$ - Válvula de Compuerta $K=0,18$ - Te (flujo a través del brazo de intercepción) $K=1,38$	- 10 codos radio corto $90^\circ K=0,69$ - Válvula de Globo $K=7,8$ -Válvula Check $K=2,3$ - Te (flujo directo) $K=0,46$	- 7 codos radio corto $90^\circ K=0,69$ - Válvula de Globo $K=7,8$ - 2 Válvulas de Compuerta $K=0,18$ - Te (flujo directo) $K=0,46$ - Cambio de diámetro $K=0,135$	- Salida del liquido de la tubería $K=1$
Lc (ft)	1,52	0,637	14,12	2,94	2,15
Leq (ft)	2,17	11,947	211,1	17,97	2,8

Fuente: *Elaboración Propia*

e.3) Cálculo de la pérdida Absoluta

La pérdida absoluta se puede calcular de la siguiente manera:

$$\Delta p_T = \sum \frac{f}{100} \times Leq \quad \text{Ecuación 5.36}$$

Para cada uno de los tramos tenemos los siguientes valores de pérdida absoluta:

Tabla N° 5.7 Pérdidas absolutas por cada uno de los tramos de tubería del sistema de enfriamiento

	Tramo				
	A	B	C	D	E
Δp	0,126	4,26	21,75	6,91	0,163

$$\Delta p_T = 0,126 + 4,26 + 21,75 + 6,91 + 0,163 = 33,549 [ft H_2O]$$

e.4) Cálculo de la potencia mínima de la bomba para el sistema de enfriamiento

Para el cálculo de la potencia mínima de la bomba utilizaremos la siguiente ecuación:

$$BHP = \frac{Q \times H}{3960 \times \eta} \quad \text{Ecuación 5.37}$$

Para la bomba de calentamiento tenemos que los parámetros de Q, H y eficiencia son los siguientes:

$$Q = 24,9 \text{ GPM} \quad H = 33,549 \text{ ft H}_2\text{O} \quad \eta = 60\%$$

Por ende tenemos que la potencia mínima de la bomba es la siguiente:

$$BHP = \frac{24,9 \times 33,549}{3960 \times 0,6} = 0,352Hp$$

La bomba debe escogerse con un valor un poco por encima del calculado.

e.5) Cálculo de la altura máxima de colocación de la Bomba

La altura de colocación máxima de la bomba puede calcularse de la siguiente manera:

$$he_{\max} = \frac{Pa - Pv}{\gamma} + Pt - NPSH \quad \text{Ecuación 5.38}$$

Para el sistema de enfriamiento los datos para el cálculo de la altura máxima son los siguientes:

$$\begin{aligned} \frac{Pa_E}{\gamma} &= 32,5 [ftH_2O] \\ \frac{Pv_E}{\gamma} &= 0,46875 [ftH_2O] \\ Pt_E &= 9,84 [ftH_2O] \\ NPSH_E &= 7,5 [ftH_2O] \end{aligned}$$

El valor de NPSH para esta bomba se puede observar en la grafica que se encuentra en el apéndice B.5.

$$he_{MAXE} = 32,5 - 0,46875 + 9,84 - 7,5 = 34,37 [ftH_2O]$$

5.7.3 Calentamiento de las soluciones de los tanques de Desengrase y de Decapado

Las cubas de desengrase y de decapado del proceso de anodizado se mantendrán a entre 50 a 70 °C. Es por esta razón que se trabajará a las dos de igual manera y se hará solo un cálculo que servirá para ambos.

Antes de empezar a realizar los cálculos de la cantidad de tubos que debemos utilizar debemos hallar la cantidad de calor generada en el tanque.

a) Calor desprendido en el sistema de Desengrase y Decapado

Sabemos que el calor puede ser expresado por la siguiente ecuación:

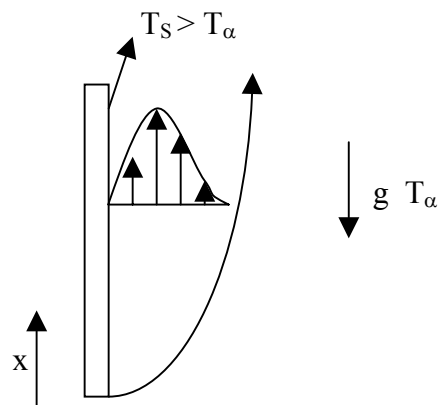
$$q = hc \times A \times (T_s - T_\alpha) \quad \text{Ecuación 5.39}$$

Tomando al tanque como un rectángulo formado por cuatro láminas verticales y una horizontal tenemos que el calor es igual a:

$$q = q_H + 2 \times q_{VL} + 2 \times q_{VC} \quad \text{Ecuación 5.40}$$

Para hallar el coeficiente convectivo del sistema, primero vamos a evaluar las placas verticales por medio de las correlaciones empíricas para convección natural en fluidos sin cambio de fase con un patrón de flujo a lo largo de una placa vertical, tal como observamos en la siguiente figura:

Figura N° 5.43 Representación del patrón de flujo a lo largo de una placa vertical



Donde:

T_s : temperatura superficial de las láminas del tanque

T_α : temperatura del fluido dentro del tanque

Sabiendo que:

$$Tf_T = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad \text{Ecuación 5.41}$$

Si la temperatura superficial de las láminas y del fluido dentro del tanque son iguales a:

$$T_s = 333,15K$$

$$T_\infty = 323,15K$$

Tenemos que la temperatura de película para nuestros tanques es igual al siguiente valor:

$$Tf_T = \frac{333,15 + 323,15}{2} = 328,15K$$

A este valor de temperatura de película buscamos las propiedades del agua necesarias para el cálculo del coeficiente convectivo.

$$k = 0,6482 \text{ W/mK}$$

$$\text{Pr} = 3,25$$

$$\nu = 5,165 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Calculamos el valor del coeficiente de expansión volumétrica β , por medio de la ecuación 6.25:

$$\beta = \frac{1}{328,15} = 0,00305$$

Calculamos el número de Grashof “Gr” y el número de Rayleigh “Ra”, manteniendo que el valor de S es igual a 1,3 m.

$$Gr_s = \frac{9,81 \times 0,00305 \times (333,15 - 323,15) \times 1,3^3}{(5,165 \times 10^{-7})^2} = 2,462 \times 10^{12}$$

$$Ra_s = 2,462 \times 10^{12} \times 3,25 = 8,0015 \times 10^{12}$$

Con este valor obtenido de número de Rayleigh decimos que el desprendimiento de calor solo se disipa por las paredes verticales del tanque ya que no existe ninguna correlación empírica que permita calcular el número de Nusselt en la placa horizontal.

Así que por medio de la correlación Churchill y Chu, obtenemos que el valor del número de Nusselt es igual a:

$$Nu_L = \left[0,825 + \left(\frac{0,387 \times (8,0015 \times 10^{12})^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{3,25} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right) \right]^2 = 2595,56$$

Conociendo el valor de Nusselt podemos calcular el coeficiente convectivo por medio de la ecuación 6.28.

$$hc_{PV} = \frac{2595,56 \times 0,6482}{1,3} = 1294,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

La ecuación 6.39 podemos expresarla de la siguiente manera:

$$q = 2 \times A_{PL} \times hc_{PV} \times (T_S - T_\infty) + 2 \times A_{PC} \times hc_{PV} \times (T_S - T_\infty)$$

Conociendo con anterioridad las dimensiones de los tanques podemos obtener el valor del calor desprendido por el sistema:

$$q = 2 \times (1,3 \times 3,6) \times 1294,18 \times (333,15 - 323,15) + 2 \times (1,3 \times 0,6) \times 1294,18 \times (333,15 - 323,15) = 141324,93 \text{ W}$$

b) Cálculo de número de tubos para el sistema de Desengrase y Decapado

Para el cálculo del sistema de calentamiento se procedió de igual manera que para el sistema de enfriamiento del electrolito las únicas variantes son los datos de entrada y salida tanto de los tanques como de los tubos.

Tabla N° 5.8 Datos para el cálculo del calentamiento de los tanques de Desengrase y Decapado

Datos constantes	Datos de la solución dentro del tanque	Datos del agua dentro del intercambiador de calor
$D_t = 0,025m$	$T_{c,i_C} = 323,15K$	$Th,i_C = 353,15K$
$L_t = 3,3m$	$T_{c,o_C} = 333,15K$	$Th,o_C = 338,15K$
$Pasos = 16$	$Tf_{TC} = 328,15K$	$Tf_{iC} = 345,65K$
$e_{ainox} = 2 \times 10^{-3}m$	$k_{TC} = 0,6482 \frac{W}{mK}$	$k_{iC} = 0,668 \frac{W}{mK}$
$r_1 = 0,0125m$	$Pr_{TC} = 3,25$	$Pr_{iC} = 2,45$
$r_2 = 0,0145m$	$\nu_{TC} = 5,165 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}$	$\nu_{iC} = 4,03 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}$
$k_{ainox} = 15 \frac{W}{mK}$	$hc_{PV} = 1294,18 \frac{W}{m^2 K}$	$V_{iC} = 1 \frac{m}{s}$
$q = 141324,93W$		$Cp_{iC} = 4191 \frac{J}{kgK}$
$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$		
$L_p = 1.3m$		

Del apartado anterior se pudo conocer el valor del coeficiente convectivo para las placas verticales del tanque, el cual sería el coeficiente convectivo para todo el tanque. También conocimos el valor de calor disipado por el sistema. Así que conoceremos el valor del coeficiente convectivo por medio de los serpentines del sistema de calentamiento.

$$Re_D = \frac{V_t \times D_t}{\nu_t} \quad \text{Ecuación 5.42}$$

$$Re_D = \frac{1 \times 0,025}{4,07 \times 10^{-7}} = 62034,74$$

Con estas condiciones igualmente como hicimos en el cálculo del sistema de refrigeración del electrolito podemos utilizar la correlación empírica para convección forzada de calor en fluidos sin cambio de fase para flujos a través de

tubos y conductos en régimen turbulento y suponiendo flujo desarrollado de Colburn.

$$Nu_{Dt} = 0,023 \times 62034,74^{4/5} \times 2,45^{1/3} = 211,62$$

Donde el coeficiente convectivo para el sistema de refrigeración puede ser calculado por medio de la ecuación 6.31 y es igual a:

$$hc_t = \frac{211,62 \times 0,668}{0,025} = 5654,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Ahora la resistencia interna del sistema es igual a:

$$Rt = \frac{1}{1294,18} + \text{Ln}\left(\frac{0,0155}{0,0125}\right) \times 0,0125 + \frac{1}{5654,5} = 10,73 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2 \text{ K}}{\text{W}}$$

Al calcular la resistencia interna global obtenemos que:

$$U = \frac{1}{10,73 \times 10^{-4}} = 931,77 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}$$

Ahora bien para calcular la temperatura media logarítmica

$$\Delta T_1 = 353,15 - 333,15 = 20 \text{ K}$$

$$\Delta T_2 = 338,15 - 323,15 = 15$$

$$\Delta T_{ML} = \frac{20 - 15}{\text{Ln}\left(\frac{20}{15}\right)} = 17,38 \text{ K}$$

Y por último buscamos el valor de F por medio de la figura encontrada en el Apéndice B.4, donde:

$$R = \frac{Th,i - Th,o}{Tc,o - Tc,i} = \frac{353,15 - 338,15}{333,15 - 323,15} = 0,667$$

$$P = \frac{Tc,o - Tc,i}{Th,i - Tc,i} = \frac{333,15 - 323,15}{353,15 - 323,15} = 0,5$$

$$F = 0,95$$

Ahora calculamos el área total despejando la de la ecuación 5.18, la cual es el área ocupada por los tubos que conformaran el intercambiador:

$$A_t = \frac{q}{U \times F \times \Delta T_{ML}} = \frac{141324,93}{931,77 \times 0,95 \times 17,38} = 9,19 m^2$$

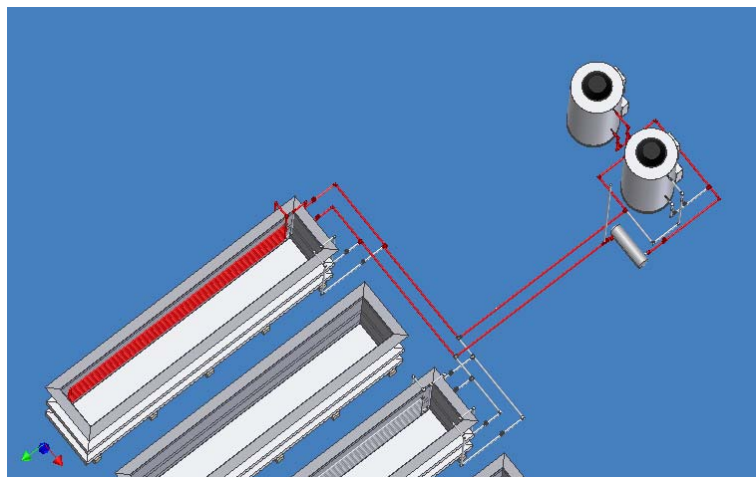
Como mantenemos el mismo número de pasos de tubos e igualmente la longitud por paso que utilizamos para el sistema de enfriamiento tenemos que el número de tubos a utilizar para el calentamiento de cada uno de los tanques correspondientes, tenemos que:

$$N = \frac{A}{\pi \times D_t \times L_{tot}} = \frac{9,19}{\pi \times 0,025 \times 52,8} = 2,21 \approx 2 tubos$$

c) Sistema de tubería para el sistema de calentamiento

El sistema de tubería para el calentamiento se calculará de igual forma como se realizó para el sistema de enfriamiento del electrolito. En este sistema el recorrido va desde uno de los calentadores hasta llegar de nuevo a el, tal como se muestra en la figura N° 5.37

Figura N° 5.44 Camino crítico para el sistema de Calentamiento



Fuente: Elaboración Propia

c.1) Cálculo de caudales

Conociendo el caudal que pasa a través del intercambiador de calor de este sistema tenemos que los caudales son los siguientes:

$$Q_4 = V_{iC} \times (\pi \times (\frac{D_t}{2})^2) = 1 \times (\pi \times 0.0125^2) = 0,491 \times 10^{-3} m^3/s$$

Por medio de la distribución de tubería tenemos que los demás caudales son los siguientes:

$$Q_0 = 1 \times (\pi \times (9,525 \times 10^{-3})^2) = 2,85 \times 10^{-4} m^3/s$$

$$Q_1 = \frac{Q_2}{2} = 0,982 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_2 = 2 \times Q_3 = 1,964 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_3 = 2 \times Q_4 = 0,982 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_5 = 2 \times Q_4 = 0,982 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_6 = 2 \times Q_5 = 1,964 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_7 = \frac{Q_6}{2} = 0,982 \times 10^{-3} m^3/s$$

$$Q_8 = Q_0 = 2,85 \times 10^{-4} m^3/s$$

c.2) Cálculo de longitudes equivalentes

Según las ecuaciones 5.34 y 5.35 podemos calcular las longitudes equivalentes para este sistema. Estos valores se muestran en la siguiente tabla

Tabla N° 5.9 Longitud equivalente para cada uno de los tramos del sistema de tubería para el calentamiento.

Tramo	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Diámetro (ft)	0,0625	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	$8,333 \cdot 10^{-2}$	0,0625
Caudal (GPM)	4,52	15,56	31,13	15,57	7,782	15,56	31,13	15,56	4,52
Factor por fricción del agua por cada 100 ft	1,5976	15,686	59,32	15,686	4,3	15,686	59,32	15,686	1,5976
Le (ft)	0,328	8,41	7,22	4,66	198,16	5,9	11,42	7,19	0,328
Accesorios	Cambio de diámetro K=0,0342 Entrada de tubería a ras K=0,04	3 Codos radio corto K=0,69 Válvula de compuerta K=0,18 Te (flujo directo) K=0,46	Te (flujo a través del brazo de intercepción) K=1,38	Te (flujo directo) K=0,46	10 Codos radio corto K=0,69 Válvula Globo K=7,8 Válvula Chec K=2,3 Te (flujo directo) K=0,46	Te (flujo a través del brazo de intercepción) K=1,38	- 5 codos radio corto 90° K=0,69 - Válvula de Compuerta K=0,18 - 2 Te (flujo directo) K=0,46 - Válvula Globo K=7,8	- 3 codos radio corto 90° K=0,69 - Válvula de Compuerta K=0,18 - Cambio de diámetro K=0,0356	- Salida del liquido de la tubería K=1
Lc (ft)	0,2902	1,494	0,194	0,244	33,84	0,73	1,734	1,214	3,91
Leq (ft)	0,331	9,85	7,41	4,90	232	6,625	13,15	8,4	4,24

c.3) Cálculo de la pérdida Absoluta

La pérdida absoluta se puede calcular de igual manera como se planteó en la ecuación 5.36

Para cada uno de los tramos tenemos los siguientes valores de pérdida absoluta:

Tabla N° 5.10 Pérdidas absolutas por cada uno de los tramos de tubería del sistema de calentamiento

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Δp	0,00529	1,54	4,39	0,78	9,976	1,04	7,8	1,32	0,0677

$$\Delta p_T = 0,00529 + 4,54 + 4,39 + 0,78 + 9,976 + 1,04 + 7,8 + 1,32 + 0,0677 = 26,92 [ftH_2O]$$

c.4) Cálculo de la potencia mínima de la bomba para el sistema de calentamiento

Para este cálculo utilizaremos la ecuación 6.37, tal como se hizo para el sistema de enfriamiento.

Para la bomba de calentamiento tenemos que los parámetros de Q, H y eficiencia son los siguientes:

$$Q = 31,13 \text{ GPM} \quad H = 26,92 \text{ ft H}_2\text{O} \quad \eta = 60\%$$

Por ende tenemos que la potencia mínima de la bomba es la siguiente:

$$BHP = \frac{31,13 \times 26,92}{3960 \times 0,6} = 0,353Hp$$

c.5) Cálculo de la altura máxima de colocación de la Bomba

Esta altura de colocación de la bomba se calculará por medio de la ecuación 5,38.

Para el sistema de calentamiento los datos para el cálculo de la altura máxima son los siguientes:

$$Pa_c/\gamma = 32,5[ftH_2O]$$

$$Pv_c/\gamma = 6,675[ftH_2O]$$

$$Pt_c = 9,84[ftH_2O]$$

$$NPSH_c = 9[ftH_2O]$$

El valor de NPSH para esta bomba se puede observar en la gráfica que se encuentra en el Apéndice B.6.

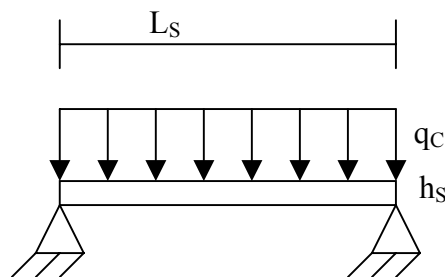
$$he_{MAXC} = 32,5 - 6,675 + 9,84 - 9 = 26,67[ftH_2O]$$

5.8 Soporte de los Montajes de piezas

5.8.1 Determinación del esfuerzo por flexión producido en el soporte de los montajes de piezas

El soporte de los montajes de piezas se va a suponer como una viga de aluminio con carga uniformemente distribuida a lo largo de la misma soportada por sus extremos, tal como se muestra en la figura N° 5.39.

Figura N° 5.45 Diagrama de cuerpo libre para el soporte de los montajes de piezas



Donde:

- L_s : longitud del soporte
- q_c : carga uniformemente distribuida
- h_s : altura del soporte

Si conocemos el esfuerzo máximo como:

$$\sigma_s = \frac{M_s \times y_s}{I_s} \quad \text{Ecuación 5.43}$$

Donde: M_s : Momento producido en el soporte, evaluado en el centro del mismo.

y_s : Deflexión máxima en el soporte.

I_s : Inercia del soporte.

Además tenemos que el momento de inercia y momento flector del soporte son iguales a:

$$M_s = \frac{q_c \times L_s}{8} \quad \text{Ecuación 5.44}$$

$$I_s = \frac{h_s^3 \times b_s}{12} \quad \text{Ecuación 5.45}$$

Donde b_s es igual al ancho del soporte.

Podemos expresar que la deflexión máxima para la viga viene expresada por la siguiente ecuación:

$$y_s = \frac{h_s}{2} \quad \text{Ecuación 5.46}$$

La carga uniformemente distribuida viene expresada de la siguiente manera:

$$q_c = \frac{P_L}{L_s} \quad \text{Ecuación 5.47}$$

Donde: P_L : es el peso máximo que debe soportar el soporte de los montajes de piezas

Este peso viene dado por las piezas más grandes y pesadas que se van anodizar. Estas piezas son la mostrada en la figura N° 5.32. La cual consta de una masa igual a:

$$m_L = 22,63Kg$$

Si se colocarán un número igual a 15 láminas en un solo proceso de anodizado tenemos que la masa total a introducir para anodizar es la siguiente:

$$m_{L_t} = 22,63 \times 16 = 339,45Kg$$

Así que el peso será igual a:

$$P_L = m_{L_t} \times g \quad \text{Ecuación 5.48}$$

$$P_L = 362,29 \times 9,81 = 3330N$$

Por ende el valor de la carga será igual a:

$$q_c = \frac{3330}{3,9} = 853,85 \text{ N/m}$$

El valor del momento quedaría igual a:

$$M_s = \frac{853,85 \times 3,9^2}{8} = 1623.38Nm$$

Como conocemos la altura del soporte $h_s = 3in = 0,0762m$ la deflexión máxima sería igual a:

$$y_s = \frac{0,0762}{2} = 0,0381m$$

Igualmente como conocemos el ancho del soporte “b_s” que es igual al valor de la altura del soporte, podemos calcular el momento de inercia por medio de la ecuación 5.44

$$I_s = \frac{0,0762^3 \times 0,0762}{12} = 2,81 \times 10^{-6} m^4$$

Con todos los valores antes calculados podemos obtener el valor del esfuerzo por flexión del soporte.

$$\sigma_s = \frac{1623,38 \times 0,0381}{2,81 \times 10^{-6}} = 22010914,96 \text{ N/m}^2 = 22,01 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Como el valor del esfuerzo por flexión máximo del aluminio es igual a:

$$\sigma_{MAX} = 276 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Podemos decir que usar una altura de soporte igual a 3in esta entre el rango de alturas, ya que el valor del esfuerzo por flexión que obtuvimos es menor al que valor máximo.

5.8.2 Cálculo del esfuerzo de los tornillos de fijación entre las piezas que conforman el soporte de los montajes de piezas

El soporte de los montajes de piezas estará formado por cuatro (4) pletinas de ½ in cada una y por una tubería hueca rectangular de 1 in. Estas piezas estarán fijadas entre sí por medio de tornillos de fijación de acero inoxidable de 5/16 in de diámetro nominal con una longitud de 3,25 in.

Se quiere calcular el esfuerzo producido por cada tornillo para verificar que este por debajo del valor máximo con el fin de asegurar su soporte.

Tenemos que el esfuerzo por cada tornillo viene expresado por:

$$S_p = \frac{C \times (Pe/Np) \times n}{A_{ten}} + \frac{F_i}{A_{ten}} \quad \text{Ecuación 5.49}$$

Donde: C: Constante de unión, y es supuesta igual a: C = 0,4

Pe: Carga estática y sabemos que es igual al peso de las 15 láminas que se anodizarán y que representan la carga máxima para el proceso.

Np: Número de pernos o tornillos, este número es igual a 12

F_i: Precarga de los pernos o tornillos.

A_{ten}: Área de tensión.

n: Factor de carga.

Para nuestro sistema los datos anteriores son los siguientes:

$$C = 0,4$$

$$Pe = P_L = 3330N$$

$$Np = 12$$

$$A_{ten} = 3,381 \times 10^{-5} m^2$$

$$n = 3$$

Sabemos que:

$$F_p = S_p \times A_{ten} \quad \text{Ecuación 5.50}$$

$$F_i = 0,9 \times F_p = 0,9 \times S_p \times A_{ten} \quad \text{Ecuación 5.51}$$

Donde sabemos que F_p es la fuerza producida por cada perno o tornillo. Sustituimos este valor en la ecuación 6.43 y obtenemos el valor de S_p .

$$S_p = \frac{C \times \left(\frac{Pe}{Np}\right) \times n}{A_{ten}} + \frac{0,9 \times S_p \times A_{ten}}{A_{ten}} = \frac{1}{0,1} \times \left(\frac{C \times \left(\frac{Pe}{Np}\right) \times n}{A_{ten}}\right) \quad \text{Ecuación 5.52}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior obtengo el valor de S_p

$$S_p = \frac{1}{0,1} \times \left(\frac{0,4 \times \left(\frac{3330}{12}\right) \times 3}{3,381 \times 10^{-5}}\right) = 98,5 \times 10^{-6} Pa$$

El valor máximo que puede resistir un tornillo de acero inoxidable es igual a:

$$S_{p \max} = 0,90 \times S_y \quad \text{Ecuación 5.53}$$

Donde el valor de la resistencia de fluencia “ S_y ” para el acero inoxidable es igual a:

$$S_y = 250MPa$$

Por ende el valor del esfuerzo máximo para cada perno o tornillo es el siguiente:

$$S_{P_{\max}} = 0,90 \times 250 \times 10^6 = 225 \times 10^6 Pa$$

Con este valor obtenido del esfuerzo máximo para cada perno o tornillo podemos concluir que el material y la cantidad de tornillos elegidos son los correctos ya que el esfuerzo calculado comparado con el valor máximo nos encontramos por debajo de este valor, lo que nos indica que los tornillos soportaran el peso de las laminas y la precarga de los mismos.

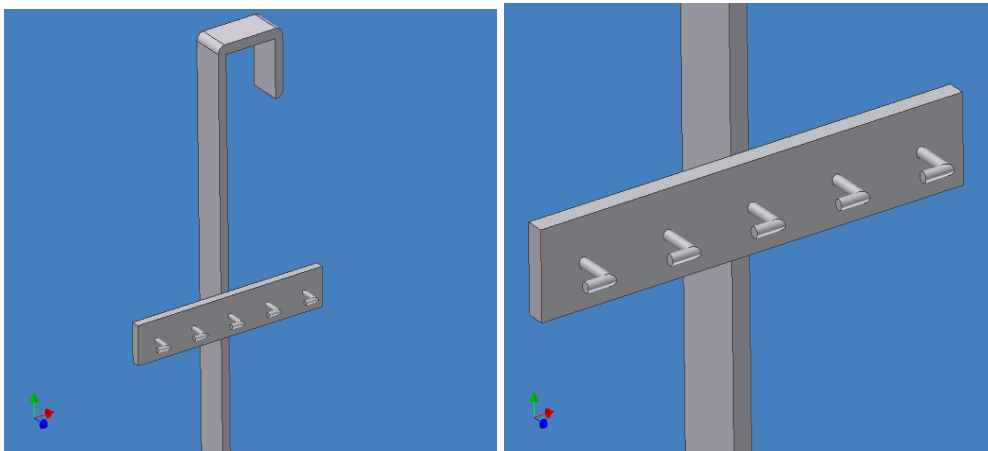
5.9 Montajes de piezas

Los montajes de piezas van a estar compuestos por un número de elementos de sujeción que estarán distribuidos según el modelo del montaje. Estos elementos de sujeción son como una especie de tubo macizo de aluminio de pequeñas dimensiones que variaran según el montaje y se soldarán a cada uno de ellos.

a) Montaje lateral, modelo 1

Se calcularan el esfuerzo que debe soportar uno de los elementos que van a sostener las piezas en el proceso. Se calcula el máximo esfuerzo que pueden tener que sucede cuando se introducen 15 láminas como la que se muestra en la figura N° 5.32.

Figura N° 5.46 Montaje Lateral



Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones de los elementos que van a sostener a las piezas (Apéndice A.1) mostradas en son las siguientes:

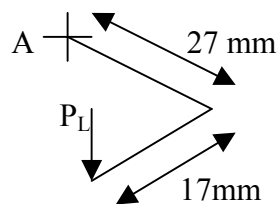


Figura N° 5.47 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje lateral

El elemento en el punto A se encuentra sometido a un esfuerzo por flexión y a un esfuerzo torsional.

$$\sigma_{XA} = \frac{M_A \times y_A}{I_A} = \frac{M_A \times d_1/2}{\pi \times d_1^4 / 64} = \frac{32 \times M_A}{\pi \times d_1^3} \quad \text{Ecuación 5.54}$$

$$\tau_{XZA} = \frac{T_A \times r_A}{J_A} = \frac{T_A \times d_1/2}{2 \times \pi \times d_1^4 / 64} = \frac{16 \times T_A}{\pi \times d_1^3} \quad \text{Ecuación 5.55}$$

Ahora si sabemos que:

$$\begin{aligned}
 A_L &= 0,88m^2 \\
 e_L &= 0,00953m \\
 \rho_{AL} &= 2700 \frac{Kg}{m^3} \\
 g &= 9,81 \frac{m}{s^2} \\
 S_Y &= 276 \times 10^6 Pa
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_L &= A_L \times e_L = 0,88 \times 0,00953 = 0,00839m^3 \\
 m_L &= \rho_{AL} \times V_L = 2700 \times 0,00839 = 22,64Kg \\
 P_L &= m_L \times g = 22,64 \times 9,81 = 222,13N \\
 M_A &= P_L \times 0,027 = 222,13 \times 0,027 = 5,998Nm \\
 T_A &= P_L \times 0,017 = 222,13 \times 0,017 = 3,776Nm
 \end{aligned}$$

Empleando la teoría de la energía de distorsión, se tiene que:

$$\sigma'_A = \sqrt{\sigma_{XA}^2 + 3 \times \tau_{XZA}^2} \quad \text{Ecuación 5.56}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma'_A &= \sqrt{\left(\frac{32 \times 5,998}{\pi \times d_1^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{16 \times 3,776}{\pi \times d_1^3}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{61,1}{d_1^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{19,23}{d_1^3}\right)^2} \\
 \sigma'_A &= \sqrt{\left(\frac{3732,04}{d_1^6}\right) + \left(\frac{1109,38}{d_1^6}\right)} = \sqrt{\frac{4841,42}{d_1^6}} = \frac{69,58}{d_1^3}
 \end{aligned}$$

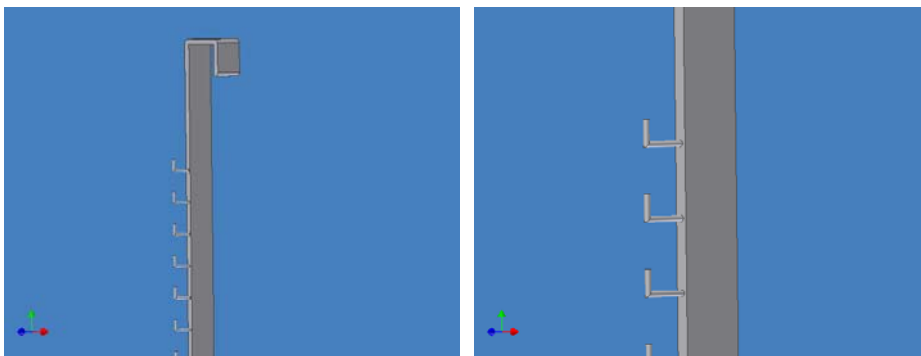
Al igualar el esfuerzo de Von Misses al valor de Sy máximo, tenemos que:

$$\begin{aligned}
 \sigma'_1 &= S_Y \\
 \frac{69,58Nm}{d_1^3} &= 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \\
 d_1 &= \left(\frac{69,58}{276 \times 10^6}\right)^{\frac{1}{3}} = 6,32 \times 10^{-3} m \approx \frac{1}{4} in
 \end{aligned}$$

El valor de d_1 es el valor del diámetro mínimo que deben tener los elementos que van a sostener las piezas para poder tener un esfuerzo por debajo al de fluencia.

b) Montaje lateral tubos doblados en L

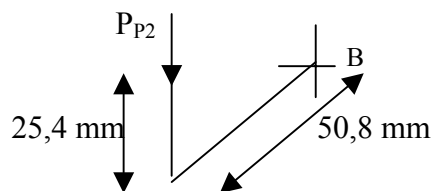
Figura N° 5.48 Montaje lateral tubos doblados en L



Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones de los elementos que van a sostener a las piezas (Apéndice A.3) son las siguientes:

Figura N° 5.49 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje lateral tubos doblados en L



El elemento en el punto B se encuentra sometido a solo un esfuerzo por flexión.

$$\sigma_{XB} = \frac{M_B \times y_B}{I_B} = \frac{M_B \times \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \times d_2^4}{64}} = \frac{32 \times M_B}{\pi \times d_2^3} \quad \text{Ecuación 5.57}$$

En este tipo de montaje se va a sostener un tipo de pieza dado, donde las características de la pieza que va a ejercer mayor peso son las siguientes:

$$A_{P2} = 0,3004842m^2$$

$$e_{P2} = 0,0127m$$

$$\rho_{AL} = 2700 \frac{Kg}{m^3}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$S_y = 276 \times 10^6 Pa$$

$$V_{P2} = A_{P2} \times e_{P2} = 0,3004842 \times 0,0127 = 0,003816m^3$$

$$m_{P2} = \rho_{AL} \times V_{P2} = 2700 \times 0,003816 = 10,304Kg$$

$$P_{P2} = m_{P2} \times g = 10,304 \times 9,81 = 101,08N$$

$$M_B = P_{P2} \times 0,0508 = 101,08 \times 0,0508 = 5,134Nm$$

Al igualar el esfuerzo por flexión con el esfuerzo máximo de trabajo del aluminio o S_y , tenemos que:

$$\sigma_{XB} = S_y$$

$$\frac{32 \times 5,134}{\pi \times d_2^3} = 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

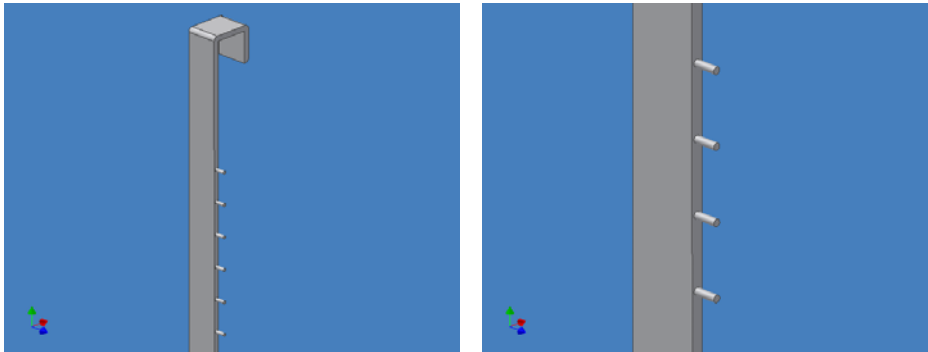
$$\frac{52,303Nm}{d_2^3} = 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$d_2 = \left(\frac{52,303}{276 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 5,744 \times 10^{-3} m \approx 0,226in$$

El valor de d_2 es el valor del diámetro mínimo que deben tener los elementos que van a sostener las piezas para poder tener un esfuerzo por debajo al de fluencia.

c) Montaje lateral con tubos rectos a los lados

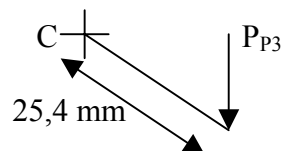
Figura N° 5.50 Montaje lateral tubos rectos a los lados



Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones de los elementos que van a sostener a las piezas (Apéndice A.5) son las siguientes:

Figura N° 5.51 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje lateral tubos rectos a los lados



El elemento en el punto C se encuentra sometido a solo un esfuerzo por flexión.

$$\sigma_{xc} = \frac{M_c \times y_c}{I_c} = \frac{M_c \times \frac{d_3}{2}}{\frac{\pi \times d_3^4}{64}} = \frac{32 \times M_c}{\pi \times d_3^3} \quad \text{Ecuación 5.58}$$

En este tipo de montaje igualmente al anterior se va a sostener un tipo de pieza dado, donde las características de la pieza que va a ejercer mayor peso son las siguientes:

$$A_{P3} = 0,0500322m^2$$

$$e_{P3} = 0,0508m$$

$$\rho_{AL} = 2700 \frac{Kg}{m^3}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$S_y = 276 \times 10^6 Pa$$

$$V_{P3} = A_{P3} \times e_{P3} = 0,0500322 \times 0,0508 = 0,002542m^3$$

$$m_{P3} = \rho_{AL} \times V_{P3} = 2700 \times 0,002542 = 6,862Kg$$

$$P_{P3} = m_{P3} \times g = 6,862 \times 9,81 = 67,32N$$

$$M_C = P_{P3} \times 0,0254 = 67,32 \times 0,0254 = 1,71Nm$$

Al igualar el esfuerzo por flexión con el esfuerzo máximo de trabajo del aluminio o S_y , tenemos que:

$$\sigma_{XC} = S_y$$

$$\frac{32 \times 1,71}{\pi \times d_3^3} = 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

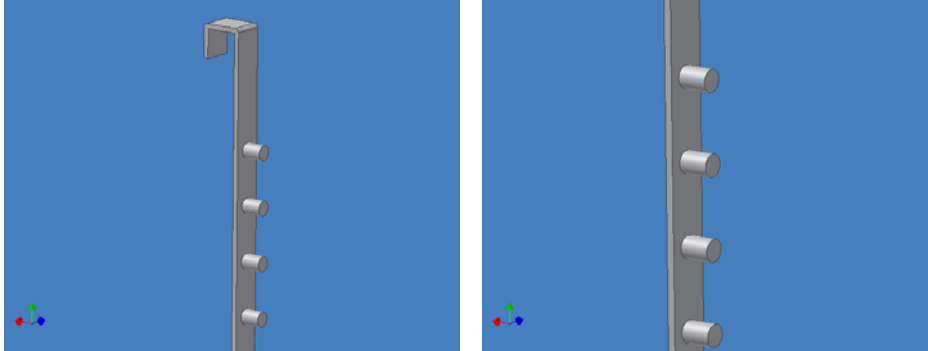
$$\frac{17,42Nm}{d_3^3} = 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$d_3 = \left(\frac{17,42}{276 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 3,9813 \times 10^{-3} m \approx 0,157in$$

El valor de d_3 es el valor del diámetro mínimo que deben tener los elementos que van a sostener las piezas para poder tener un esfuerzo por debajo al de fluencia.

d) Montaje tipo Guindadero

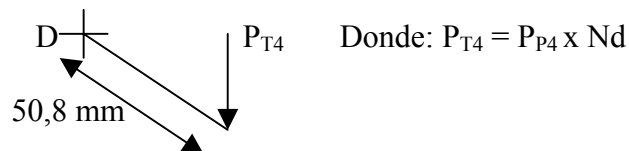
Figura N° 5.52 Montaje tipo Guindadero



Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones de los elementos que van a sostener a las piezas (Apéndice A.4) son las siguientes:

Figura N° 5.53 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje tipo tendadero



El elemento en el punto D se encuentra sometido a solo un esfuerzo por flexión.

$$\sigma_{xD} = \frac{M_D \times y_D}{I_D} = \frac{M_D \times d_4 / 2}{\pi \times d_4^4 / 64} = \frac{32 \times M_D}{\pi \times d_4^3} \quad \text{Ecuación 5.59}$$

En este tipo de montaje igualmente al anterior se va a sostener un tipo de pieza dado, donde las características de la pieza que va a ejercer mayor peso son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 r_{1P4} &= 0,0635m \\
 r_{2P4} &= 0,031877m \\
 h_{P4} &= 0,1524m \\
 Nd &= 10 \text{ piezas} \\
 \rho_{AL} &= 2700 \frac{Kg}{m^3} \\
 g &= 9,81 \frac{m}{s^2} \\
 S_Y &= 276 \times 10^6 Pa
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{P4} &= \pi \times h_{P4} \times (r_{1P4} - r_{2P4}) = \pi \times 0,1524 \times (0,0635 - 0,031877) = 1,444 \times 10^{-3} m^3 \\
 m_{P4} &= \rho_{AL} \times V_{P4} = 2700 \times 1,444 \times 10^{-3} = 3,899 Kg \\
 P_{P4} &= m_{P4} \times g = 3,899 \times 9,81 = 38,25 N \\
 P_{TP4} &= P_{P4} \times N = 38,25 \times 10 = 382,5 N
 \end{aligned}$$

$$M_D = P_{TP4} \times 0,0508 = 382,48 \times 0,0508 = 19,43 Nm$$

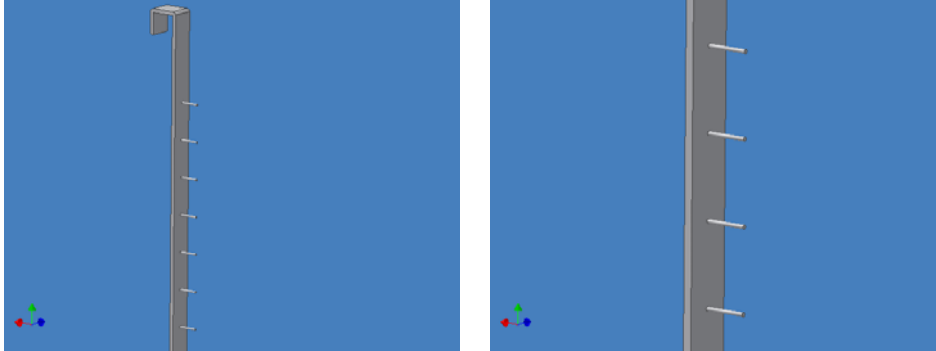
Al igualar el esfuerzo por flexión con el esfuerzo máximo de trabajo del aluminio o S_Y , tenemos que:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{XD} &= S_Y \\
 \frac{32 \times 19,43}{\pi \times d_4^3} &= 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \\
 \frac{197,912 Nm}{d_4^3} &= 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \\
 d_4 &= \left(\frac{197,912}{276 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 8,951 \times 10^{-3} m \approx 0,3524 in
 \end{aligned}$$

El valor de d_4 es el valor del diámetro mínimo que deben tener los elementos que van a sostener las piezas para poder tener un esfuerzo por debajo al de fluencia.

e) Montaje Vertical

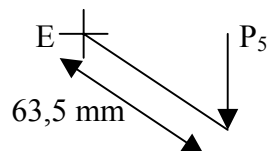
Figura N° 5.54 Montaje vertical



Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones de los elementos que van a sostener a las piezas (Apéndice A.2) son las siguientes:

Figura N° 5.55 Diagrama de Cuerpo libre del elemento de sujeción de piezas en el montaje vertical con tubos recto



El elemento en el punto E se encuentra sometido a solo un esfuerzo por flexión.

$$\sigma_{XE} = \frac{M_E \times y_E}{I_E} = \frac{M_E \times \frac{d_5}{2}}{\frac{\pi \times d_5^4}{64}} = \frac{32 \times M_E}{\pi \times d_5^3} \quad \text{Ecuación 5.60}$$

En este tipo de montaje igualmente al anterior se va a sostener un tipo de pieza dado, donde las características de la pieza que va a ejercer mayor peso son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 A_{P5} &= 1,766m^2 \\
 e_{P5} &= 0,00475m \\
 \rho_{AL} &= 2700 \frac{Kg}{m^3} \\
 g &= 9,81 \frac{m}{s^2} \\
 S_Y &= 276 \times 10^6 Pa
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{P5} &= A_{P5} \times e_{P5} = 1,766 \times 0,00475 = 0,00839m^3 \\
 m_{P5} &= \rho_{AL} \times V_{P5} = 2700 \times 0,00839 = 22,65Kg \\
 P_{P5} &= m_{P5} \times g = 22,65 \times 9,81 = 222,177N \\
 M_E &= P_{P5} \times 0,0635 = 222,177 \times 0,0635 = 14,108Nm
 \end{aligned}$$

Al igualar el esfuerzo por flexión con el esfuerzo máximo de trabajo del aluminio o S_Y , tenemos que:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{XE} &= S_Y \\
 \frac{32 \times 14,108}{\pi \times d_5^3} &= 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \\
 \frac{143,71Nm}{d_5^3} &= 276 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \\
 d_5 &= \left(\frac{143,71}{276 \times 10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 8,045 \times 10^{-3} m \approx 0,317in
 \end{aligned}$$

El valor de d_5 es el valor del diámetro mínimo que deben tener los elementos que van a sostener las piezas para poder tener un esfuerzo por debajo al de fluencia.

5.10 Traslado de la carga por los tanques del proceso

5.10.1 Cálculo de la masa para trasladar

La masa que debe trasladar el puente grúa constará de la masa de la carga para anodizar más la masa del soporte de los montajes de piezas.

Del apartado 6.5.1.1 obtuvimos el valor de la masa total aportada por las 15 laminas a introducir para la anodización, que conforma la carga máxima para anodizar.

Ahora debemos calcular el valor de la masa que proporciona el soporte de los montajes de piezas. Conociendo los siguientes datos del soporte de los montajes, tenemos que:

$$A_{SOP} = 0,29718m^2$$

$$\rho_{AL} = 2700 \frac{kg}{m^3}$$

$$e_L = 0,0762m$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$V_S = 0,29718 \times 0,0762 = 0,0226m^3$$

$$m_S = 0,0226 \times 2700 = 61,14kg$$

Entonces la masa a trasladar por el puente grúa es la siguiente:

$$m_{PG} = m_{Ll} + m_S \quad \text{Ecuación 5.61}$$

$$m_{PG} = 339,45 + 61,14 = 400,6kg = 0,442ton$$

Con este valor de masa se debe escoger un puente grúa del mercado que pueda manejar un poco más que la masa que obtuvimos con el fin de dar un poco de holgura.

5.11 Balance de Materiales, Insumos y equipos necesarios para el proceso de anodizado

5.11.1 Balance de materia prima e insumos necesarios para el proceso productivo.

Tabla N° 5.11 Materia prima e insumos necesarios para el proceso productivo.

Materia prima o insumo	Cantidad
Aluminio	324m ² /mes, 3888m ² /año
Ácido sulfúrico para el desengrase	580kgs/año, 0.15 Kgs/m ²
Ácido sulfúrico para el anodizado	2044Kgs/año, 0.53Kgs/m ²
Total de ácido sulfúrico	2624Kgs/año
Hidróxido de sodio para el decapado	920lts/año, 0.24lts/m ²
Ácido nítrico para el neutralizado	2810lts/año, 0.73lts/m ²
Agua desmineralizada para todos los baños	93860lts/año, 24lts/m ²
Sellante FrioFix para el sellado	60Kgs/año, 0.0016Kgs/m ²

Cabe destacar que los cambios de las soluciones que contiene cada uno de los tanques se realizará cada tres meses.

5.11.2 Balance de materiales para construir los diferentes sistemas que se requieren durante el proceso de anodizado.

Estos materiales son los siguientes:

a) Para los tanques (nueve tanques)

Todos los tanques poseen la misma estructura (son iguales), por lo que el material por cada tanque es:

- 5 láminas de acero rectangulares, 2 láminas de 3.6m de largo por 1.4 de alto y un espesor de 5mm, 2 láminas de 0.6 de largo por 1.4m de alto y un espesor de 5mm y 1 lámina de 3.6m de largo por 0.6m de ancho y un espesor de 5mm.
- 4 perfiles en L de 5x5x1/2, 2 de los perfiles son de 3.854m largo y 2 de 0.854m de largo.
- 8 perfiles huecos rectangulares de 6x4x1/4, 4 perfiles de 3.854m de largo y 4 perfiles de 0.854m de largo.
- 5 Perfiles en C de 5x1x3/4, todos los perfiles de 0.8032mts.
- 5 Bloques de concreto pesado de 7 kg talla 15

Adicionalmente el tanque de anodizado para producir el proceso electrolítico debe tener:

- 44 láminas de plomo doblados en forma de bastones de 10cms de ancho 6,35mm.
- 8 pletinas de aluminio de 5mm de espesor, 4 pletinas de 3.6m de largo y 10,16cm de ancho, 3 pletinas de aluminio de 10,21cm de ancho 0.854m de largo y 1 pletina de 10,27cm de ancho 0.350m de largo.
- 4 pletinas de madera, 2 pletinas de madera de 10,16cm de ancho, 1cm de espesor y 3.6m de largo; 1 pletina de 10,27cm de espesor, de 2cm de espesor y 0,854m de largo y 1 pletina de 10.27cm de ancho, de 2cm de espesor y 0.350m de largo.

- 20 pletinas de 10.16cm de ancho de 5mm de espesor, 4 pletinas de 4,65m de largo, 4 pletinas de 4,5m de largo, 4 pletinas de 2,65m de largo, 4 pletinas de 2,5m de largo y 4 pletinas de 0,7 m.
- 164 Tornillos de acero inoxidable de cabeza hexagonal UNC rosca regular de 5/16 in de diámetro nominal, 92 tornillos son de 2 ½in de largo, 56 tornillos de ¾ in de largo, 8 tornillos de ¾ in de largo y 8 tornillos de 2in de largo.
- 164 Arandelas de acero inoxidable planas normales de 5/16 in de diámetro.
- 164 Tuercas de acero inoxidable de 5/16 in de diámetro nominal.

b) Materiales por cada elemento de soporte de piezas (en total son 4 soportes):

- 4 Pletinas de aluminio de ½ in de ancho, de 3in de alto y 3.9m de largo.
- 1 Tubería hueca rectangular de aluminio de 3x1x0.062 in de 3.9m de largo.
- 24 Tornillos de acero inoxidable de cabeza hexagonal UNC rosca regular de 5/16 in de diámetro nominal de 3 ½ in de largo.
- 24 Arandelas planas normales de 5/16 in de diámetro.
- 24 Tuercas de acero inoxidable de 5/16 in de diámetro nominal.
- Dos tubos cilíndricos macizos de acero inoxidable, de ½ in de diámetro.

5.11.3 Equipos y servicios que serán adquiridos mediante proveedores existentes en el mercado.

Tabla N° 5.12 Lista de equipos y servicios.

Equipos y Servicios	Especificaciones Técnicas
Recubrimiento de fibra de vidrio para los tanques	Este recubrimiento se realizará por la parte interna de los tanques y debe tener un espesor de 5mm.
Chiller	Debe tener una capacidad de refrigeración de 27 toneladas de refrigeración.
Calentadores a gas (2)	El equipo debe manejar temperatura entre 70 y 75 grados centígrados y tener una capacidad de 30 galones cada uno.
Rectificador/Trasformador	Este equipo debe manejar un amperaje variable entre los 0 y 4500 Amp, y una variación de voltaje entre los 0 y 18 voltios.
Extractor de aire	El extractor de aire deberá tener un diámetro nominal de 12in
Puente Grúa	Este sistema debe ser estilo viga doble de 4 movimientos, con 2 polipastos que soporte una carga entre 300 y 600kgs.
Pasarela (vías de acceso a los tanques)	Este electo se construye en base a las necesidades de la planta de 12mts de largo y 1,2mde ancho.

Tabla N° 5.12 Lista de equipos y servicios. Continuación

Equipos y Servicios	Especificaciones Técnicas
Bomba para el sistema de enfriamiento del electrolito	Este equipo debe manejar un caudal de 25 GPM y una potencia de 0.75 HP
Bomba para el sistema de calentamiento.	Este equipo debe manejar un caudal de 32GPM y una potencia de 0.75 HP
Sistema de tuberías	El sistema de tubería constará de tuberías de acero y tuberías en acero inoxidable. En acero se tiene un largo de tubería de 50m y de acero inoxidable 35m.
Accesorios para el sistema de tuberías	Los accesorios del sistema de tubería serán los siguientes: Codos radio corto 90° , Te, Válvulas de compuerta, globo y check, todos estos tanto en acero al carbono como en acero inoxidable,
Tanques de Expansión (1 para el sistema de enfriamiento y 1 para el sistema de calentamiento).	Estos tanques serán tratados como tanques hidroneumáticos
Serpentines para refrigeración y calentamiento(2 para el tanque de desengrase, 2 para el tanque de decapado y 2 serpentines para el tanque de anodizado)	Estos serpentines deben tener una longitud total de tubo 52.8m, de 16 pasos cada uno, de diámetro 1 in, construidos de acero inoxidable
Planta de tratamiento de agua	Esta planta es para tratar las aguas residuales provenientes de los diferentes tanques que conforman el proceso
Estructura de área de recepción, embarque y desembarque.	Está estructura tiene unas dimensiones 4.5m por 3.6m. Estarán construidos por 10 perfiles 6 perfiles macizos de 2 m, 2 perfiles de 3.6m y 2 perfiles de 4.5m.

Fuente: Elaboración Propia

5.12 Distribución de Planta

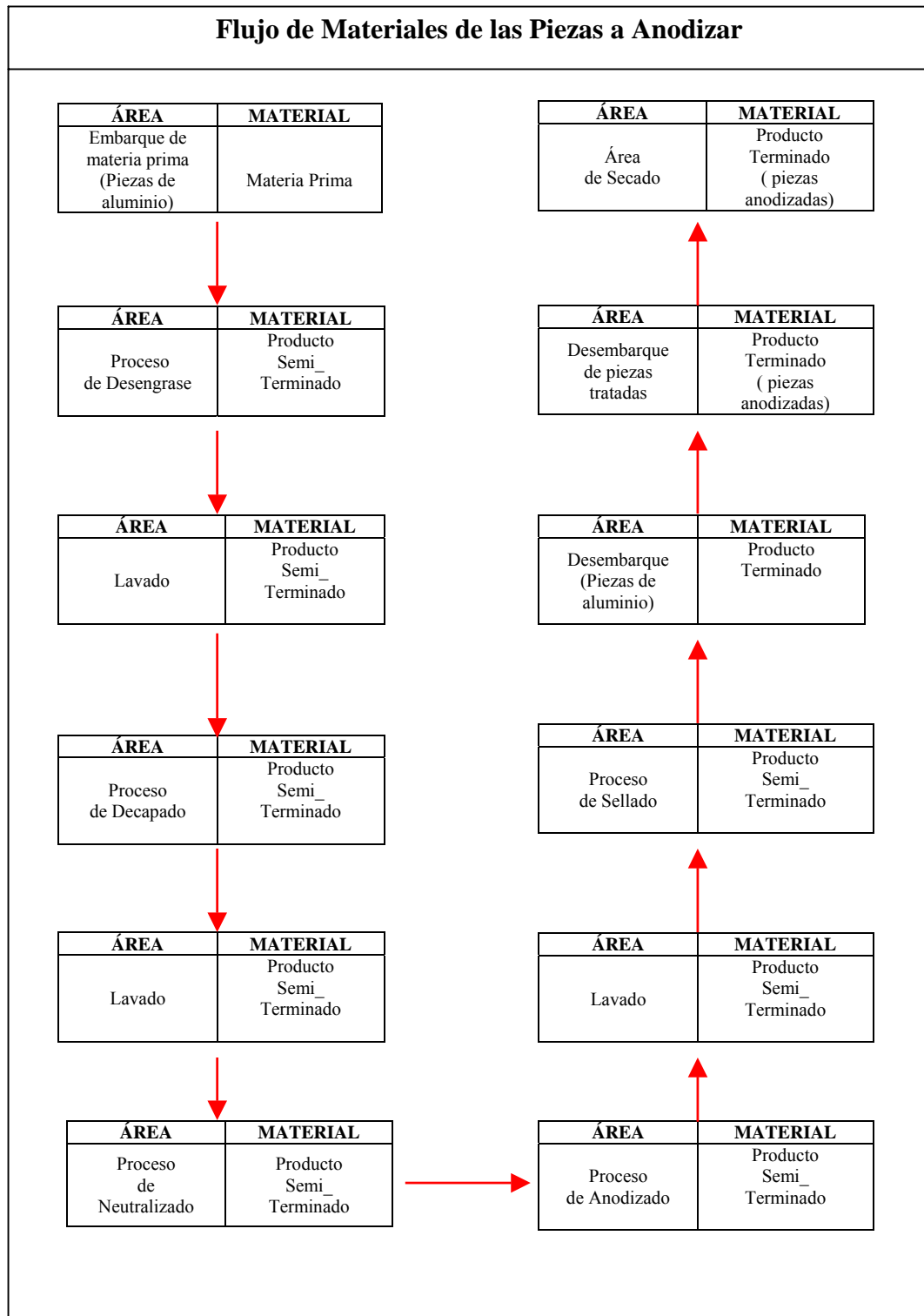
5.12.1 Análisis de los factores para la distribución de planta

El análisis requerido en la aplicación del método SLP está compuesto por el análisis de flujo de materiales, análisis de relación entre los procesos y actividades industriales, la determinación de los requisitos y limitaciones de espacio.

a) Análisis del Flujo de Materiales

La empresa ACASI Machinery- Maquinarias Repovenca se encarga de producir variedad en lo que a máquinas de llenado y envasado se refiere, para ello es necesario la elaboración de una gran gama de piezas a la cual se les realizará un proceso de anodizado que se añadirá como un nuevo proceso productivo. En este caso se le realizará un análisis de flujo a las piezas de aluminio que serán anodizadas, este análisis se muestra en el siguiente diagrama.

Figura N° 5.56 Flujo de materiales de las piezas a anodizar



Fuente: Elaboración Propia

b) Análisis de relaciones de Actividades

En un análisis de relaciones de actividades lo que se trata es de ordenar según la importancia que tengan en el proceso productivo las cercanías de las áreas donde se llevan a cabo las actividades de dicho proceso. Para realizar este análisis se procedió con la construcción de un diagrama de relación de actividades, el cual se construye asignándole un valor a la relación en importancia de la cercanía de un área respecto a otra, para así conocer cuan importante o no la adyacencia o cercanía entre ellas. De esta manera si dos áreas tienen una fuerte proximidad es necesario que en la distribución de planta mantengan esta cercanía. Igualmente sucede en el caso contrario.

El diagrama antes mencionado se muestra en la siguiente figura:

Del diagrama anteriormente presentado podemos observar las proximidades que tienen las áreas de la planta de anodizado entre sí y clasificarlas de la forma que se presenta a continuación:

Cercanía Tipo A

Área de Montaje de las piezas	Área de Desmontaje de las piezas
Área de Montaje de las piezas	Área de Sellado
Área de Montaje de las piezas	Área de recepción de las piezas
Área de Desmontaje de las piezas	Área de Sellado
Área de Desengrase	Área de Lavado 1
Área de Desengrase	Área de Calentamiento
Área de Lavado 1	Área de Decapado
Área de Lavado 1	Área de Calentamiento
Área de Decapado	Área de Lavado2
Área de Decapado	Área de Calentamiento
Área de Lavado 2	Área de Neutralizado
Área de Neutralizado	Área de Lavado 3
Área de Lavado 3	Área de Anodizado
Área de Anodizado	Área de Lavado 4
Área de Anodizado	Área de Refrigeración
Área de Anodizado	Área de Rectificación de corriente
Área de Lavado 4	Área de Sellado

Fuente: Elaboración Propia

Cercanía Tipo E

Área de Desengrase	Área de Decapado
Área de Desengrase	Área de Lavado 2
Área de Desengrase	Área de Neutralizado
Área de Desengrase	Área de Lavado 3
Área de Desengrase	Área de Anodizado
Área de Desengrase	Área de Lavado 4
Área de Desengrase	Área de Sellado
Área de Lavado 1	Área de Lavado 2
Área de Lavado 1	Área de Neutralizado
Área de Lavado 1	Área de Lavado 3
Área de Lavado 1	Área de Anodizado
Área de Lavado 1	Área de Lavado 4
Área de Lavado 1	Área de Sellado
Área de Decapado	Área de Neutralizado
Área de Decapado	Área de Lavado 3
Área de Decapado	Área de Anodizado
Área de Decapado	Área de Lavado 4
Área de Decapado	Área de Sellado
Área de Lavado 2	Área de Lavado 3
Área de Lavado 2	Área de Anodizado
Área de Lavado 2	Área de Lavado 4
Área de Lavado 2	Área de Sellado
Área de Neutralizado	Área de Anodizado
Área de Neutralizado	Área de Lavado 4
Área de Neutralizado	Área de Sellado
Área de Lavado 3	Área de Lavado 4
Área de Lavado 3	Área de Sellado
Área de Anodizado	Área de Sellado

Fuente: Elaboración Propia

Cercanía Tipo I

Área de Desmontaje de las piezas	Área de recepción de piezas
Área de Desengrase	Área de almacén de materia prima
Área de Lavado 1	Área de almacén de materia prima
Área de Decapado	Área de almacén de materia prima
Área de Lavado 2	Área de almacén de materia prima
Área de Neutralizado	Área de almacén de materia prima
Área de Lavado 3	Área de almacén de materia prima
Área de Anodizado	Área de almacén de materia prima
Área de Lavado 4	Área de almacén de materia prima
Área de Sellado	Área de almacén de materia prima

Fuente: Elaboración Propia

Cercanía Tipo O

Área de Refrigeración	Área de Rectificación de corriente
-----------------------	------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

Cercanía Tipo U

Área de montaje de piezas	Área de Desengrase
Área de montaje de piezas	Área de Lavado 1
Área de montaje de piezas	Área de Decapado
Área de montaje de piezas	Área de Lavado 2
Área de montaje de piezas	Área de Neutralizado
Área de montaje de piezas	Área de Lavado 3
Área de montaje de piezas	Área de Anodizado
Área de montaje de piezas	Área de Lavado 4
Área de montaje de piezas	Área de Calentamiento
Área de montaje de piezas	Área de Refrigeración
Área de montaje de piezas	Área de Rectificación de corriente

Área de montaje de piezas	Área de almacén de materia prima
Área de desmontaje de piezas	Área de Desengrase
Área de desmontaje de piezas	Área de Lavado 1
Área de desmontaje de piezas	Área de Decapado
Área de desmontaje de piezas	Área de Lavado 2
Área de desmontaje de piezas	Área de Neutralizado
Área de desmontaje de piezas	Área de Lavado 3
Área de desmontaje de piezas	Área de Anodizado
Área de desmontaje de piezas	Área de Lavado 4
Área de desmontaje de piezas	Área de Calentamiento
Área de desmontaje de piezas	Área de Refrigeración
Área de desmontaje de piezas	Área de Rectificación de corriente
Área de desmontaje de piezas	Área de almacén de materia prima
Área de Desengrase	Área de Refrigeración
Área de Desengrase	Área de Rectificación de corriente
Área de Desengrase	Área de recepción de piezas
Área de Lavado 1	Área de Refrigeración
Área de Lavado 1	Área de Rectificación de corriente
Área de Lavado 1	Área de recepción de piezas
Área de Decapado	Área de Refrigeración
Área de Decapado	Área de Rectificación de corriente
Área de Decapado	Área de recepción de piezas
Área de Lavado 2	Área de Calentamiento
Área de Lavado 2	Área de Refrigeración
Área de Lavado 2	Área de Rectificación
Área de Lavado 2	Área de recepción de piezas
Área de Neutralizado	Área de Calentamiento
Área de Neutralizado	Área de Refrigeración
Área de Neutralizado	Área de Rectificación de corriente
Área de Neutralizado	Área de recepción de piezas

Área de Lavado 3	Área de Calentamiento
Área de Lavado 3	Área de Refrigeración
Área de Lavado 3	Área de Rectificación de corriente
Área de Lavado 3	Área de recepción de piezas
Área de Anodizado	Área de Calentamiento
Área de Anodizado	Área de recepción de piezas
Área de Lavado 4	Área de Calentamiento
Área de Lavado 4	Área de Refrigeración
Área de Lavado 4	Área de Rectificación de corriente
Área de Lavado 4	Área de recepción de piezas
Área de Sellado	Área de Calentamiento
Área de Sellado	Área de Refrigeración
Área de Sellado	Área de Rectificación de corriente
Área de Sellado	Área de recepción de piezas
Área de Calentamiento	Área de recepción de piezas
Área de Calentamiento	Área de almacén de materia prima
Área de Refrigeración	Área de almacén de materia prima
Área de Rectificación de corriente	Área de almacén de materia prima
Área de Rectificación de corriente	Área de recepción de piezas
Área de recepción de piezas	Área de almacén de materia prima

Fuente: Elaboración Propia

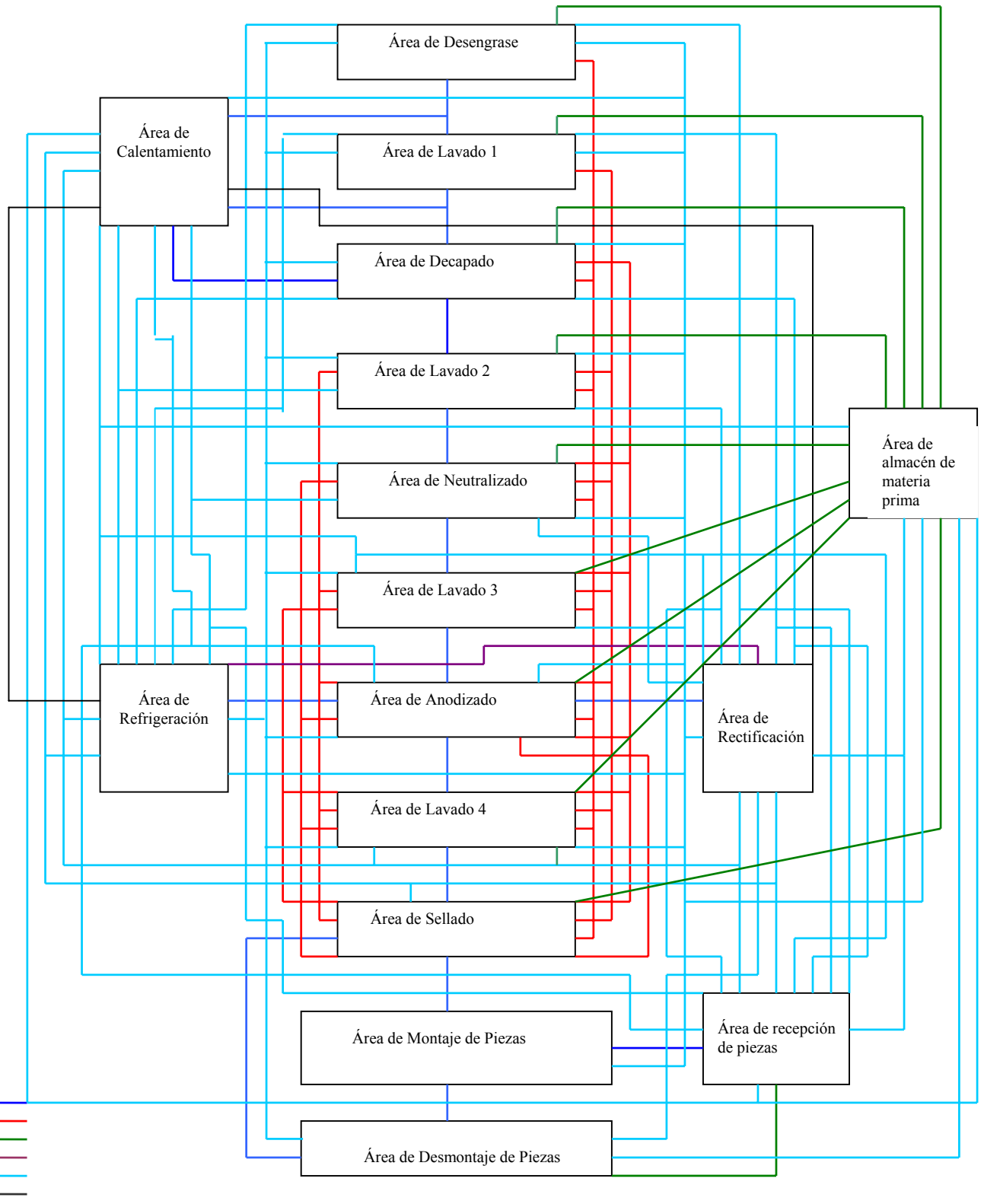
Cercanía Tipo X

Área de Calentamiento	Área de Refrigeración
Área de Calentamiento	Área de Rectificación

Fuente: Elaboración Propia

5.12.2 Diagrama de relaciones

Los resultados obtenidos del análisis del flujo de materiales y de la relación entre actividades, permitieron la elaboración del Diagrama de Relaciones, el cual como fue descrito anteriormente, representa la proximidad entre las áreas de la planta. A continuación se presenta el diagrama mencionado:



5.12.3 Determinación de los requerimientos de espacio

Para llevar a cabo la estimación del área total de la planta la cual será ocupada por la distribución de planta, es necesario determinar primero los requerimientos de espacio de cada uno de las áreas involucradas en el proceso productivo. Para esta determinación se consideraron los siguientes aspectos:

- Áreas de cada máquina (Dimensiones de las máquinas).
 - Áreas destinadas al trabajo del operador (Espacio para el operador).
- Pasillos, manejo de material y vías de escape.
- Áreas del inventario en proceso.

Para la estimación de dichas áreas, se tomaron en cuenta valores establecidos según la normativa.

Las tablas donde están reflejados los cálculos realizados pueden ser consultadas en el apéndice D.1 para mejor entendimiento.

A continuación se presentan los resultados de dichos cálculos

Tabla N° 5.13 Cálculo de área de espacios de la planta

ÁREA	ESPACIO REQUERIDO (m ²)
Área de Recepción de Piezas	7
Área de Embarque, Desembarque y Secado de Piezas	19
Área de Tanques	33
Área del Sistema de Calentamiento	7
Área del Sistema de Enfriamiento	12
Área de Supervisión del Proceso	27
Área del Suministro de Energía	22
Zona de Tuberías	28
Almacén para Insumos	23
Área de la planta de tratamiento de agua	4.5
ESPACIO TOTAL REQUERIDO	182.5

Fuente Cálculos propios

5.12.4 Verificación del espacio disponible

Luego de haber determinado cual es el espacio requerido para la distribución de planta es necesario verificar que el área que se ha establecido para instalar la planta sea capaz de satisfacer con los requerimientos del espacio que se determinó en la sección anterior.

El espacio disponible para la instalación de la planta es de 678 m², y el espacio total requerido para la distribución de planta son 182.5 m². Se puede verificar claramente que contamos con suficiente espacio para instalar la planta. La distribución de planta que se realizó con el fin de reducir al máximo los costos, generar un proceso de recorrido y producción eficiente y ocupar el menor espacio posible, para que la empresa ACASI Machimery- Maquinarias Repovenca pueda utilizar el espacio restante para cualquier otra actividad que ellos luego necesiten.

En los Apéndices D.2 se muestra el plano del espacio disponible.

5.12.5 Distribución de Planta al Detalle

Una vez seleccionada la mejor forma de distribuir la planta se procedió a la elaboración de la distribución al detalle, en donde se especifica cada área, se estima el espacio ocupado por cada una de las máquinas, sistemas y equipos utilizados en el proceso y el arreglo físico y disposición de las mismas dentro del espacio disponible.

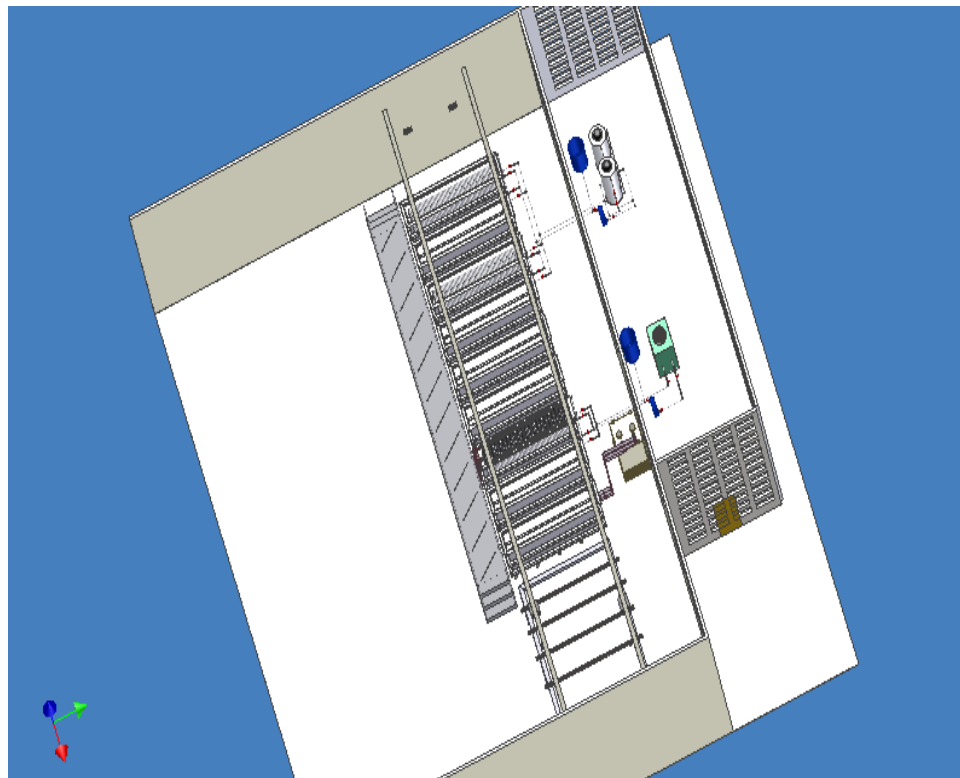
Es importante señalar que para realizar esta distribución de planta se consideraron los factores de seguridad industrial que son de carácter obligatorio para el buen desempeño del trabajador, los cuales son:

- Espacio entre máquina y hombres.
- Espacio entre máquinas y máquinas.
- Espacio para trabajadores.
- Espacio para pasillos.
- Vías de escape.

En los Apéndices D.3, se presenta el plano de Distribución de Planta al Detalle, así como también el plano de Diagrama de Recorrido de la Distribución Propuesta se presenta en el apéndice D.4, se recomienda que sean consultados para la mejor comprensión de este capítulo.

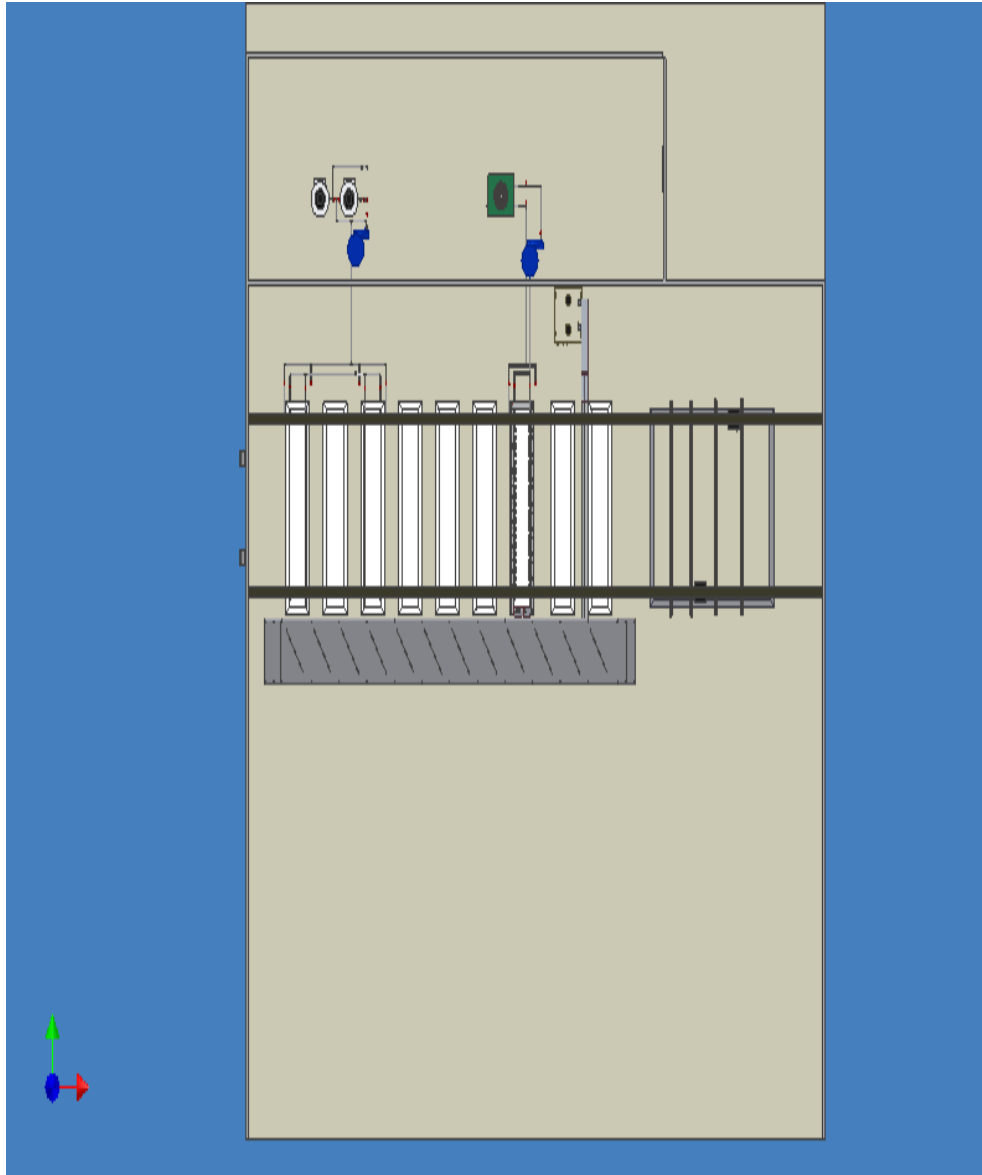
En las siguientes figuras se puede observar la planta en tres dimensiones.

Figura N° 5.58 Vista lateral de la Planta



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 5.59 Vista superior de la Planta



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI
EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 Inversiones

6.1.1 Maquinaria y equipos

El costo de la maquinaria es la inversión monetaria que se debe realizar para adquirir todos los equipos necesarios para el funcionamiento de la planta de anodizado. En la siguiente tabla podemos ver los equipos necesarios para el proceso de anodizado y su costo en bolívares.

Tabla N° 6.1 Maquinaria y Equipos

Maquinaria	Descripción	Costo (Bs)
Tanques de pre y post tratamiento del proceso de anodizado y tanques de anodizado	En este renglón esta incluida el costo de los materiales de los nueve tanques del proceso y su construcción	32.441.000
Accesorios para el tanque de anodizado	Acá se incluyen todos los materiales que se necesitan para la realización de la electrolisis dentro del tanque de anodizado	20.504.940
Soporte de montajes de piezas	Este soporte estará realizado por pletinas de aluminio, tubería hueca rectangular sujetos por tornillos de acero inoxidable.	1.982.500
Montajes de piezas	Estas estructuras para el montaje de las piezas van a estar realizadas por medio de pletinas de diferentes dimensiones que se soldarán entre sí y a ellas se les colocará tubos para la sujeción de las piezas.	5.560.090

Sistemas de tuberías	Este sistema de tubería incluye todas las tuberías y accesorios necesarios para el sistema de calentamiento y el sistema de enfriamiento.	9.623.900
Equipos para el sistema de enfriamiento del electrolito	Dentro de este sistema estamos tenemos los siguientes equipos: <ul style="list-style-type: none"> - Chiller - Serpentin - Bomba para el enfriamiento 	69.956.130
Equipos para el calentamiento de los tanques de desengrase y de decapado	Este sistema consta de los siguientes equipo: <ul style="list-style-type: none"> - Dos Calentadores a gas - Serpentin - Bomba para el calentamiento 	34.558.020
Equipos para introducir la corriente durante el anodizado	Para introducir la corriente durante el proceso de anodizado utilizaremos un Rectificador con su caja de mando a distancia	39.465.730
Equipos de extracción de gases	Se colocarán dos extractores de gases en acero inoxidable	562.380
Sistema de traslado de las piezas por todos los tanques	Se utilizará un puente grúa de 4 movimientos constituidos por dos polipastos.	43.000.000
Estructuras metálicas	Dentro de este renglón esta incluido la construcción de la estructura del área del montaje y desmontaje de piezas así como también la pasarela.	25.317.000
Equipo de tratamiento de agua	Se colocará una planta de tratamiento de aguas residuales	223.172.100
Agitador manual	Para la agitación de las	523.760

	soluciones contenidas en los tanques se utilizará una paleta construida por la empresa	
TOTAL		491.547.550

En el apéndice E.1 se encuentra la descripción detallada de los costos de cada uno de los equipos y maquinas para el proceso.

Inversión para la maquinaria y equipos: 491.600.000 Bs.

6.1.2 Instalación de maquinaria y equipos

La instalación de los equipos será un porcentaje del total de las maquinarias, este porcentaje será igual al 20%.

Inversión para la instalación de la maquinaria =
 $491600000 \times 0,2 = 98.320.000 \text{ Bs.}$

6.1.3 Activos diferidos

Los activos diferidos comprenden todos los activos intangibles de la planta, tales como la planeación del proyecto que es un 3% de la inversión total (sin incluir los activos diferidos), la supervisión del proyecto que comprende la verificación de los precios de los equipos, compra de la maquinaria y materiales, verificación de traslado a planta, verificación de la instalación de servicios, contratos etc. y se calcula como el 1,5% de la inversión total (sin incluir los activos diferidos) y por último la administración del proyecto el cual se calcula como el 0,5% de la inversión total (sin incluir los activos diferidos).

Tabla N° 6.2 Activos diferidos

Concepto	Cálculo	Total en Bs
Planeación del proyecto	$640000000 \times 0,03$	19.200.000
Supervisión	$640000000 \times 0,015$	9.600.000
Administración del proyecto	$640000000 \times 0,005$	3.200.000
TOTAL		32.000.000

6.1.4 Inversión total para la puesta en marcha de la planta de anodizado

Esta es la inversión que se debe realizar para la instalación de la planta, para ello se tomo en cuenta los activos diferidos y el costo de capital de trabajo (apéndice E.2) para poder comenzar con la producción, este capital de trabajo incluye 2 meses de costos de producción como materia prima, mano de obra, energía eléctrica, costo de combustible, consumo de agua y costo de arrendamiento.

Tabla N° 6.3 Inversión inicial

Concepto	Costo Bs
Maquinaria y equipos	491.600.000
Instalación de los equipos	98.320.000
Capital de Trabajo	49.500.000
Activos diferidos	32.000.000
TOTAL	672.000.000

6.1.5 Costos financieros

Se plantea un sistema de financiamiento donde la empresa cancelará el 30% de la inversión inicial y le restará el 70% para ser financiado por algún organismo. Esta entidad financiera (Banfoandes) plantea una tasa de interés del 9% para ser cancelada anualmente.

Tabla N° 6.4 Financiamiento

CONCEPTO	Porcentaje dado por la empresa %	Aporte dado por la empresa Bs.	Porcentaje financiado por la entidad bancaria %	Crédito dado por la entidad bancaria Bs.	TOTAL
Maquinarias y Equipos	22	147480000	52	344120000	491600000
Instalación	4	29496000	10	68824000	98320000
Costos diferidos	2	9600000	3	22400000	32000000
Capital de trabajo	2	14850000	5	34650000	49500000
TOTAL	30	201.600.000	70	470.400.000	672.000.000

La cantidad para ser financiada es 470400000 Bs, esta cantidad deberá ser cancelada durante los siguientes cinco años suponiendo una tasa fija del 9% para pagos anuales.

Para los cálculos de costos de producción por el financiamiento se tomará un promedio de todos los costos de interés a lo largo del período de cinco años (Ver apéndice E.3). Este costo total anual es el siguiente:

$$\text{Costo anual por el financiamiento} = 25.401.600 \text{ Bs/año}$$

6.1.6 Cronograma de inversiones

Es conveniente construir un cronograma de instalación de la empresa, desde las primeras actividades como lo es la elaboración del estudio hasta el mes en que se ponga en marcha la actividad productiva.

Tabla N° 6.5 Cronograma de inversiones

Actividad	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elaboración del estudio	■	■	■									
Tramitación del financiamiento			■									
Acondicionamiento del terreno			■									
Fabricación de los equipos necesarios			■	■	■							
Compra de maquinaria					■							
Recepción de la maquinaria						■						
Instalación de la maquinaria							■					
Instalación de los servicios industriales							■	■	■			
Prueba de arranque										■	■	■
Inicio de producción												■

6.2 Costos de producción

El costo de producción esta conformado por todas aquellas partidas que intervienen en la producción del proceso.

6.2.1 Costo de materia prima

Tabla N° 6.6 Costo de materia prima

COSTO DE MATERIA PRIMA					
Materia Prima	Consumo trimestral	Costo	Consumo anual	Costo anual Bs/año	Proveedor
Ácido sulfúrico	357 lts	21600 Bs/lts	1426 lts	30.801.600	PDVSA
Hidróxido de Sodio	230 lts	26784 Bs/lts	920 lts	24.641.280	PDVSA
Ácido Nítrico	702,5 lts	32000 Bs/lts	2810 lts	89.920.000	PDVSA
Sellante Friofix	15 Kg	45000 Bs/Kg	60 Kg	2.700.000	ALSAN
TOTAL				148.062.880	

Costo total anual por materia prima = 148.062.880 Bs/año

6.2.2 Costo de energía eléctrica

Tabla N° 6.7 Consumo de energía eléctrica

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA					
Equipo	Unidades	Consumo kw-hr/equipo	Consumo kw/hr total	hr/día	Consumo kw-hr/día
Calentadores	2	9,96	19,92	8	159,36
Bomba para calentamiento	1	0,55	0,55	8	4,4
Extractor de aire	2	0,15	0,3	8	2,4
Chiller	1	33,3	33,3	8	266,4
Bomba de enfriamiento	1	0,55	0,55	8	4,4
Rectificador	1	243	243	8	1944
Puente grúa	2	4,18	8,36	8	66,88
TOTAL					2447,84

Consumo anual = consumo diario total x 264 días/año = 2447,84 x 264 = 646229,8 kw –hr/año.

Se considera un 5% adicional de imprevistos:

Consumo total = 646229,8 x 1,05 = 678541,25 kw/año.

La carga total por hora (Ct/hr) es la siguiente:

$$Ct / hr = 678541,25 \frac{kw}{año} \times 1 \frac{año}{12 meses} \times 1 \frac{mes}{22 dias} \times 1 \frac{día}{8h} = 321,3 \frac{kw}{h}$$

Demanda concentrada = 70% de la carga total = 321,3 x 0,7 = 225kw/h

Si tenemos que las horas por año son las siguientes:

$$8 \frac{hr}{día} \times 264 \frac{días}{año} = 2112 \frac{hr}{año}.$$

El costo de kw-h en el país según el servicio general 2 (F 05), corriente alterna de 60 Hz en baja tensión es de 45,2590 Bs/kw-h, por ende el costo anual por consumo de energía será igual a:

Costo anual por energía eléctrica =

$$225 \text{ kw/hr} \times 2112 \text{ hr/año} \times 45,2590 \text{ Bs/kw} = 21.507.077 \text{ Bs/año}$$

6.2.3 Costo de consumo de agua

Según las normas de higiene y seguridad, un trabajador debe contar con una disponibilidad de 150 litros diarios de agua potable por día. La plantilla laboral de la empresa constará con solo 2 personas. Las necesidades de agua de la empresa son las siguientes:

- El cambio de las soluciones que contienen los tanques se realizará cada tres meses, su consumo trimestral será igual a: 36.675 lts/trimestral.
- El cambio del agua de los tanques destinados para el lavado de las piezas se realizará cada 2 meses, su consumo bimensual será igual a: 22.480 lts/bimensual
- Agua disponible para el personal trimestralmente: 19.800 lts/trimestral

Consumo total anual de agua:

$$36675 \text{ lts/trimestral} \times 4 \text{ trimestres/año} + 22480 \text{ lts/bimensual} \times 6 \text{ bimensuales/año} + 19800 \text{ lts/trimestral} \times 4 \text{ trimestres/año} = 360780 \text{ lts/año}$$

Mas el 5 % imprevistos tenemos que el consumo anual de agua es de 378.819 lts/año

Este consumo expresado por metro cúbico es igual a 378,819 m³/año.

De acuerdo con la tarifa vigente para el consumo industrial de agua, que es de 720 Bs/m³, se tiene un costo anual de:

Costo total anual por consumo de agua: 720 Bs/m³ x 378,819 m³/año = 272749,68 Bs/año.

6.2.4 Costos de Combustible

El gasto de combustible atribuible a la producción es el gas que consumirán los calentadores. El gas será proporcionado por bombonas de gas licuado (gas propano), su costo será igual a:

Consumo de cada uno de los calentadores en kilogramos de gas por hora
 = 1.2 Kg/hr.

Horas que permanecerán encendidos por día = 8hr/día.

Consumo diario = 9,6 kg/día.

Consumo anual = $9,6 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times 264 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 2534 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$

Precio del gas = 7790 Bs/kg

Costo anual total por consumo de combustible =

$$2534 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \times 7790 \frac{\text{Bs}}{\text{kg}} = 19.739.860 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

6.2.5 Costo de mano de obra

La planta de anodizado será operada por un obrero y un supervisor que sea especializado en el proceso por ende el costo anual por la mano de obra será el siguiente:

Tabla N° 6.8 Costo de obra de mano

COSTO DE MANO DE OBRA						
Plaza	Plazas/turno	Turnos/día	Sueldo mensual/plaza	Sueldo anual plaza	30% Prestaciones	Sueldo total anual
Obrero	1	1	512000	6144000	1843200	7987201
Técnico supervisor	1	1	1000000	12000000	3600000	15600000
TOTAL						23587201

Costo total anual por mano de obra = 23.587.201 Bs/año

6.2.6 Gastos generales

El organigrama de la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca se mantendrá igual. Con la nueva planta de anodizado solo se necesitará algunos servicios tales como de contabilidad los cuales pueden ser suplidos por algún personal de la empresa o solicitados a terceros. Para estos gastos vamos asumir un costo total anual de:

Costo total anual por gastos generales

$$= 250000 \text{ Bs/mes} \times 12 \text{ meses/año} = 3.000.000 \text{ Bs/año}$$

6.2.7 Depreciación y Amortización de activos fijos y diferidos (en bolívares)

Los costos de depreciación y amortización son gastos virtuales dados por ciertos porcentajes de los gastos de maquinarias y de la inversión diferida en nuestro caso para que así el inversionista recupere su inversión inicial que ha realizado. Tenemos que los activos fijos como la adquisición de maquinaria y equipo se deprecia a 10 años y los activos diferidos se amortizan en 3 años. En la siguiente tabla podemos ver la depreciación y amortización de estos activos:

Tabla N° 6.9 Depreciación y Amortización de inversión fija y diferidos

Depreciacion y Amortizacion de activos fijos y diferidos								
Concepto	Valor	%	1	2	3	4	5	VS
Maquinaria y equipos	491600000	10	49160000	49160000	49160000	49160000	49160000	245800000
Inversion diferida	32000000	3	10666666,67	10666666,7	10666666,7	10666667	10666667	0
TOTAL			59826666,67	59826666,7	59826666,7	59826667	59826667	245800000

6.2.8 Costos por mantenimiento de equipos

El costo de mantenimiento implica una revisión periódica de todas las maquinas y equipos. Este costo anual por mantenimiento será igual a un 10% del costo total de los equipos.

Costo total anual por mantenimiento de equipos =

$$491600000 \times 0,10 = 49.160.000 \text{ Bs/año.}$$

6.2.9 Costos por seguro de maquinaria

El costo de seguro para la maquinaria será un pago anual del 4% de los costos totales de la maquinaria y equipos.

Costo total anual por seguro de equipos =

$$491600000 \times 0,04 = 19.664.000 \text{ Bs/año.}$$

6.2.10 Costos por arrendamiento de galpón y almacén

La planta de anodizado se instalará en un espacio físico perteneciente a la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca, igualmente se realizará un calculo de arrendamiento del espacio a utilizar ya que este espacio de no ser ocupado por la planta de anodizado podría estar alquilado y obtenerse un beneficio de él.

El costo de arrendamiento del metro cuadrado en la zona industrial del este, zona donde se encuentra ubicada la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca es de 8552 Bs/m². Si contamos con un área total de la planta de anodizado de 812,5 m², tenemos que el costo mensual del arrendamiento del área a utilizar es la siguiente:

Costo mensual del arrendamiento del galpón =

$$8552 \text{ Bs/m}^2 \times 812,5 \text{ m}^2 = 6948500 \text{ Bs/mensual}$$

Por ende el costo anual debido a este gasto es el siguiente:

Costo total anual por el arrendamiento del galpón =

$$6948500 \text{ Bs/mes} \times 12 \text{ meses/año} = 83.382.000 \text{ Bs/año}$$

6.2.11 Resumen de los costos de producción

Resumiendo en una sola tabla (véase tabla N° 6.10) todos los datos obtenidos, se tiene el siguiente costo de producción:

Tabla N° 6.10 Resumen de costos de producción

Concepto	Costo total anual Bs/año
Materia prima	148.062.880
Energía eléctrica	21.500.000
Agua	273.000
Combustible	19.750.000
Mano de obra	23.600.000
Gastos generales	3.000.000
Mantenimiento	49.160.000
Arrendamiento de galpón	83.382.000
Seguro	19.664.000
Costos Financieros	25.401.600
Depreciación y Amortización	59.830.000
Total	453.623.480

6.3 Costo del metro cuadrado de aluminio anodizado para la empresa

Teniendo el costo total de producción de la planta de aluminio anodizado y la cantidad total a anodizar anual por la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca, podemos obtener el costo total del aluminio anodizado por metro cuadrado.

Costo total anual de los costos de producción = 453.623.480 Bs/año

Cantidad de aluminio a anodizar al año = 3888 m²/año

El costo del metro cuadrado del aluminio anodizado para la empresa es el siguiente:

$$\text{Costo Bs/m}^2 \text{ Aluminio anodizado} = \frac{453623480 \text{ Bs/año}}{3888 \text{ m}^2/\text{año}} = 116.673 \text{ Bs/m}^2$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El diseño de la planta de anodizado propuesto mejorará la calidad del acabado superficial de las piezas de aluminio utilizadas para la elaboración de las máquinas fabricadas por la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca. Las piezas después de ser anodizadas tendrán una apariencia metálica, debido a la transparencia de la capa anódica.

2. La empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca al añadir el proceso de anodizado a su línea de producción estará al mismo nivel de calidad de la competencia.

3. La tecnología que se aplicó para el proceso de anodizado es la tecnología convencional utilizada en este proceso.

4. La planta de anodizado cubrirá inicialmente la demanda directa de la empresa ACASI Machinery- Maquinarias Repovenca.

5. La planta de anodizado de aluminio tiene una capacidad de producción de 324 m²/mes.

6. Los equipos para el proceso de anodizado que serán construidos por la propia empresa, fueron diseñados y calculados por los autores de este proyecto.

7. La inversión inicial estimada para la instalación de la planta de anodizado es de 672.000.000 Bolívares. (313.000 dólares)

8. El costo de producción estimado por metro cuadrado del aluminio anodizado es de 116.673 Bs/ m² (54 \$/m²)

9. La empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca para cumplir con las normas ambientales instalará una planta de tratamiento de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

1. En vista de que el proceso de anodizado genera riesgos químicos se recomienda que los operarios utilicen los implementos de seguridad industrial necesarios para el cumplimiento de las normas.
2. Se recomienda ser consecuente en el cumplimiento de la normativa vigente en materia de higiene y seguridad industrial, durante cada una de las etapas que conllevan a la ejecución de la instalación de la planta de anodizado.
3. Colocar un sistema de gas directo en la medida de lo posible para disminuir el consumo de energía y costos.
4. Mantener un control de la pureza del agua utilizada para el proceso de anodizado.
5. Observar el tiempo de desgaste de los elementos de montaje de piezas para estimar el tiempo de reposición de material para la nueva elaboración de los mismos.
6. Si la empresa ACASI Machinery – Maquinarias Repovenca requiere aumentar la capacidad de producción puede hacerlo aumentando la cantidad de turnos de trabajo.
7. Utilizar la información del presenta Trabajo Especial de Grado para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA, GABRIEL. 2000. *Evaluación de Proyectos*. 4ª Edición. Edit. Mc Graw- Hill companies, Inc.
2. BARRAND, P y Gadeau R .1969.*Enciclopedia del aluminio Vol. 1* Ediciones URMO.España.
3. CRAVINO, A. 2006. *Diseño de una cuba utilizada en un proceso de recubrimiento por electrólisis para producir barras de aterramiento*. Pasantía Industrial. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.
4. EDWARDS, J. *Coating and Surface treatment systems for metals*. ASM International. Finishing publications.
5. INCROPERA, F y de Witt D. 1999. *Fundamentos de transferencia de calor*. 4ª Edición. Edit. Prentice may México DF.
6. JIMÉNEZ, L. 1995. *Estudio de factibilidad tecnoeconómica para la instalación de una planta de anodizado de aluminio*. Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Metalurgica y Ciencia de los materiales.
7. MOTT, Robert. 1995. *Diseño de elementos de máquinas*. 2ª Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. México D.F.
8. MUTHER, Richard. 1982. *Distribución en plantas*. 2ª Edición. Editorial Hispano Europea. Barcelona. España.

9. MUTHER, Richard. 1976. *Systematic layout Planning*. 2^{da} Edición. Cahners Books, USA.
10. OYON, E y Vergara E. 1999. *Determinación de los parámetros operativos del anodizado duro en piezas de aluminio y construcción de planta piloto*. Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.
11. PLAZAS, M y Guaipo W. 1983. *Resistencia al desgaste y al ataque de aleaciones de aluminio*. Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los materiales.
12. POTTER, M y Wiggert D.1998. *Mecánica de Fluidos*. 2^{da} Edición. Editorial Prentice Hall. México D.F.
13. COVENIN 2068-83. *Aluminio y sus aleaciones. Recubrimientos anódicos de productos de aluminio para construcción civil*. FONDONORMA.
14. COVENIN 2067-83. *Aluminios y sus aleaciones. Recubrimientos anódicos del aluminio .Determinación del espesor en las corrientes Eddy*. FONDONORMA.
15. COVENIN 2878-92. *Determinación de la concentración de nieblas de dióxido de sodio en los ambientes de trabajo*. FONDONORMA.

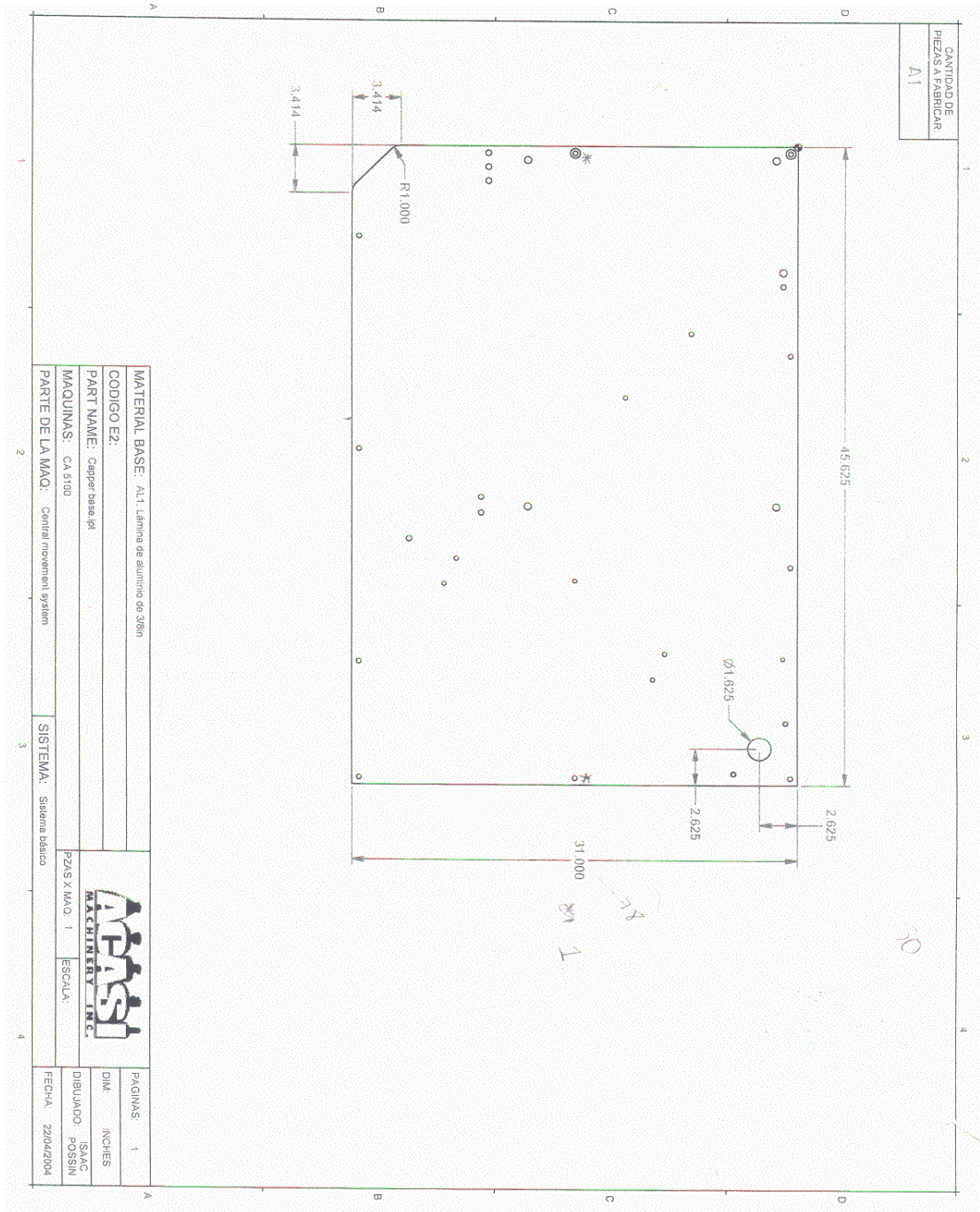
16. COVENIN 823-2-98 *Guía de aspectos generales a ser considerados en la inspección de Higiene y Seguridad Industrial.* FONDONORMA.
17. UNE C-E 303-74. *Productos de aluminio para la construcción civil. Características de Revestimiento.* FONDONORMA
18. UNC 30-010-72. *Recubrimientos anódicos de aluminio. Método de ácido sulfúrico.* FONDONORMA.
19. COVENIN 2250-00. *Ventilación de los lugares de trabajo.* FONDONORMA.
20. SALVATORE, B y Colagero S.1997. *Anodizado duro de aluminio.* Trabajo Especial de Grado.
21. SHIGLEY, J y Minschke C. 1997. *Diseño de Ingeniería Mecánica.* 5^{ta} Edición. Edit. Mc. Graw-Hill. México D:F:
22. SUAREZ, G y Zavarce R.2005. *Reestructuración y Modernización de una industria Química.* Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.
23. WERNICK, S y Pinner B. 1966. *Acabados y tratamientos superficiales del aluminio y sus aleaciones.* Edit. River. Madrid.
24. WESTAWAY, C y Loomis a. 1989. *Cameron Hydraulic Data.* Sixteenth Edition. Ingersoll-Rand.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

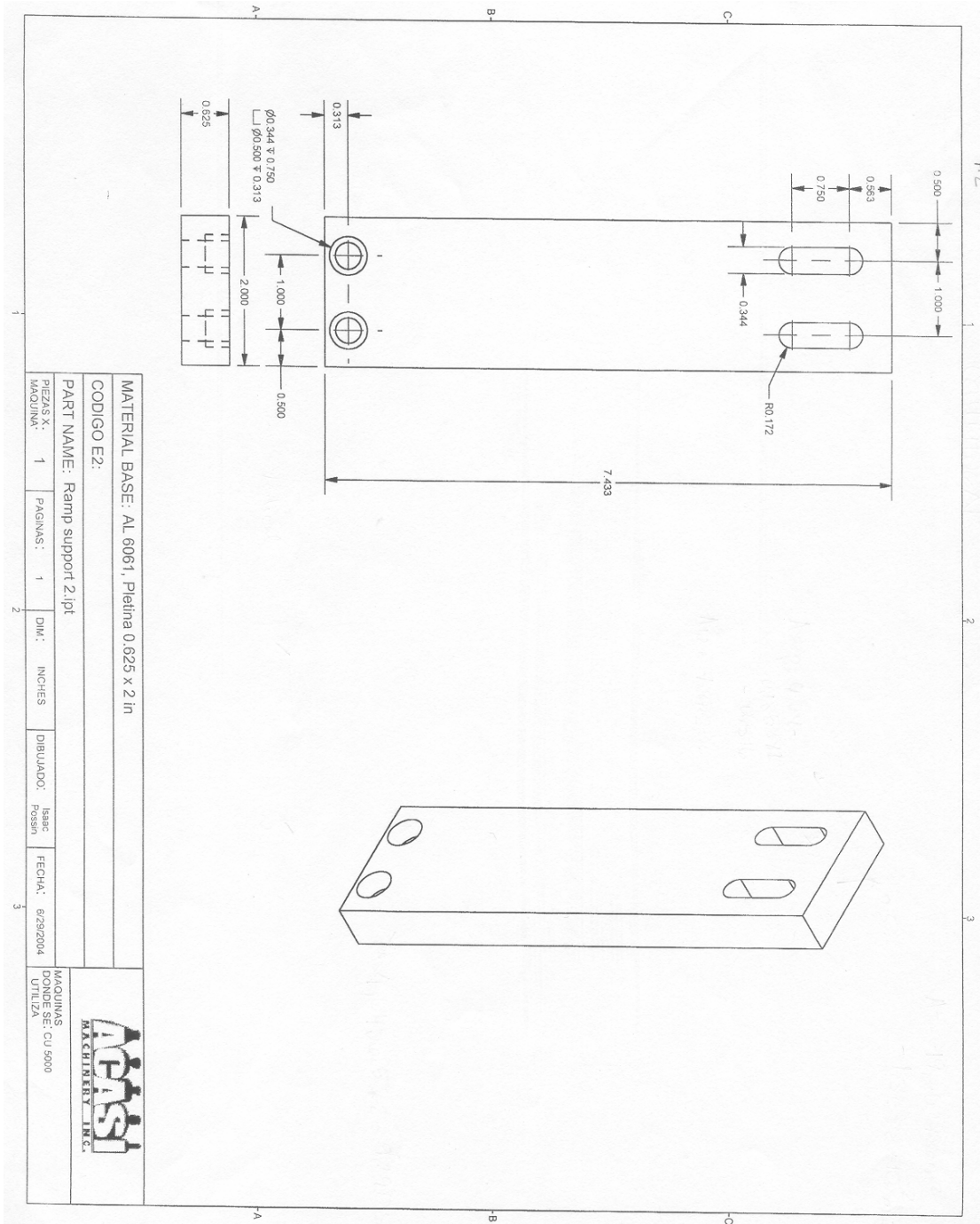
www.acrilum.com.(18/10/2006)
www.apca.com. (26/10/2006)
www.banfoandes.com.ve
www.capel.com (19/09/2006)
www.celca.com.(20/10/2006)
www.contubyco.com. (26/10/2006)
www.ferrum.com. (26/10/2006)
www.gamat.com.(26/10/2006)
www.hidrcapital.com.ve (27/10/2006)
www.indalca.com (26/110/2006)
www.laedc.com.ve (27/10/2006)
www.maploca.com. (26/10/2006)
www.proalvalca.com.(26/10/2006)
www.prometalca.com.(21/10/2006)
www.qualanod.net
www.stainlesstell.com.(26/10/2006)
www.todoacero.com. (26/10/2006)
www.tornilloselcapitan.com(26/10/2006).
www.whitewater.com.(26/10/2006)

APÉNDICE A

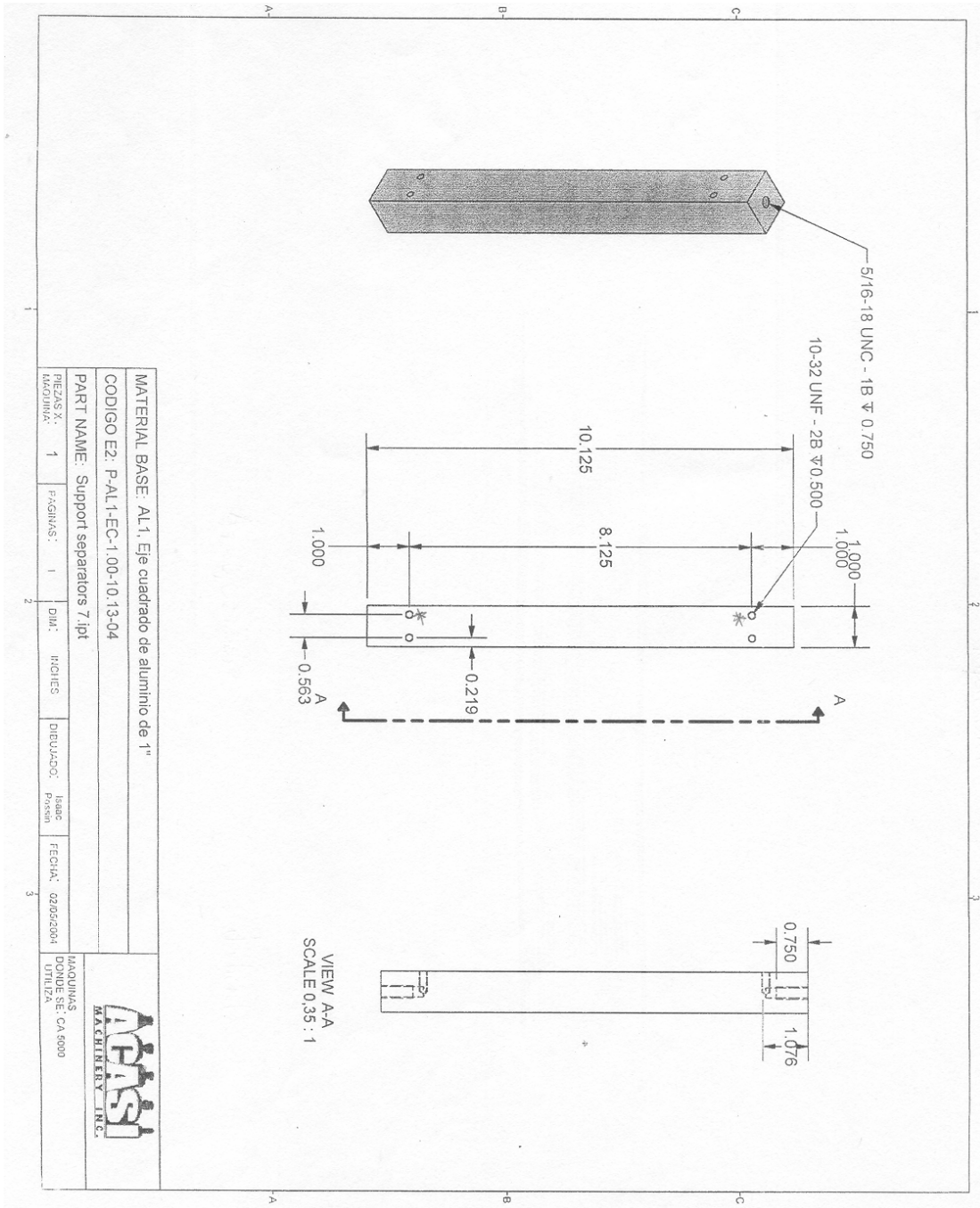
APÉNDICE A.1



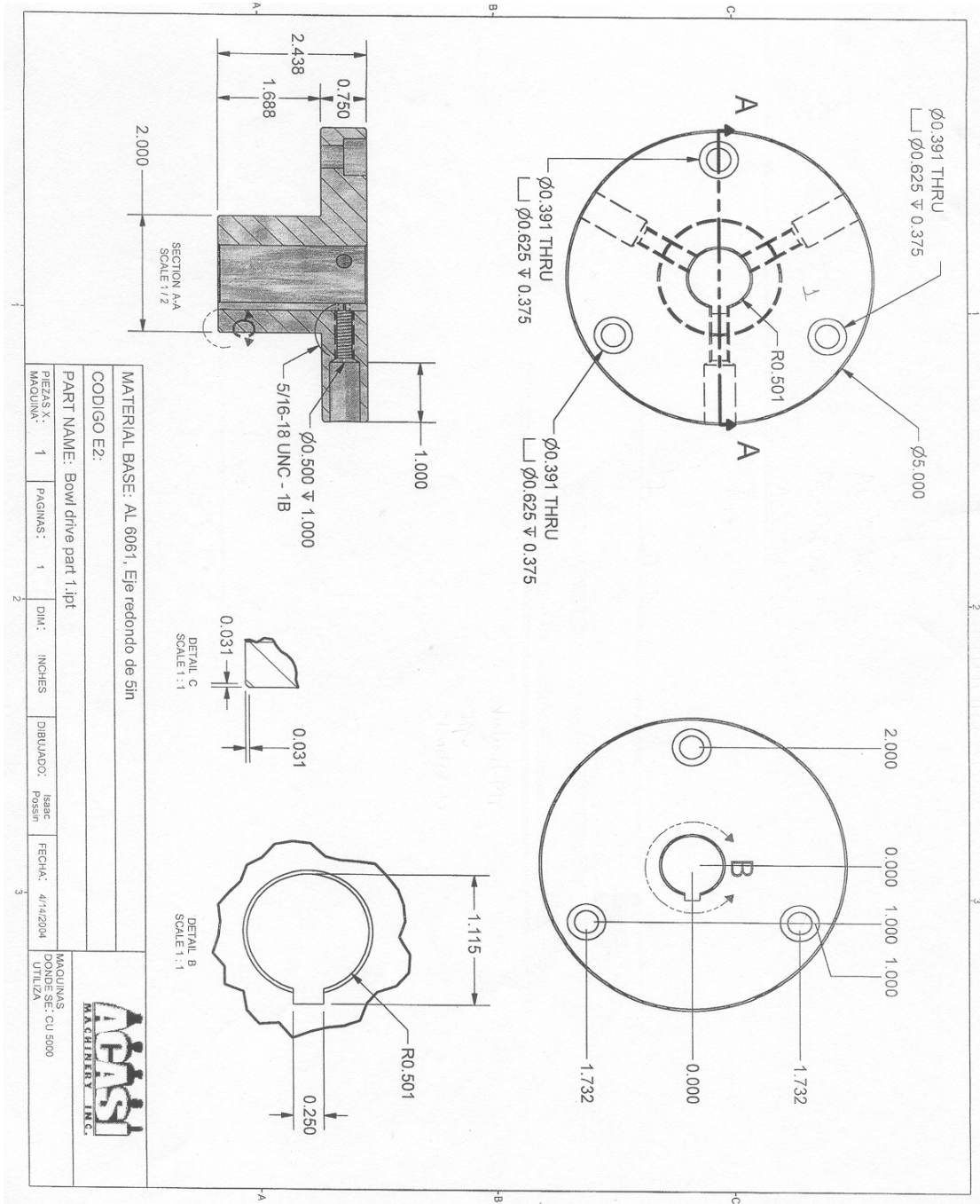
APÉNDICE A.2



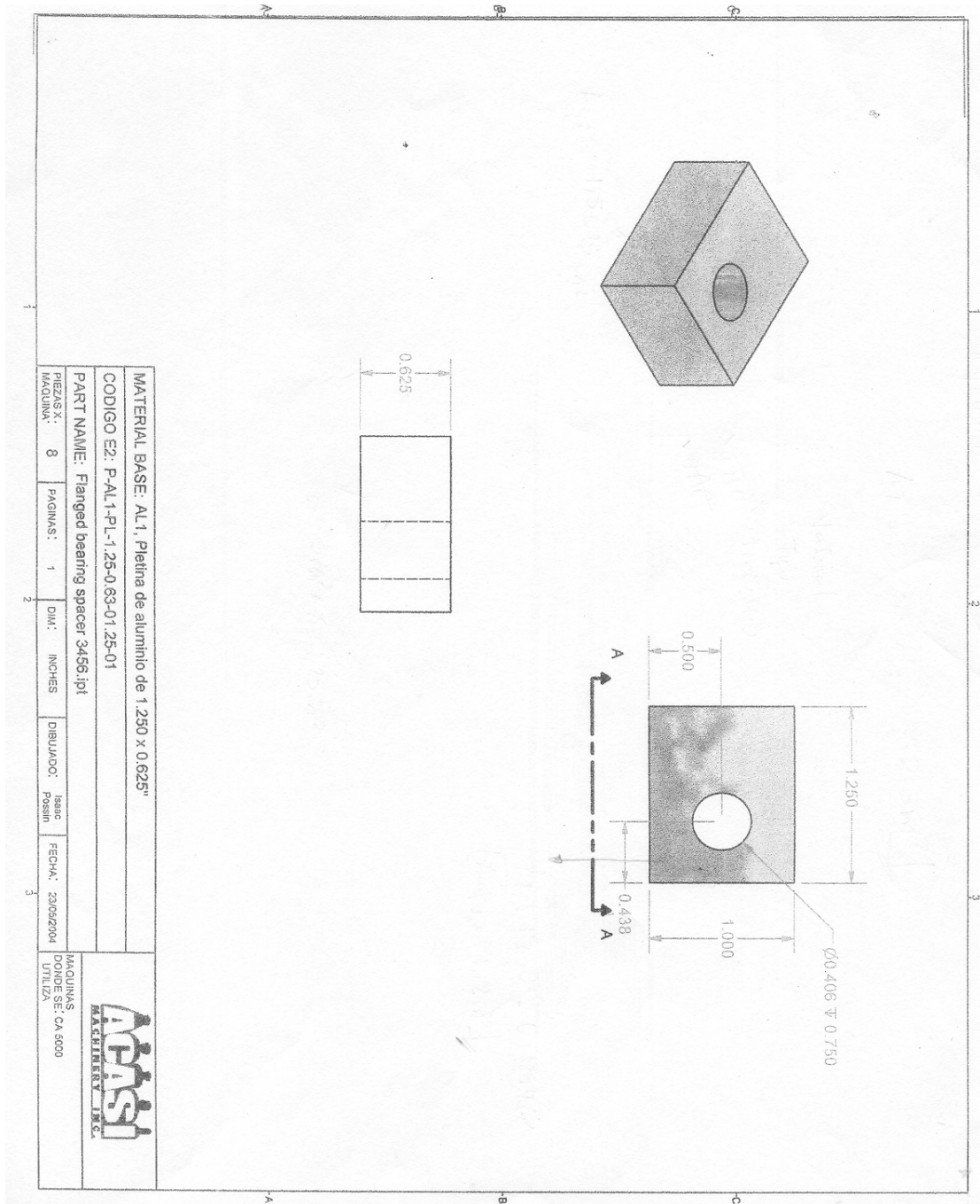
APÉNDICE A.3



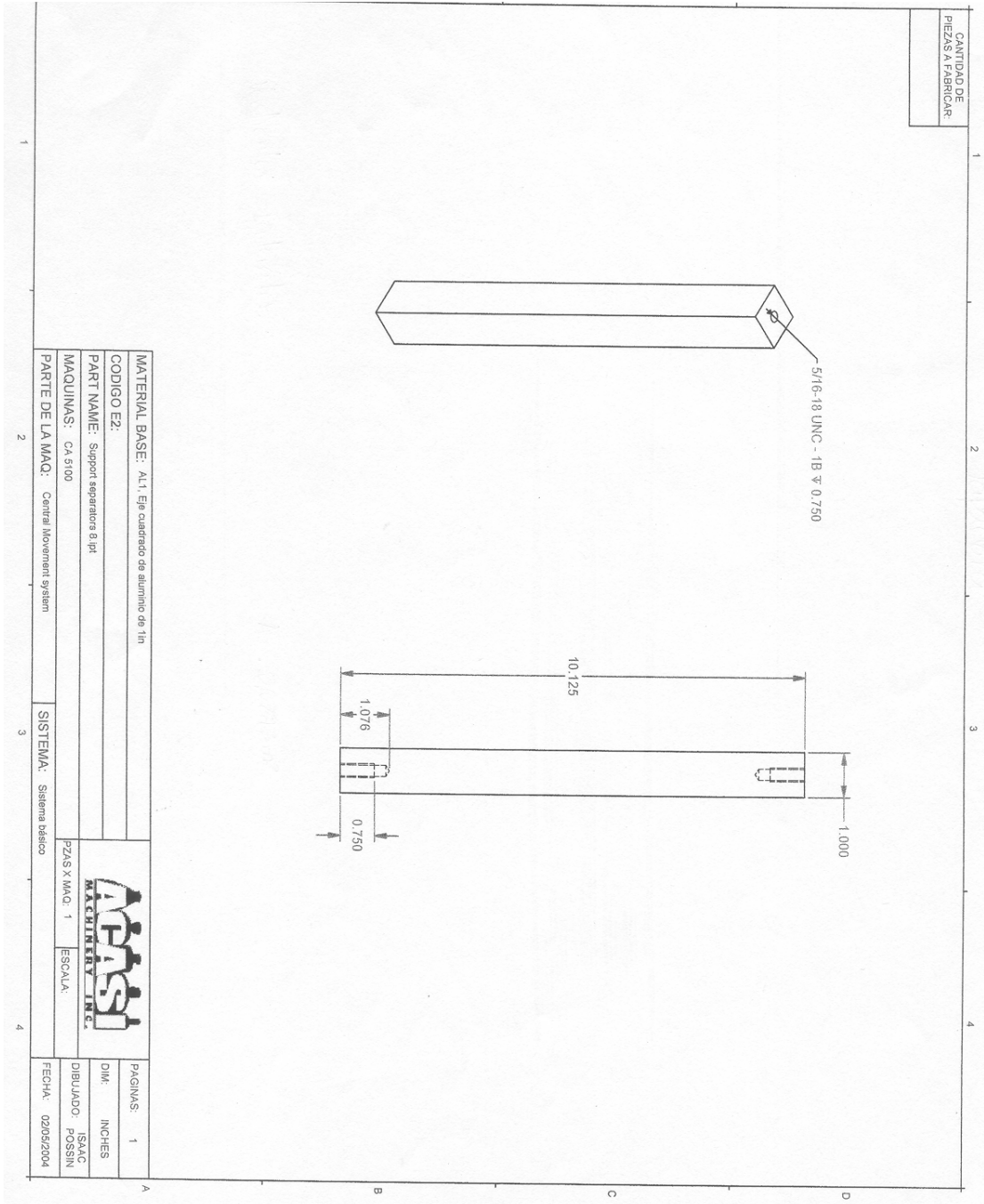
APENDICE A.4



APÈNDICE A.4.1



APÉNDICE A.5

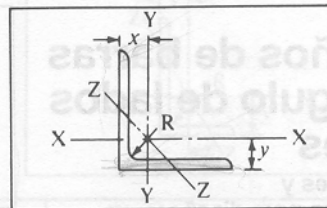


APÉNDICE B

APÉNDICE B.1

Angulos de lados iguales

Dimensiones y propiedades para diseño

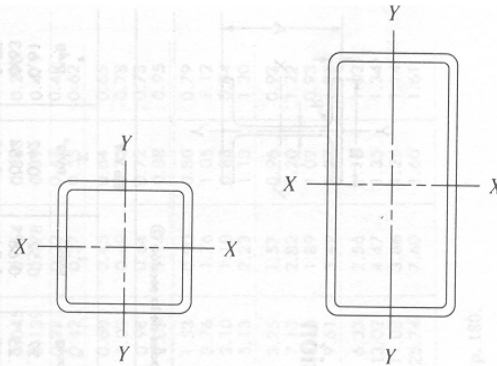


Designación y tamaño nominal	Espesor	Peso por pie	Área	Eje X - X		Eje Y - Y			Radio del chaflán R	Ubicación de la siderúrgica que lo fabrica
				I	Z	r	x o y	r_{min}		
pulg.	pulg.	Lbs.	pulg. ²	pulg. ⁴	pulg. ²	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	
L8x8	1 1/8	56.9	16.7	98.0	17.5	2.42	2.41	1.56	1/2	HF
	1	51.0	15.0	89.0	15.8	2.44	2.37	1.56		
	3/4	45.0	13.2	79.6	14.0	2.45	2.32	1.57		
	5/8	38.9	11.4	69.7	12.2	2.47	2.28	1.58		
	1/2	32.7	9.61	59.4	10.3	2.49	2.23	1.58		
L6x6	1	37.4	11.0	35.5	8.57	1.80	1.86	1.17	1/2	CFG
	3/4	33.1	9.73	31.9	7.63	1.81	1.82	1.17		
	5/8	28.7	8.44	28.2	6.66	1.83	1.78	1.17		
	3/8	24.2	7.11	24.2	5.66	1.84	1.73	1.18		
	1/2	19.6	5.75	19.9	4.61	1.86	1.68	1.18		
L5x5	3/8	27.2	7.98	17.8	5.17	1.49	1.57	.973	1/2	C
	1/2	23.6	6.94	15.7	4.53	1.51	1.52	.975		
	3/8	16.2	4.75	11.3	3.16	1.54	1.43	.983		CF
	1/4	12.3	3.61	8.74	2.42	1.56	1.39	.990		
	3/16	10.3	3.03	7.42	2.04	1.57	1.37	.994		
L4x4	3/8	18.5	5.44	7.67	2.81	1.19	1.27	.778	1/2	CF
	1/2	15.7	4.61	6.66	2.40	1.20	1.23	.779		
	3/8	12.8	3.75	5.56	1.97	1.22	1.18	.782		
	1/4	9.8	2.86	4.36	1.52	1.23	1.14	.788		
	3/16	8.2	2.40	3.71	1.29	1.24	1.12	.791		
L3 1/2 x 3 1/2	3/8	8.5	2.48	2.87	1.15	1.07	1.01	.687	1/2	CF
	1/4	7.2	2.09	2.45	.976	1.08	.990	.690		
	3/16	5.8	1.69	2.01	.794	1.09	.968	.694		
L3x3	1/2	9.4	2.75	2.22	1.07	.898	.932	.584	1/4	F
	3/8	7.2	2.11	1.76	.833	.913	.888	.587		
	1/4	6.1	1.78	1.51	.707	.922	.865	.589		
	3/16	4.9	1.44	1.24	.577	.930	.842	.592		

Fuente: *Structural Steel Shapes* (Pittsburgh, Pa.: U.S. Steel Corporation, 1982).

APÉNDICE B.2

APÉNDICE 18 PROPIEDADES DE TUBERIA ESTRUCTURAL, CUADRADA Y RECTANGULAR



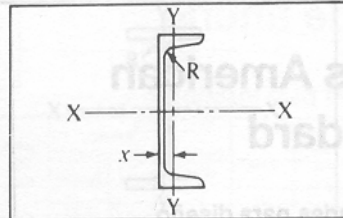
Tamaño	Area (pulg ²)	Peso por pie (lb)	Eje X-X			Eje Y-Y		
			I (pulg ⁴)	Z (pulg ³)	r (pulg)	I (pulg ⁴)	Z (pulg ³)	r (pulg)
8 × 8 × 1/2	14.4	48.9	131	32.9	3.03	131	32.9	3.03
8 × 8 × 1/4	7.59	25.8	75.1	18.8	3.15	75.1	18.8	3.15
8 × 4 × 1/2	10.4	35.2	75.1	18.8	2.69	24.6	12.3	1.54
8 × 4 × 1/4	5.59	19.0	45.1	11.3	2.84	15.3	7.63	1.65
8 × 2 × 1/4	4.59	15.6	30.1	7.52	2.56	3.08	3.08	0.819
6 × 6 × 1/2	10.4	35.2	50.5	16.8	2.21	50.5	16.8	2.21
6 × 6 × 1/4	5.59	19.0	30.3	10.1	2.33	30.3	10.1	2.33
6 × 4 × 1/4	4.59	15.6	22.1	7.36	2.19	11.7	5.87	1.60
6 × 2 × 1/4	3.59	12.2	13.8	4.60	1.96	2.31	2.31	0.802
4 × 4 × 1/2	6.36	21.6	12.3	6.13	1.39	12.3	6.13	1.39
4 × 4 × 1/4	3.59	12.2	8.22	4.11	1.51	8.22	4.11	1.51
4 × 2 × 1/4	2.59	8.81	4.69	2.35	1.35	1.54	1.54	0.770
3 × 3 × 1/4	2.59	8.81	3.16	2.10	1.10	3.16	2.10	1.10
3 × 2 × 1/4	2.09	7.11	2.21	1.47	1.03	1.15	1.15	0.742
2 × 2 × 1/4	1.59	5.41	0.766	0.766	0.694	0.766	0.766	0.694

Nota: Los datos se tomaron de distintas fuentes. Los tamaños que se señalan representan una muestra pequeña de los tamaños disponibles.

APÉNDICE B.3

C

Vigas acanaladas American Standard

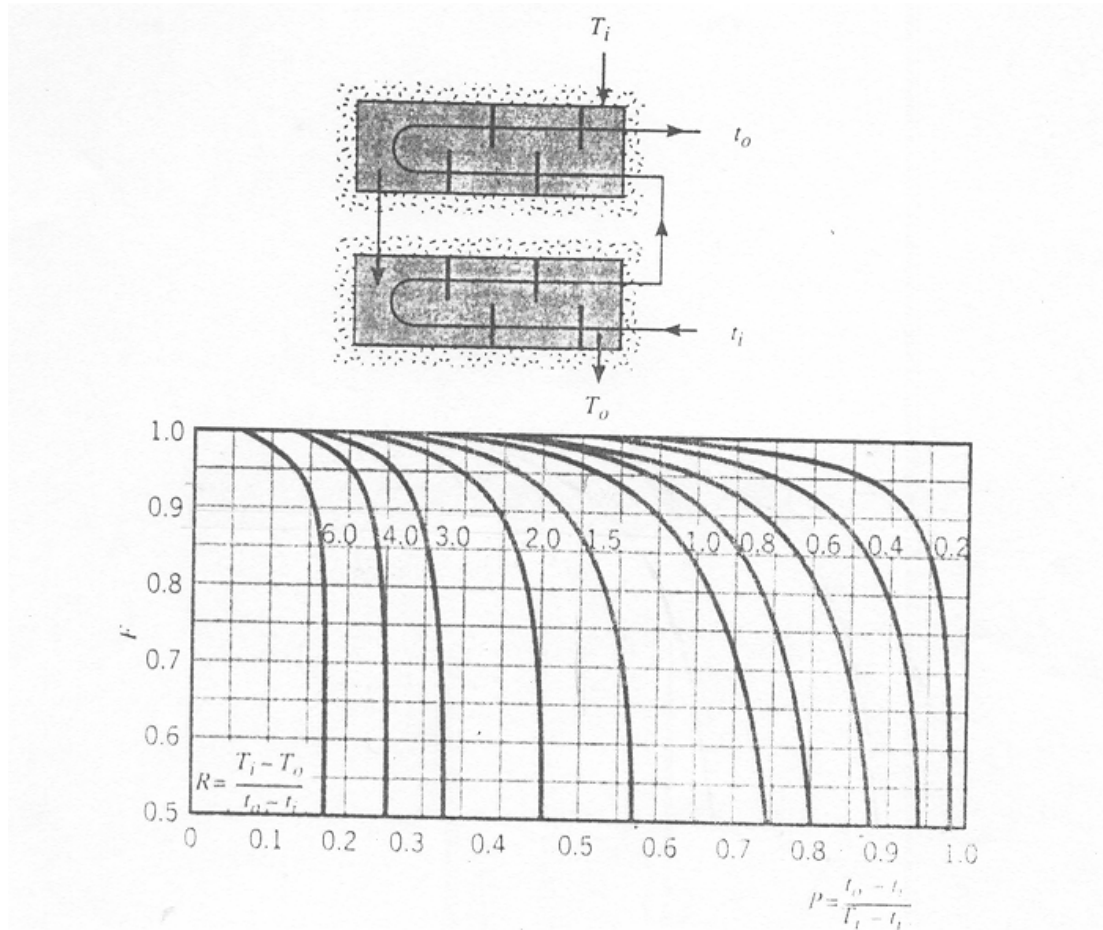


Propiedades para diseño

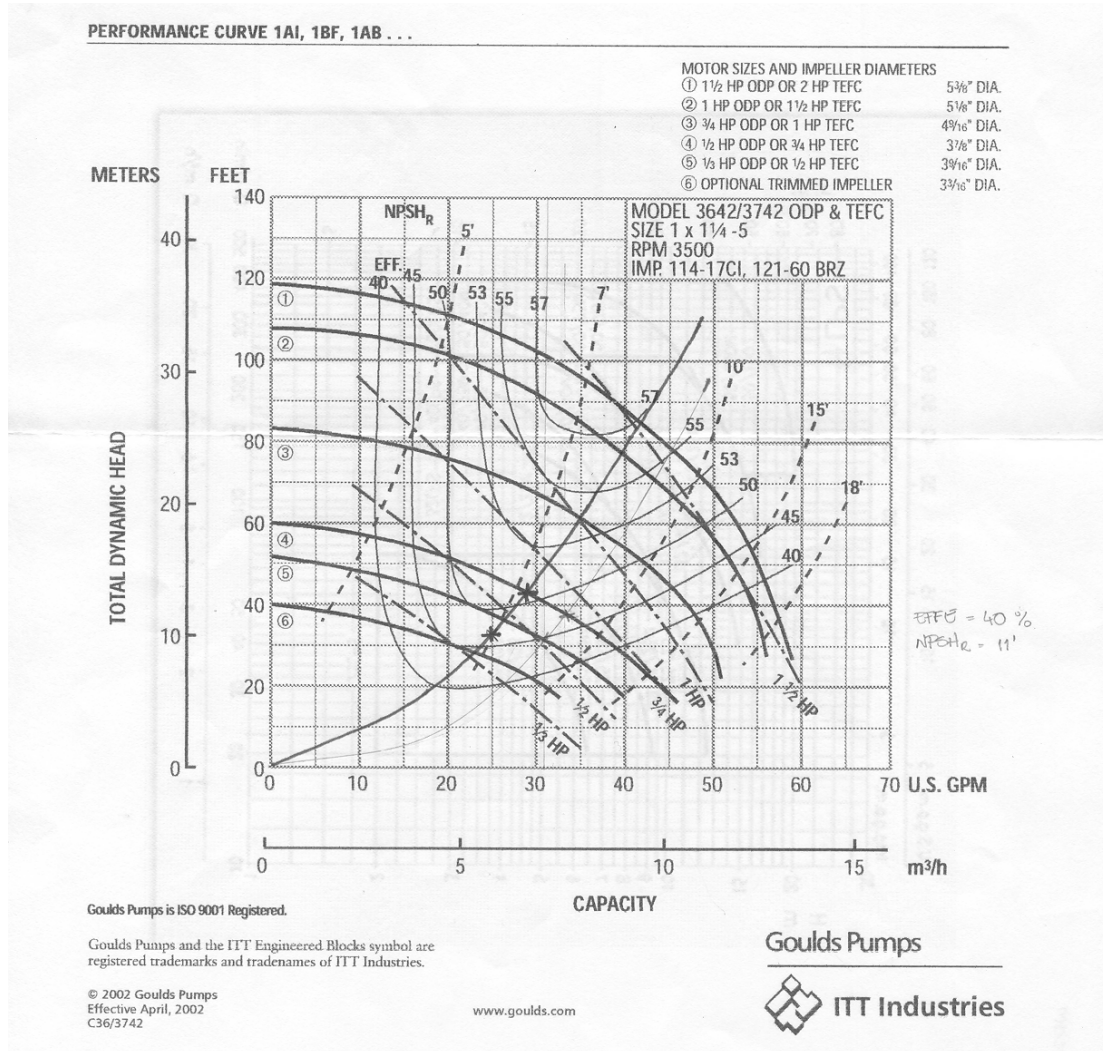
Designación y tamaño nominal	Peso por pie	Área	Profundidad	Ancho del reborde	Espesor prom. del reborde	Espesor del alma	Eje X - X			Eje Y - Y				Ubicación de la siderúrgica que lo fabrica
							<i>I</i>	<i>Z</i>	<i>r</i>	<i>I</i>	<i>Z</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	
pulg.	Lbs.	pulg. ²	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg. ⁴	pulg. ³	pulg.	pulg. ⁴	pulg. ³	pulg.	pulg.	
C15 15 x 3½	50	14.7	15.00	3.716	.650	.716	404	53.8	5.24	11.0	3.78	.867	.798	HFG
	40	11.8	15.00	3.520	.650	.520	349	46.5	5.44	9.23	3.37	.886	.777	
	33.9	9.96	15.00	3.400	.650	.400	315	42.0	5.62	8.13	3.11	.904	.787	
C12 12 x 3	30	8.82	12.00	3.170	.501	.510	162	27.0	4.29	5.14	2.06	.763	.674	HFG
	25	7.35	12.00	3.047	.501	.387	144	24.1	4.43	4.47	1.88	.780	.674	
	20.7	6.09	12.00	2.942	.501	.282	129	21.5	4.61	3.88	1.73	.799	.698	
C10 10 x 2½	30	8.82	10.00	3.033	.436	.673	103	20.7	3.42	3.94	1.65	.669	.649	CFG
	25	7.35	10.00	2.886	.436	.526	91.2	18.2	3.52	3.36	1.48	.676	.617	
	20	5.88	10.00	2.739	.436	.379	78.9	15.8	3.66	2.81	1.32	.692	.606	
	15.3	4.49	10.00	2.600	.436	.240	67.4	13.5	3.87	2.28	1.16	.713	.634	
C9 9 x 2½	15	4.41	9.00	2.485	.413	.285	51.0	11.3	3.40	1.93	1.01	.661	.586	CFG
	13.4	3.94	9.00	2.433	.413	.233	47.9	10.6	3.48	1.76	.962	.669	.601	
C8 8 x 2½	18.75	5.51	8.00	2.527	.390	.487	44.0	11.0	2.82	1.98	1.01	.599	.565	CFG
	13.75	4.04	8.00	2.343	.390	.303	36.1	9.03	2.99	1.53	.854	.615	.553	
	11.5	3.38	8.00	2.260	.390	.220	32.6	8.14	3.11	1.32	.781	.625	.571	
C7 7 x 2½	12.25	3.60	7.00	2.194	.366	.314	24.2	6.93	2.60	1.17	.703	.571	.525	CFG
	9.8	2.87	7.00	2.090	.366	.210	21.3	6.08	2.72	.968	.625	.581	.540	
C6 6 x 2	13	3.83	6.00	2.157	.343	.437	17.4	5.80	2.13	1.05	.642	.525	.514	CFG
	10.5	3.09	6.00	2.034	.343	.314	15.2	5.06	2.22	.866	.564	.529	.499	
	8.2	2.40	6.00	1.920	.343	.200	13.1	4.38	2.34	.693	.492	.537	.511	
C5 5 x 1½	9	2.64	5.00	1.885	.320	.325	8.90	3.56	1.83	.632	.450	.489	.478	CF
	6.7	1.97	5.00	1.750	.320	.190	7.49	3.00	1.95	.479	.378	.493	.484	

Fuente: *Structural Steel Shapes* (Pittsburgh, Pa.: U.S. Steel Corporation, 1982).

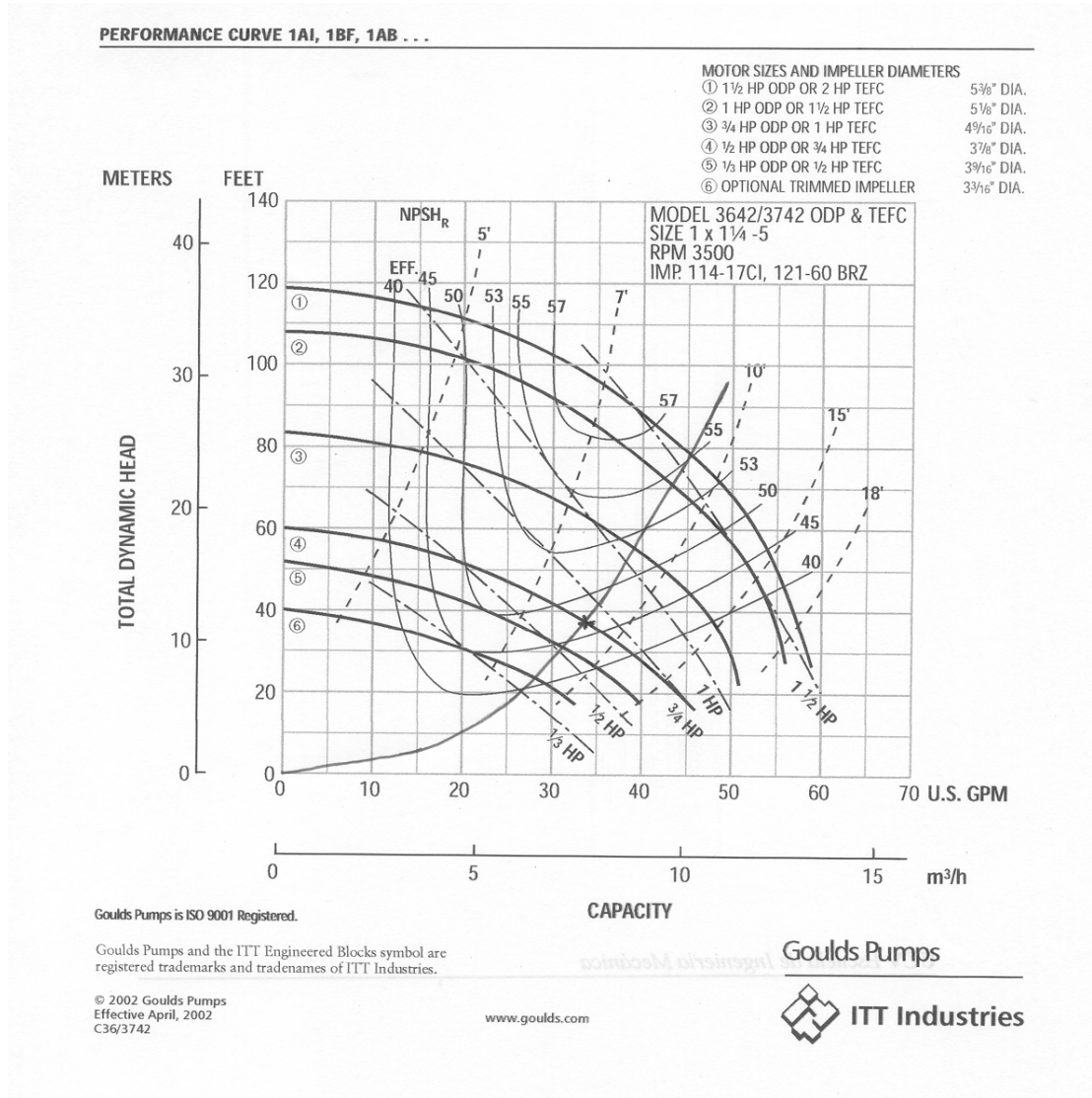
APÉNDICE B.4



APÉNDICE B.5

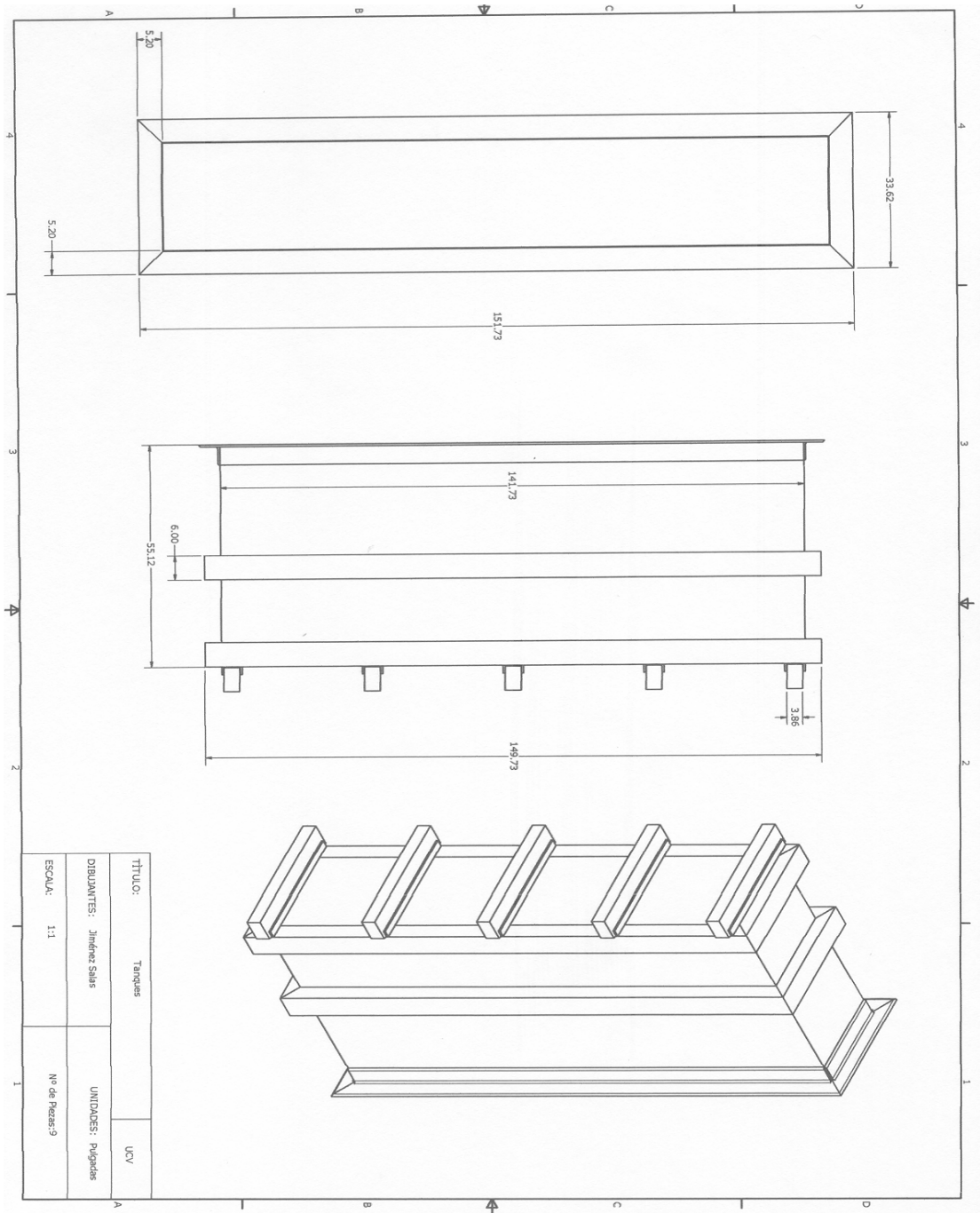


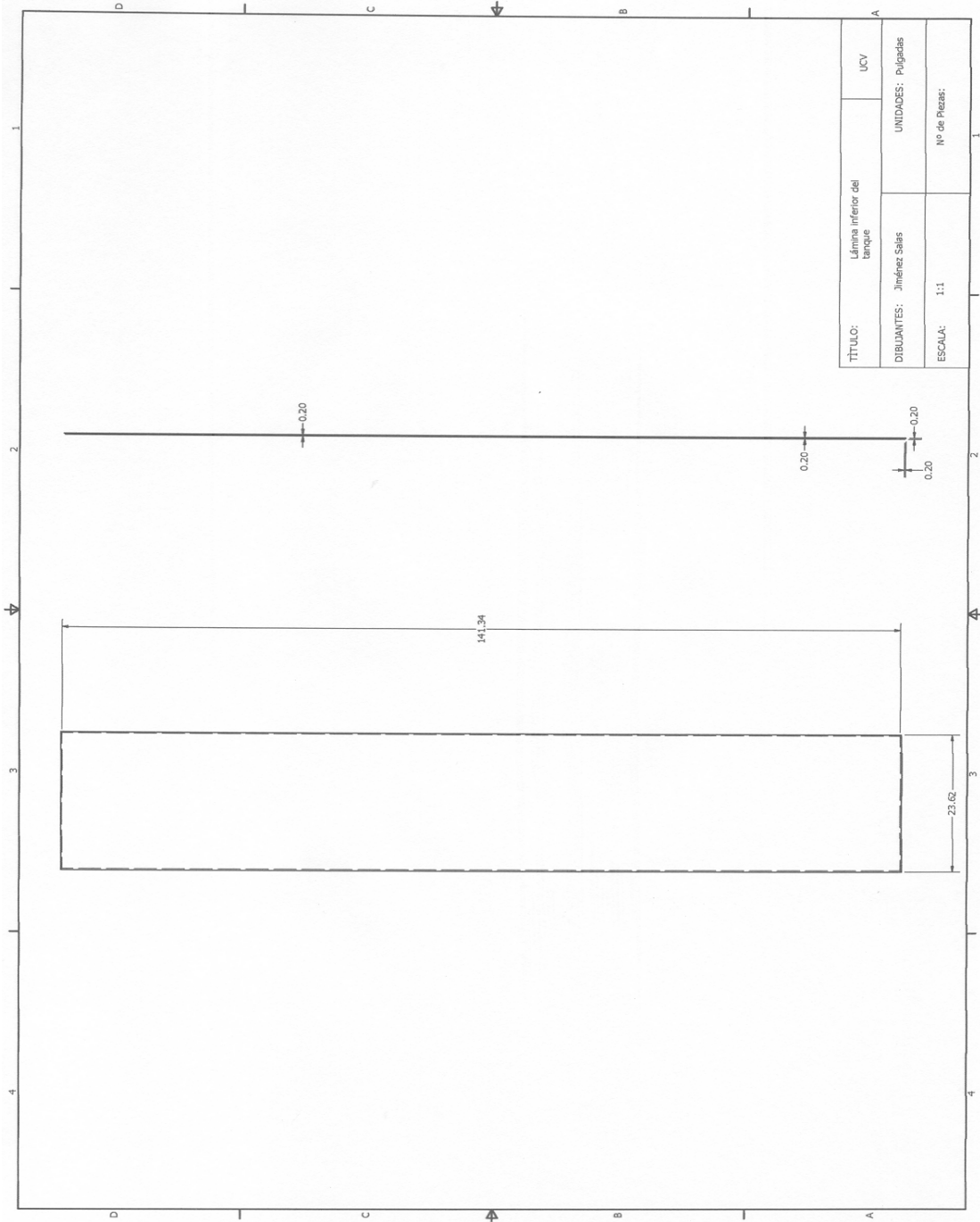
APÉNDICE B.6

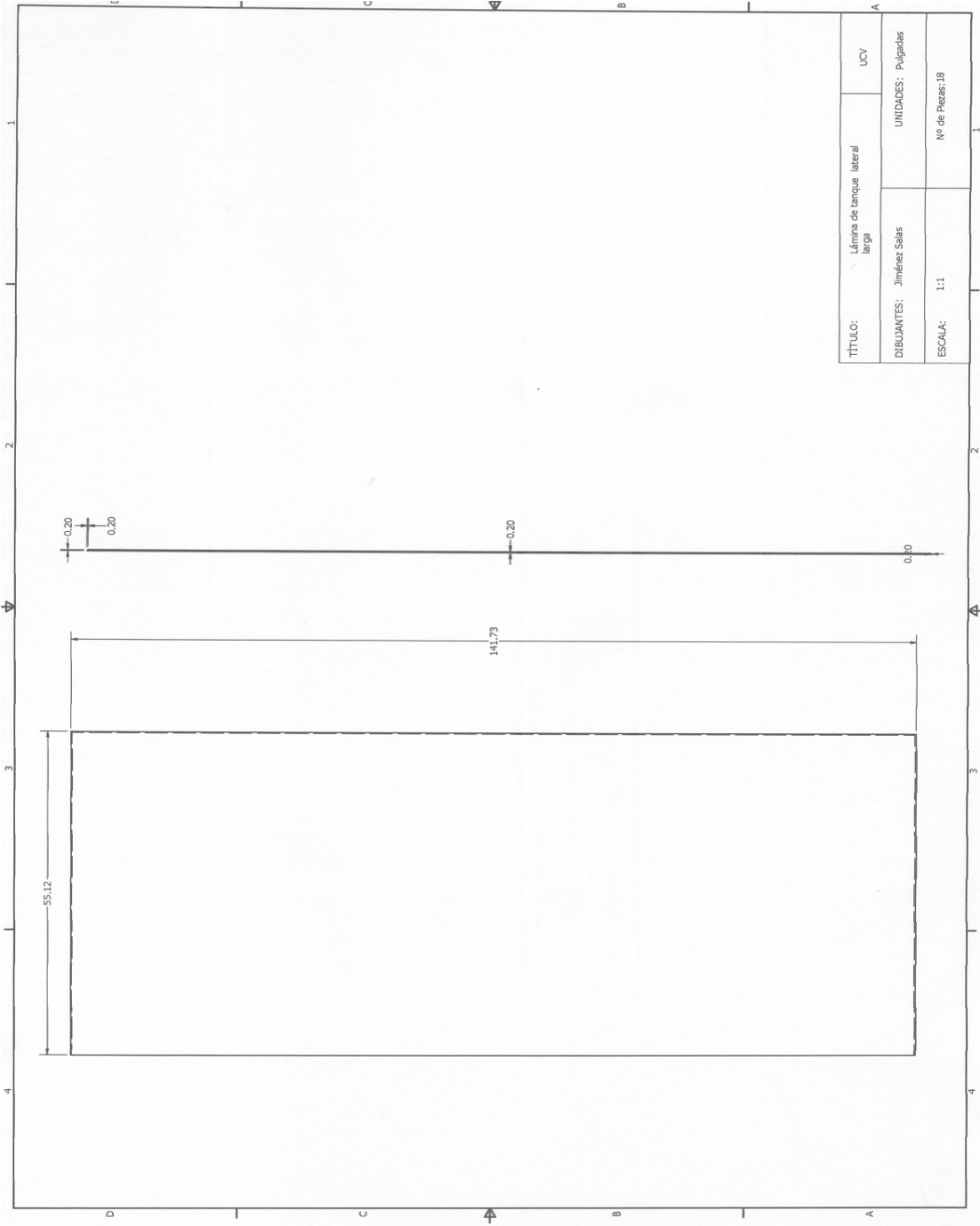


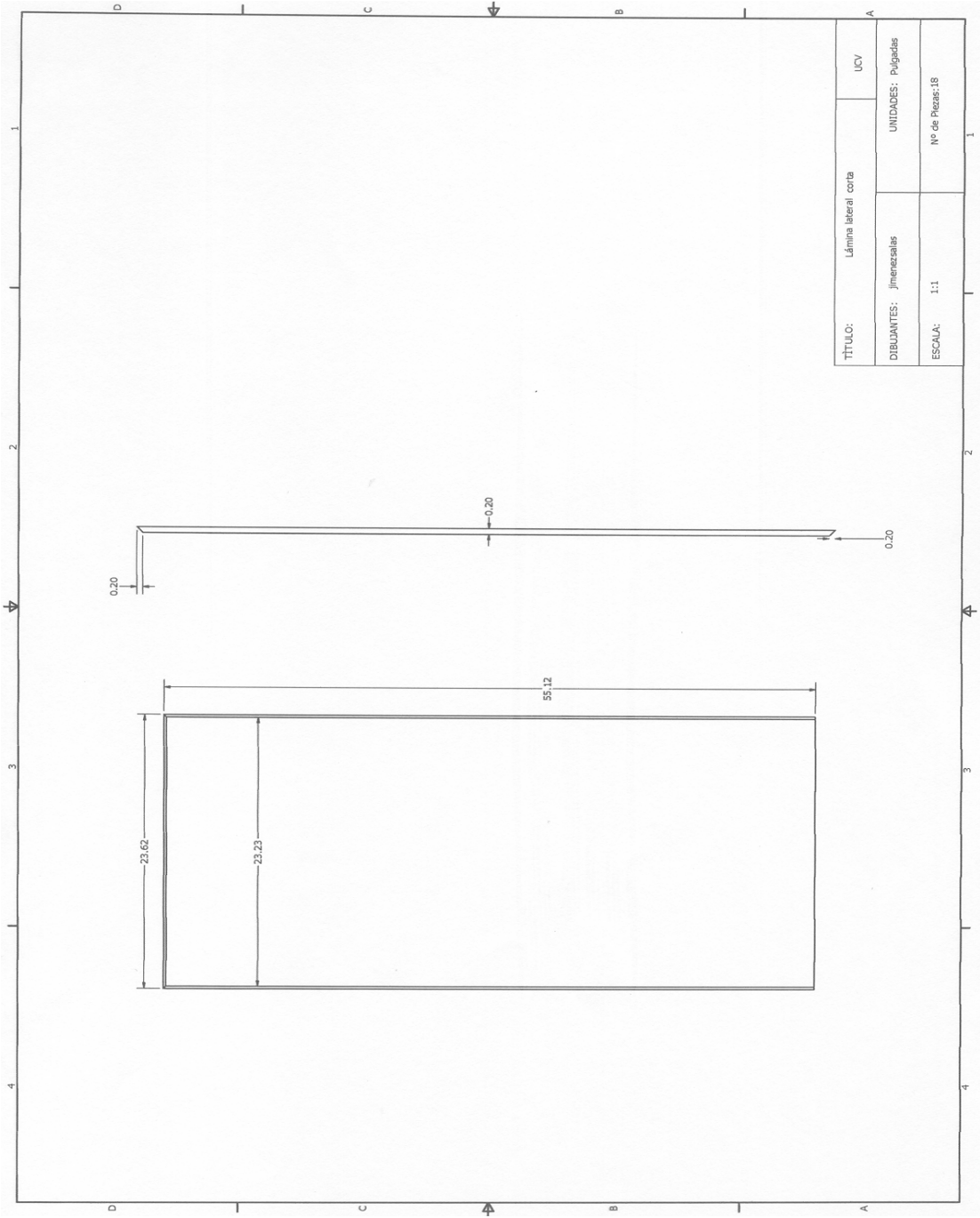
APÉNDICE C

APÉNDICE C.1
Planos de los Tanques y sus partes

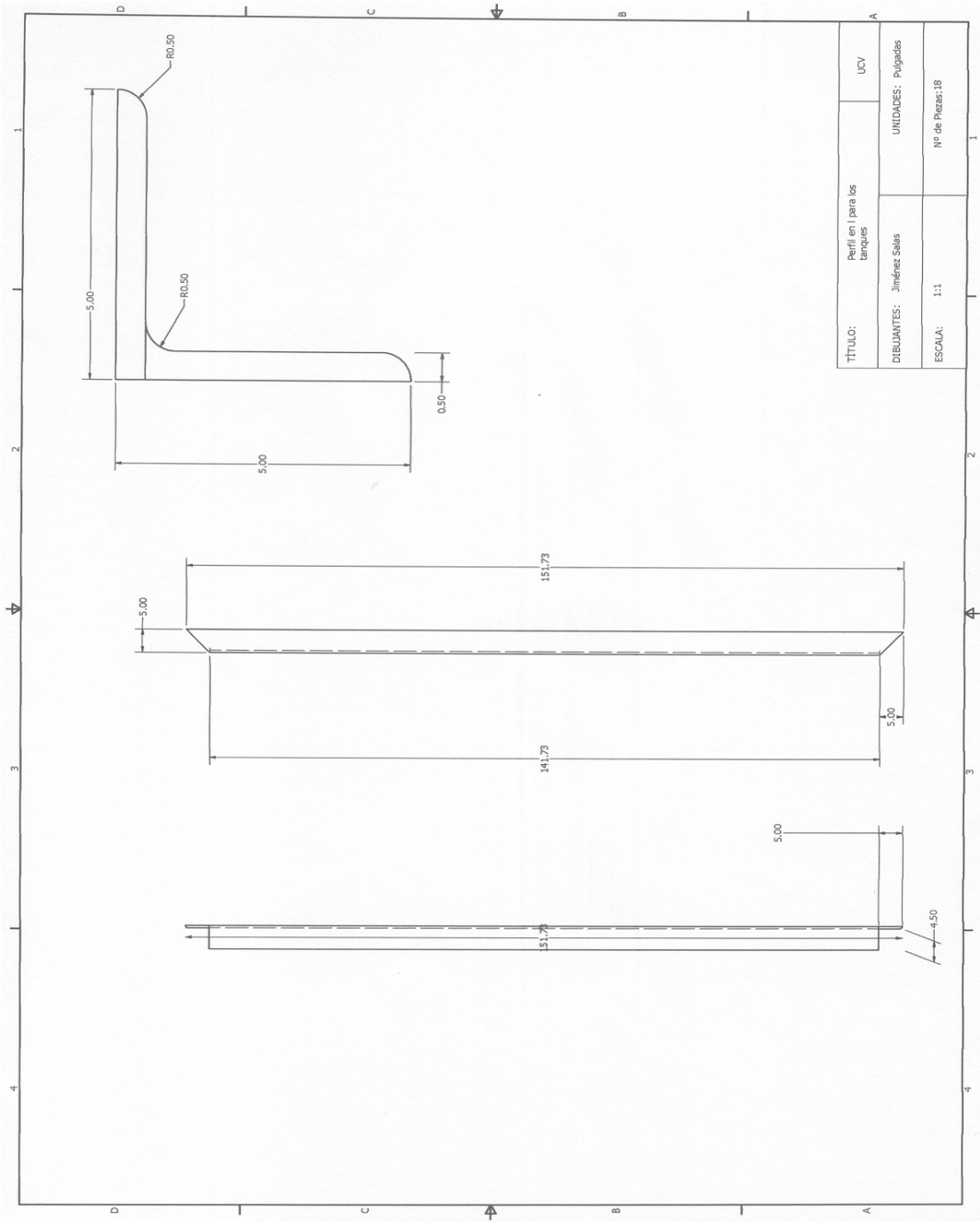




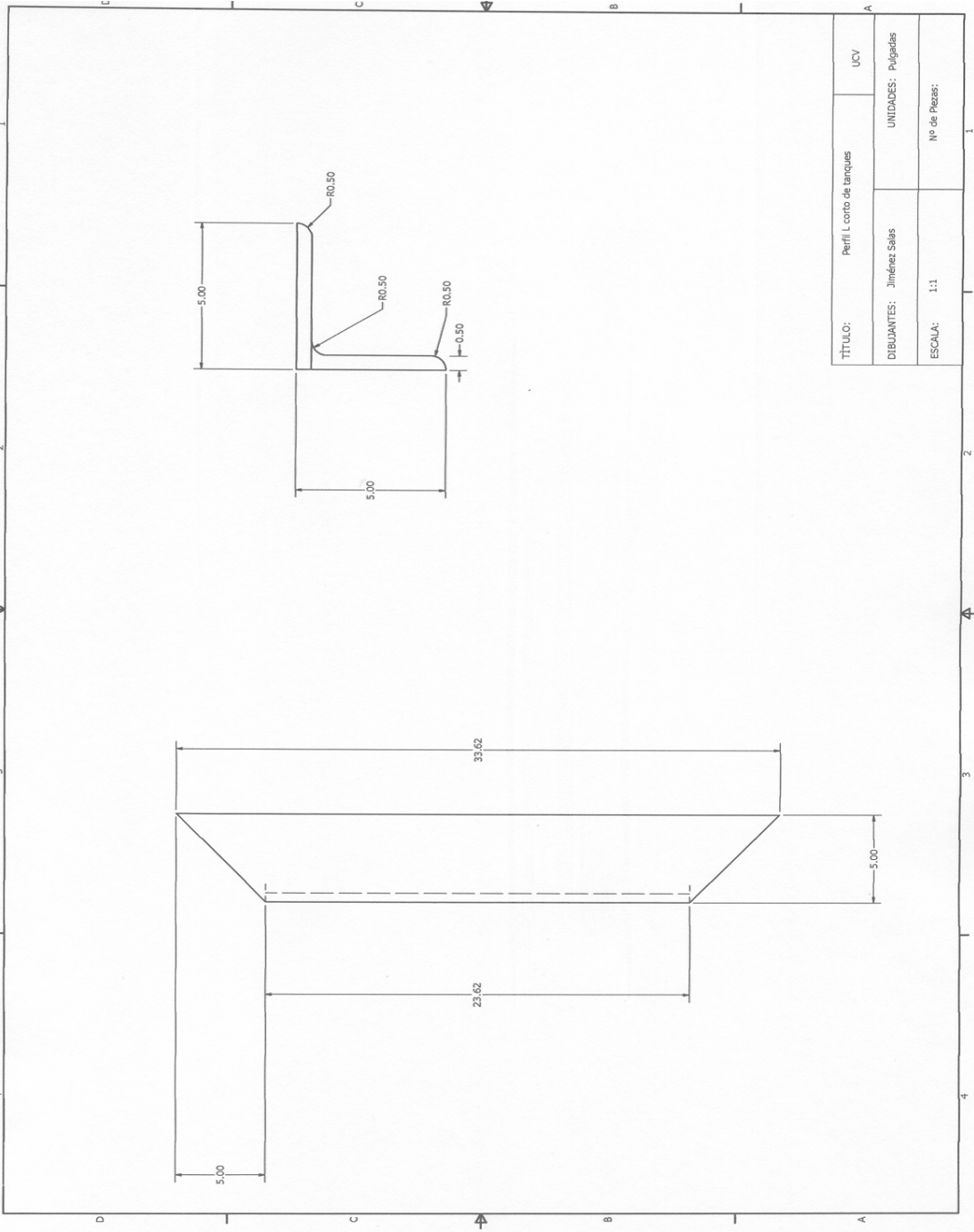


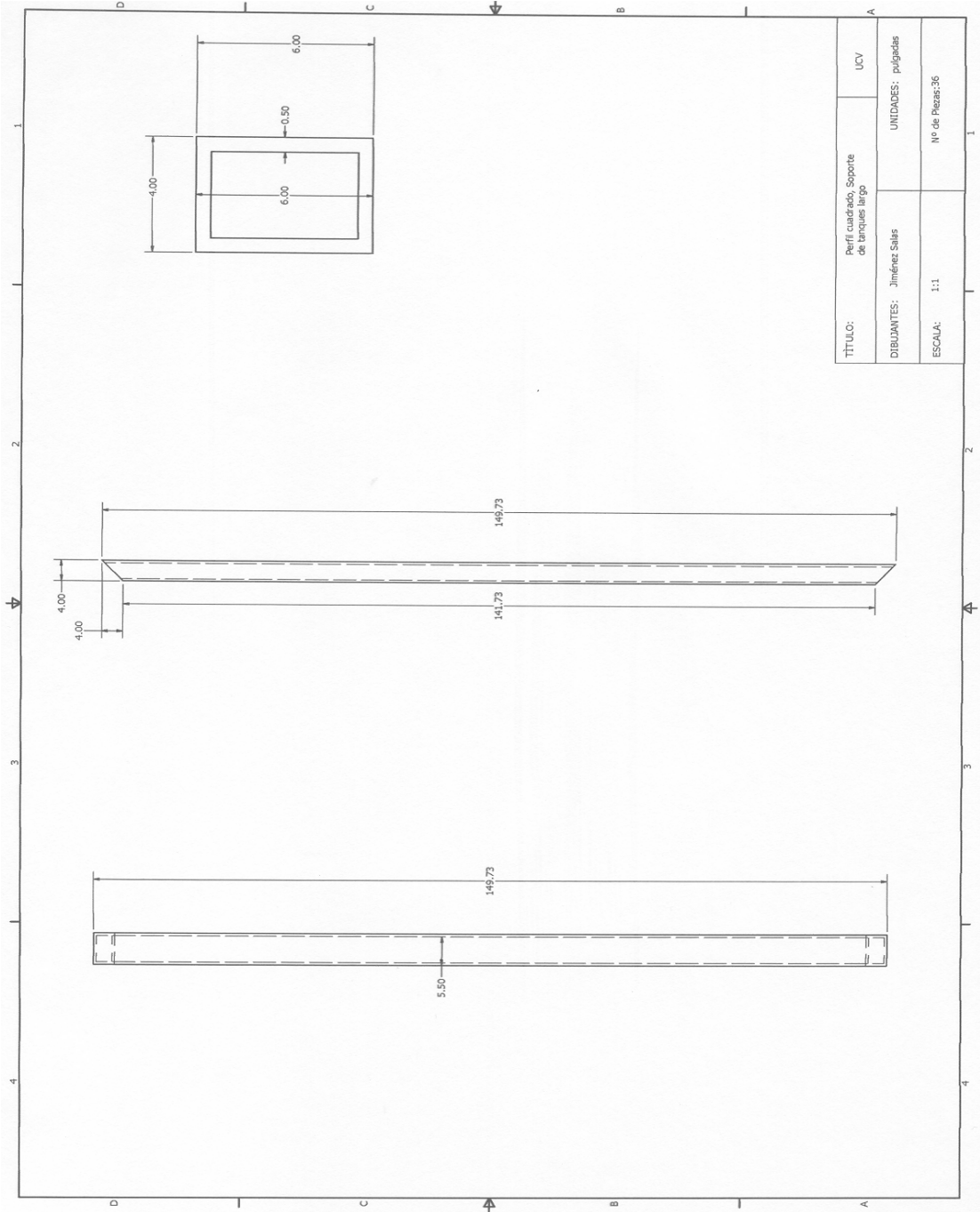


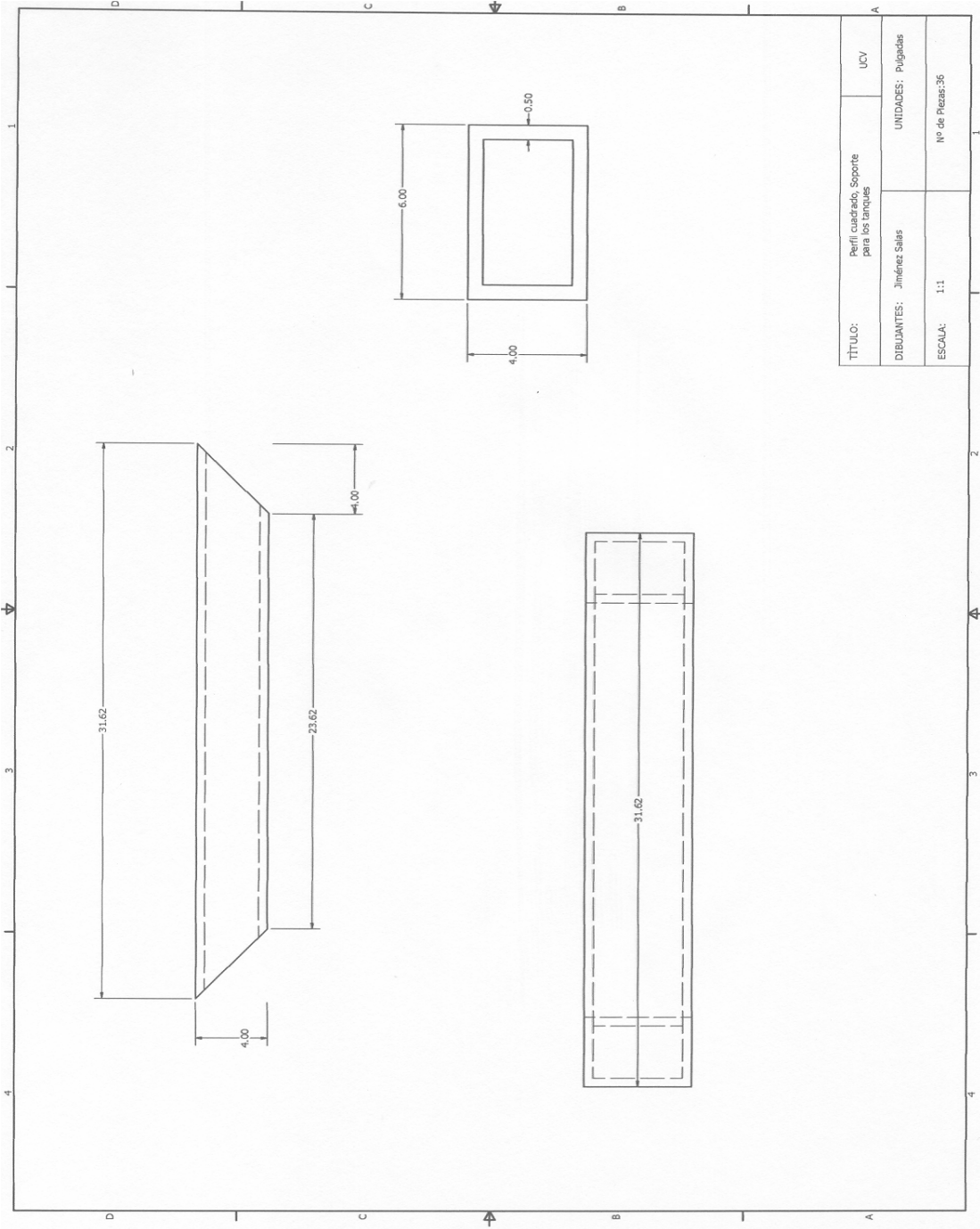
TÍTULO:	Lámina lateral corta	UCV
DIBUJANTES:	Jimenacallas	UNIDADES: Pulgadas
ESCALA:	1:1	Nº de Piezas: 18



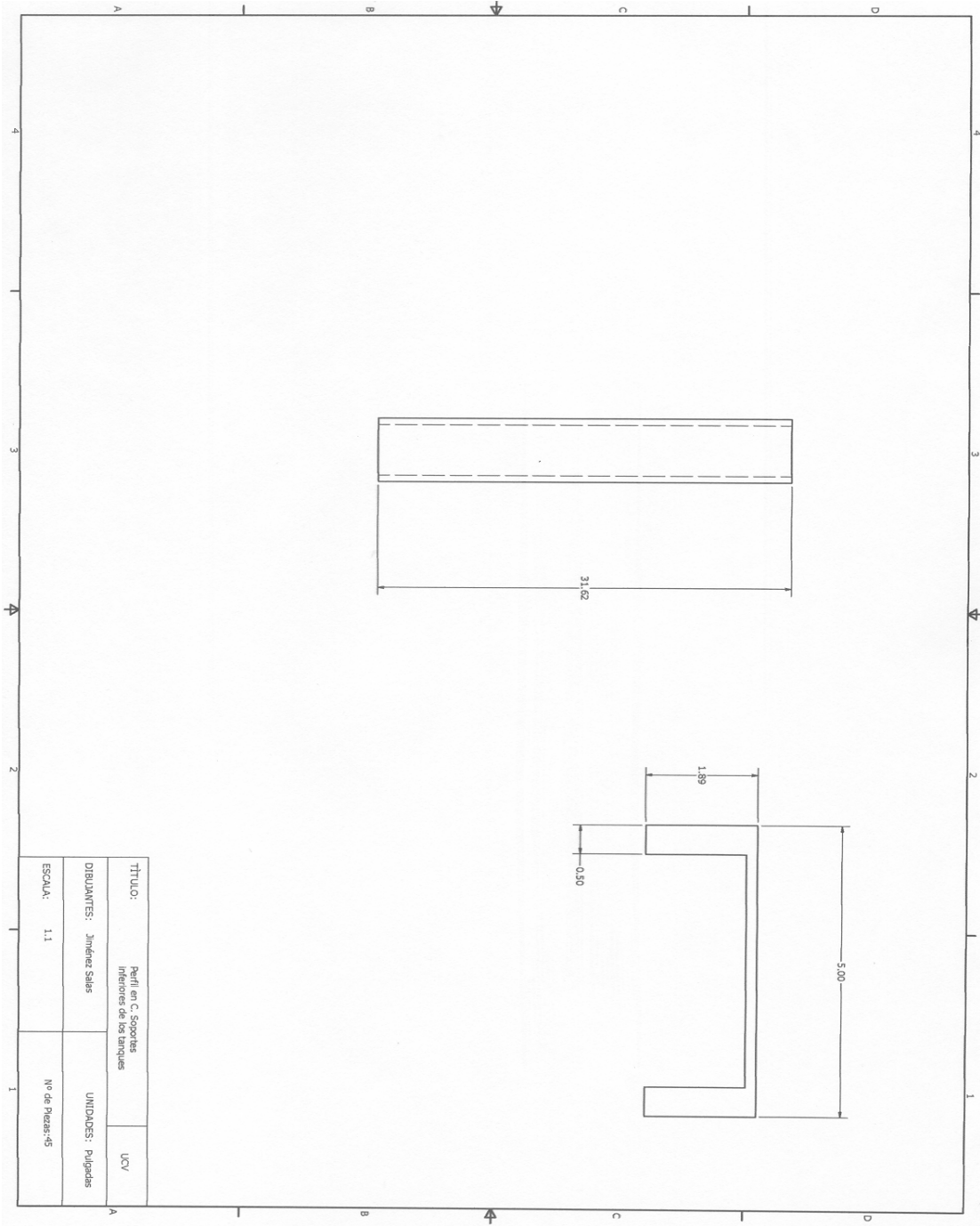
TÍTULO:	Perfil en l para los tanques	UCV
DIBUJANTES:	Jiménez Solís	UNIDADES: Pulgadas
ESCALA:	1:1	Nº de Plazas: 18



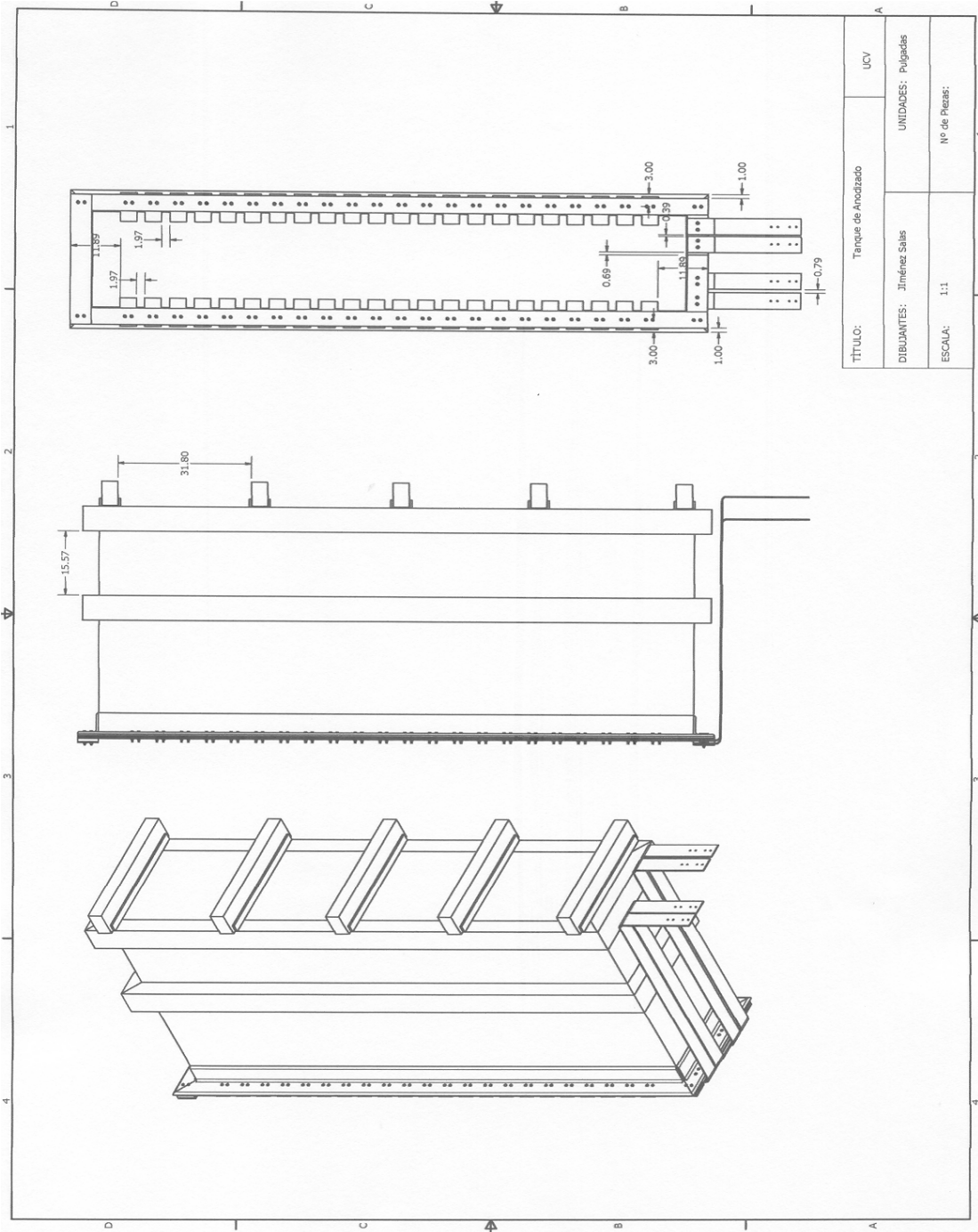


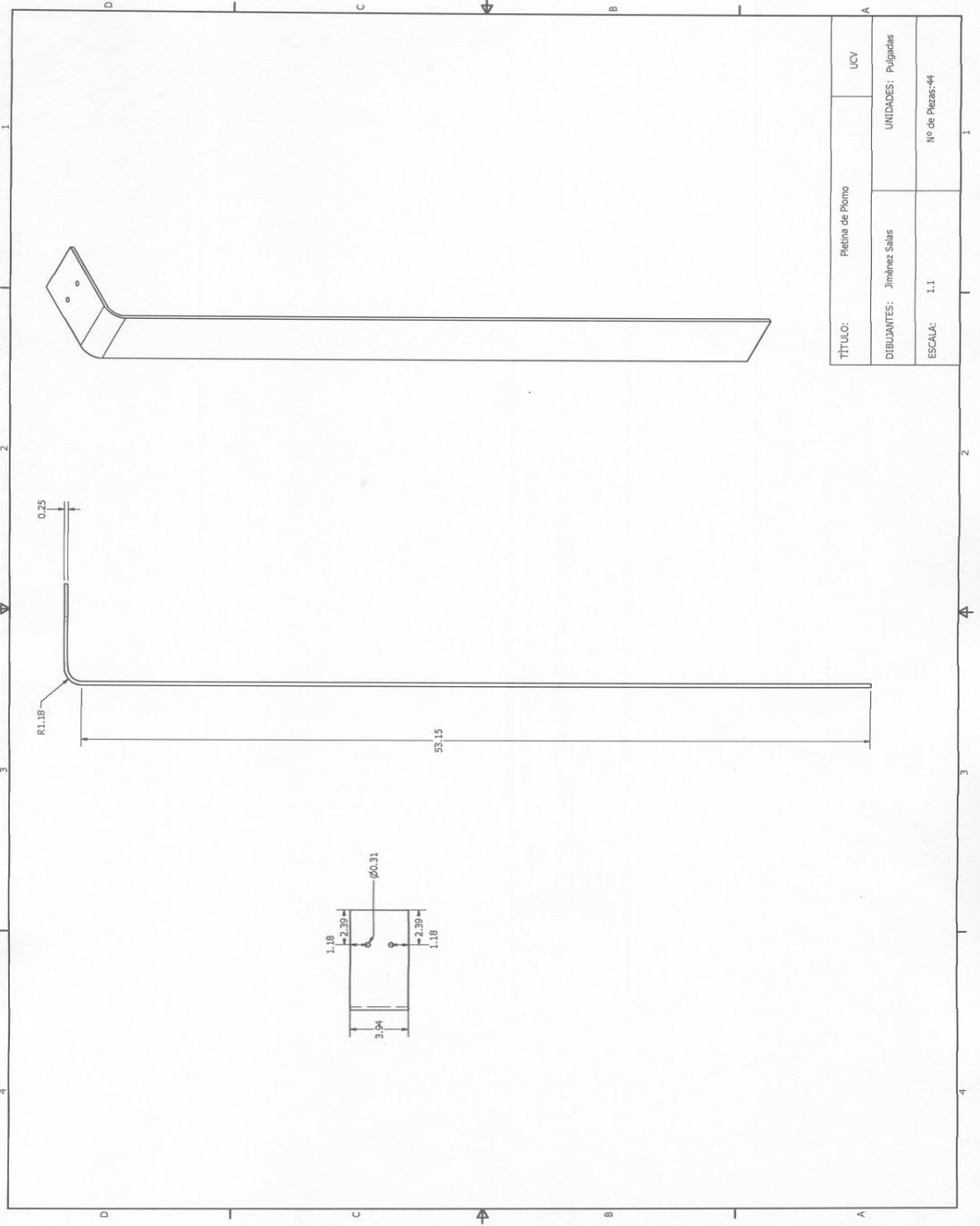


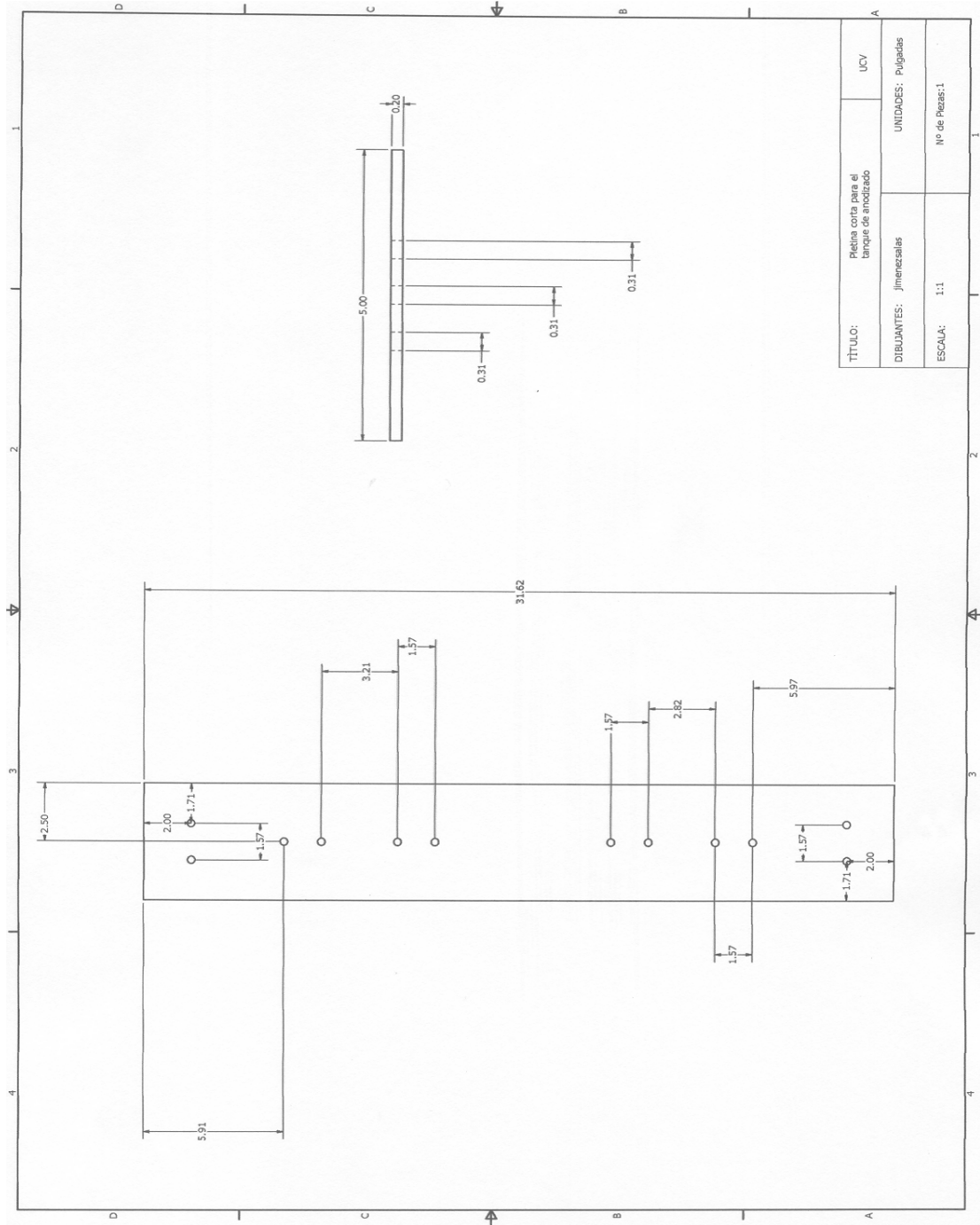
TÍTULO:	Perfil cuadrado, Soporte para los bancos	UCV
DIBUJANTES:	Jiménez Salas	UNIDADES: Pulgadas
ESCALA:	1:1	Nº de Piezas: 36

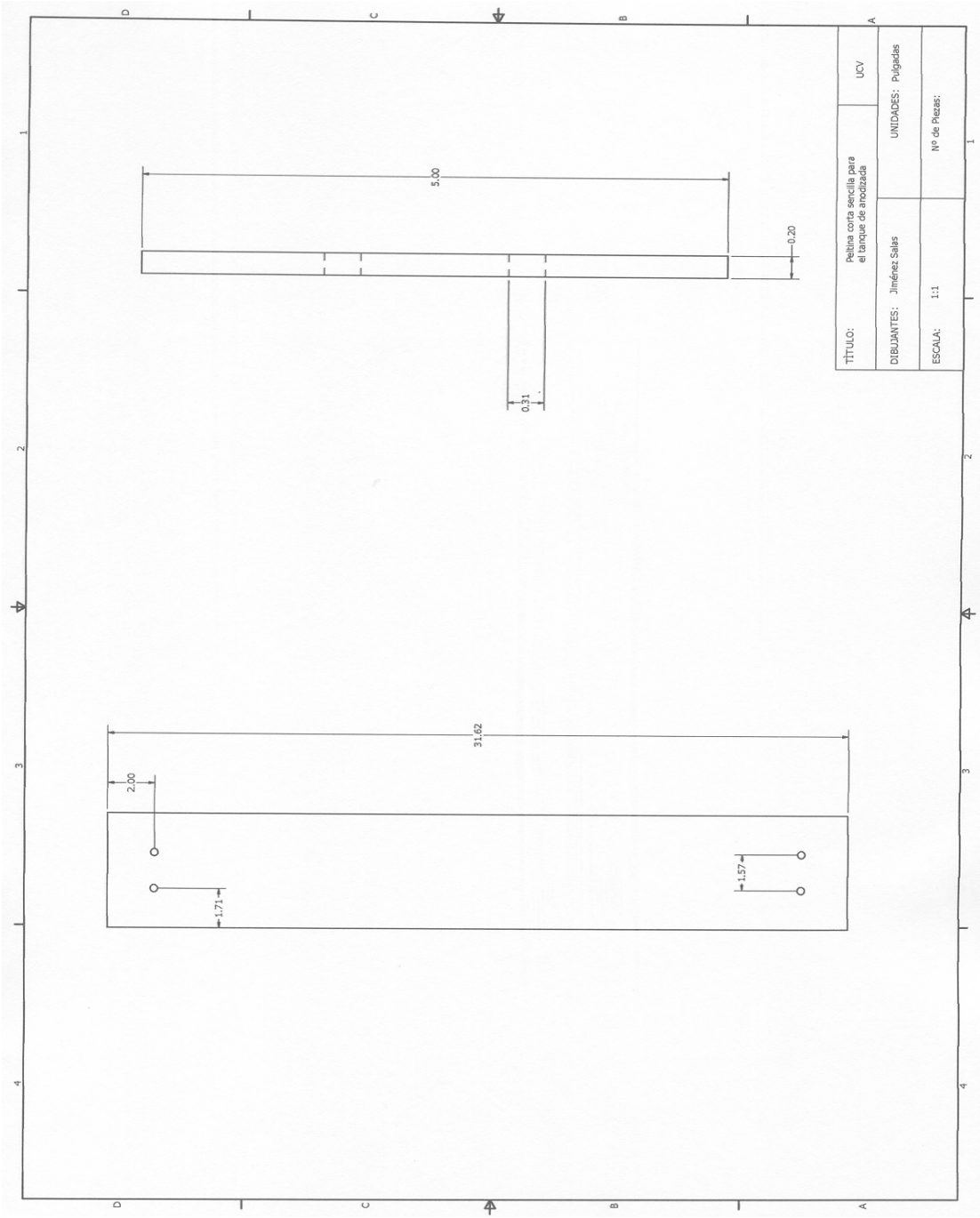


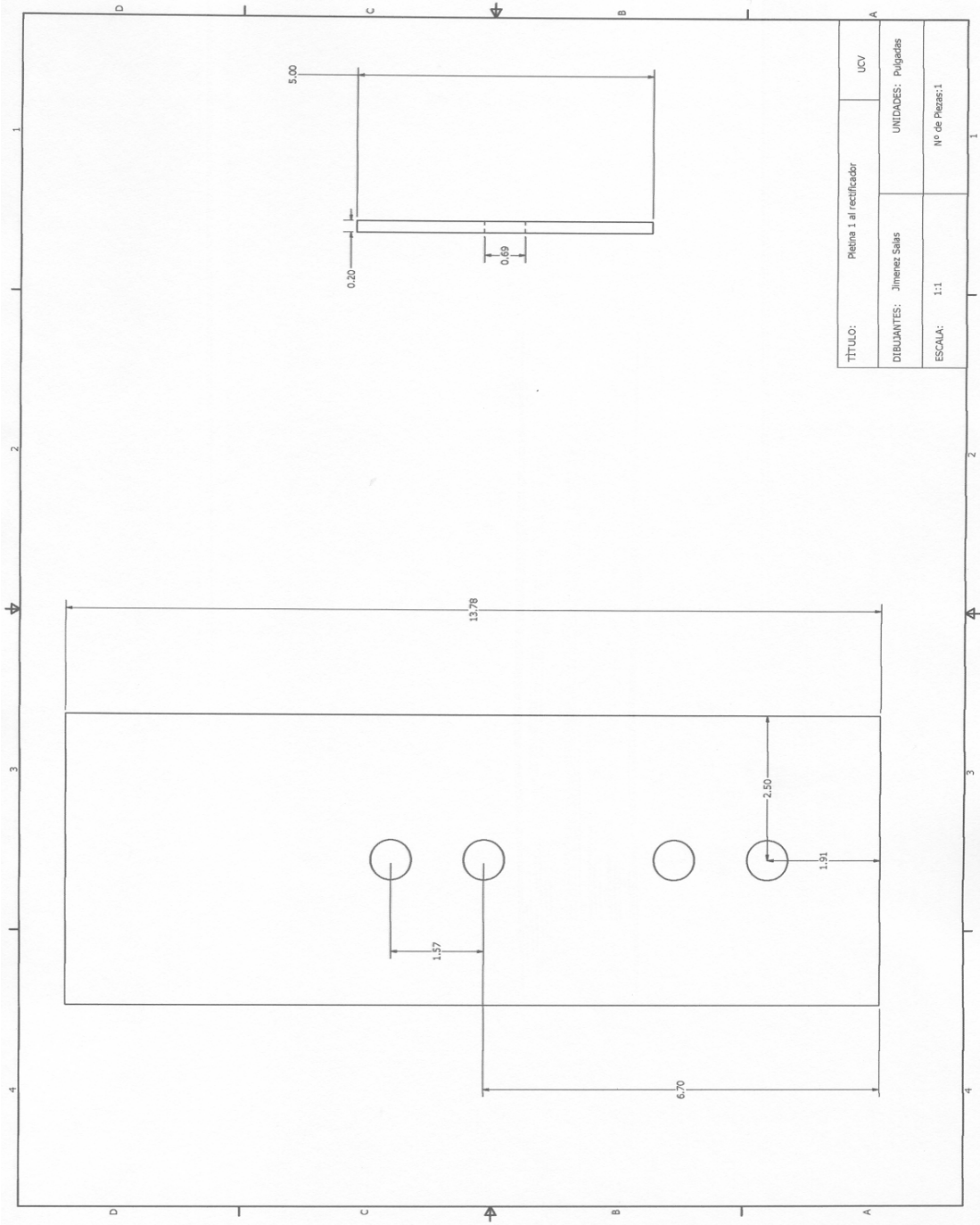
APÉNDICE C.2
Planos del Tanque de Anodizado y sus partes

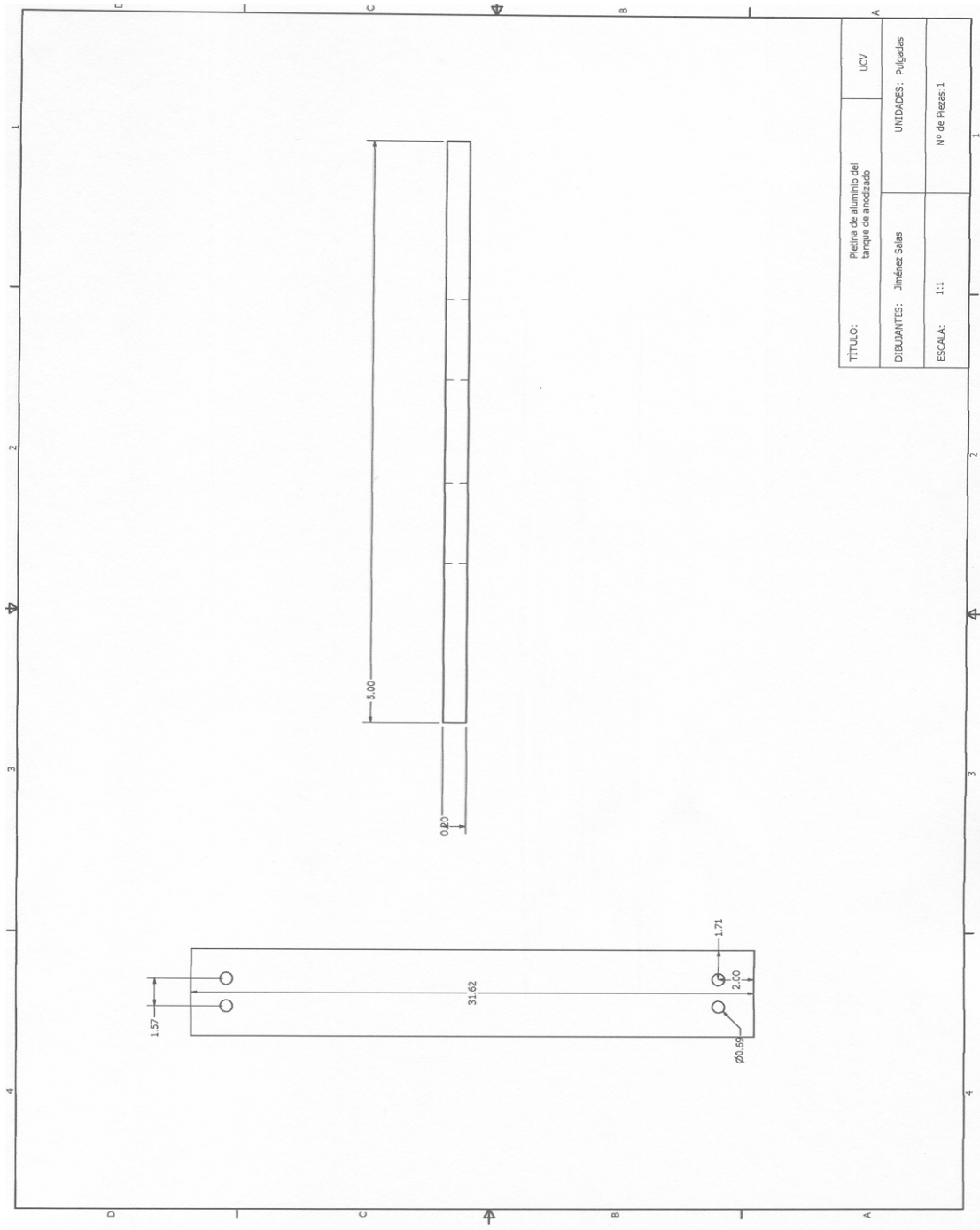


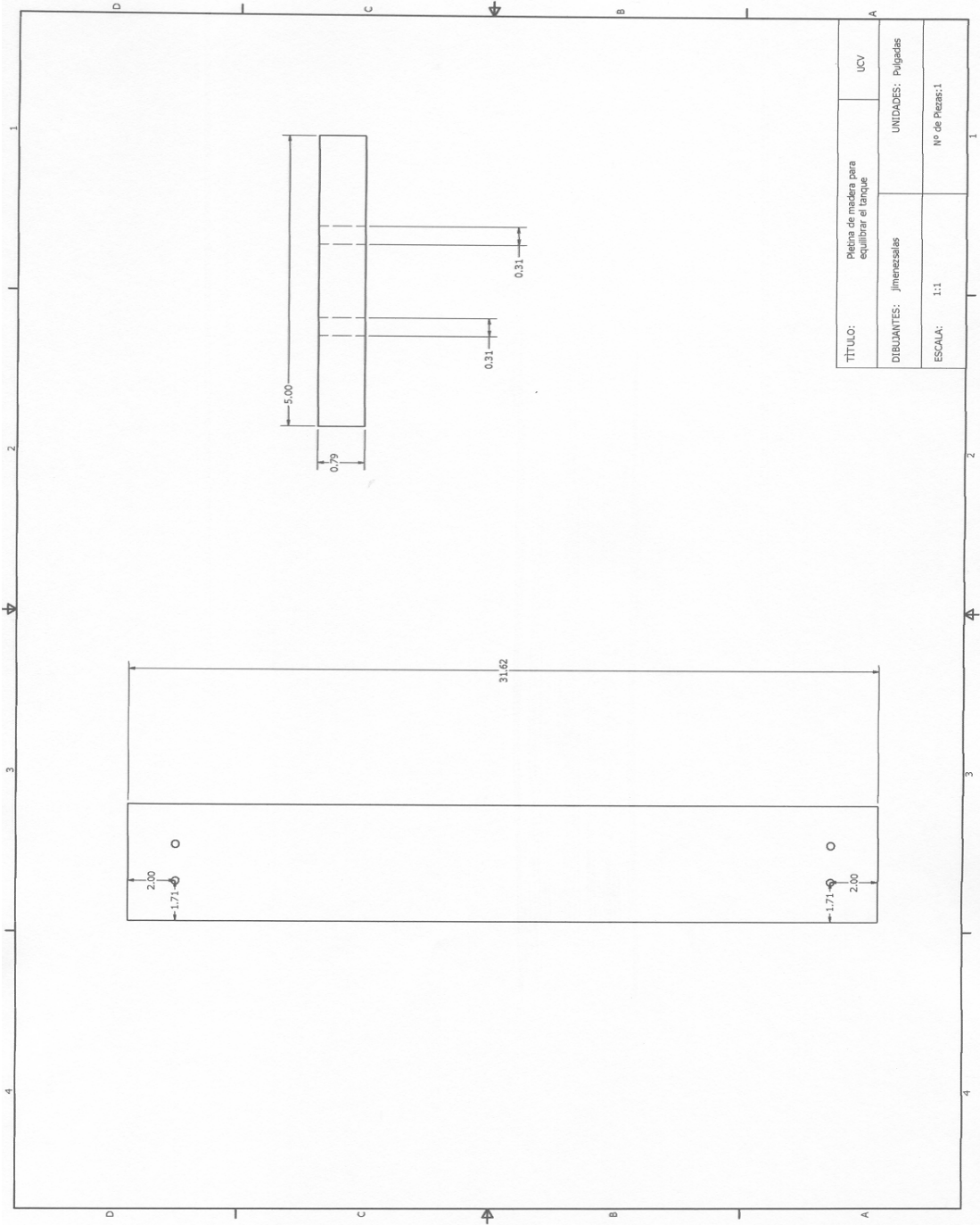


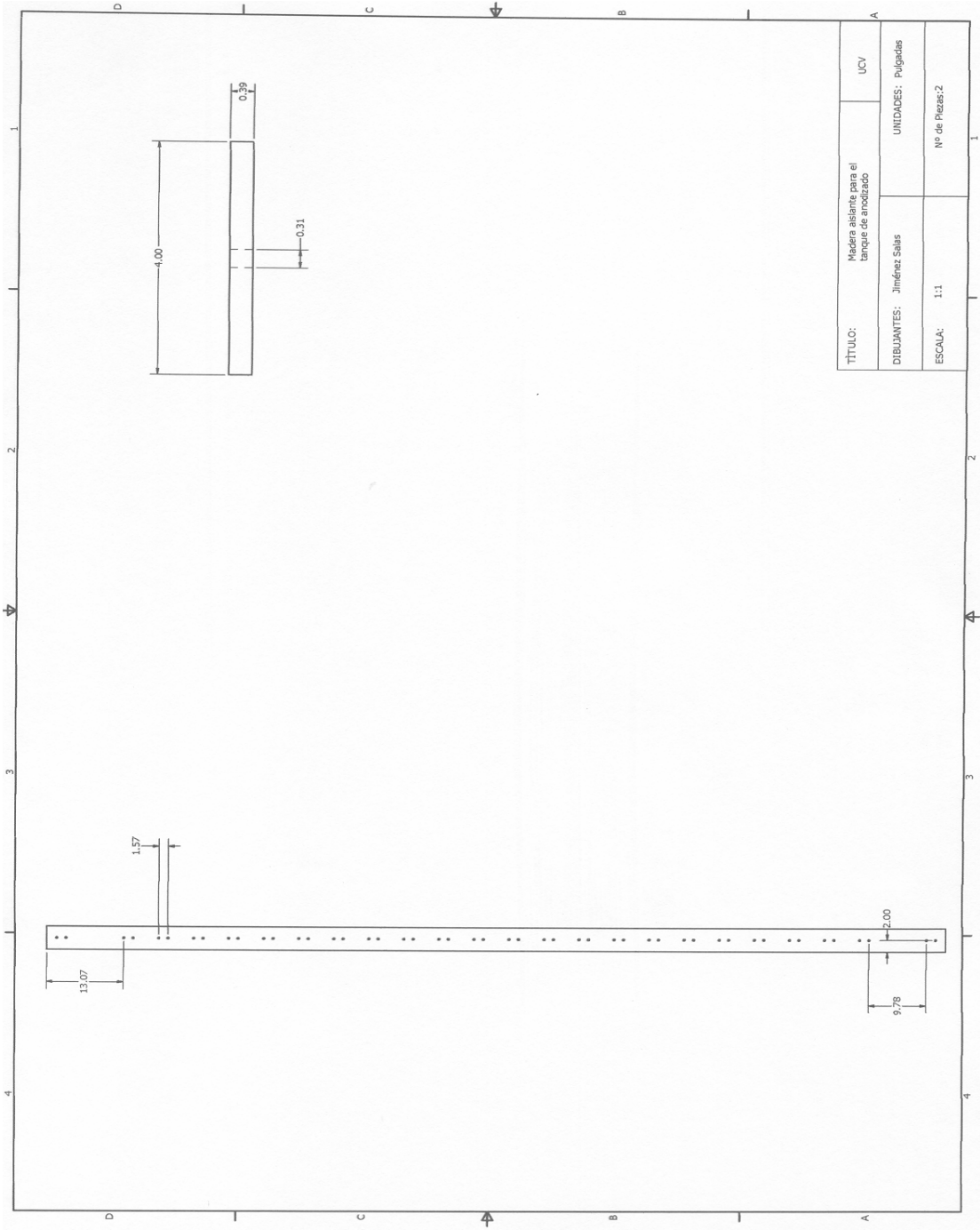


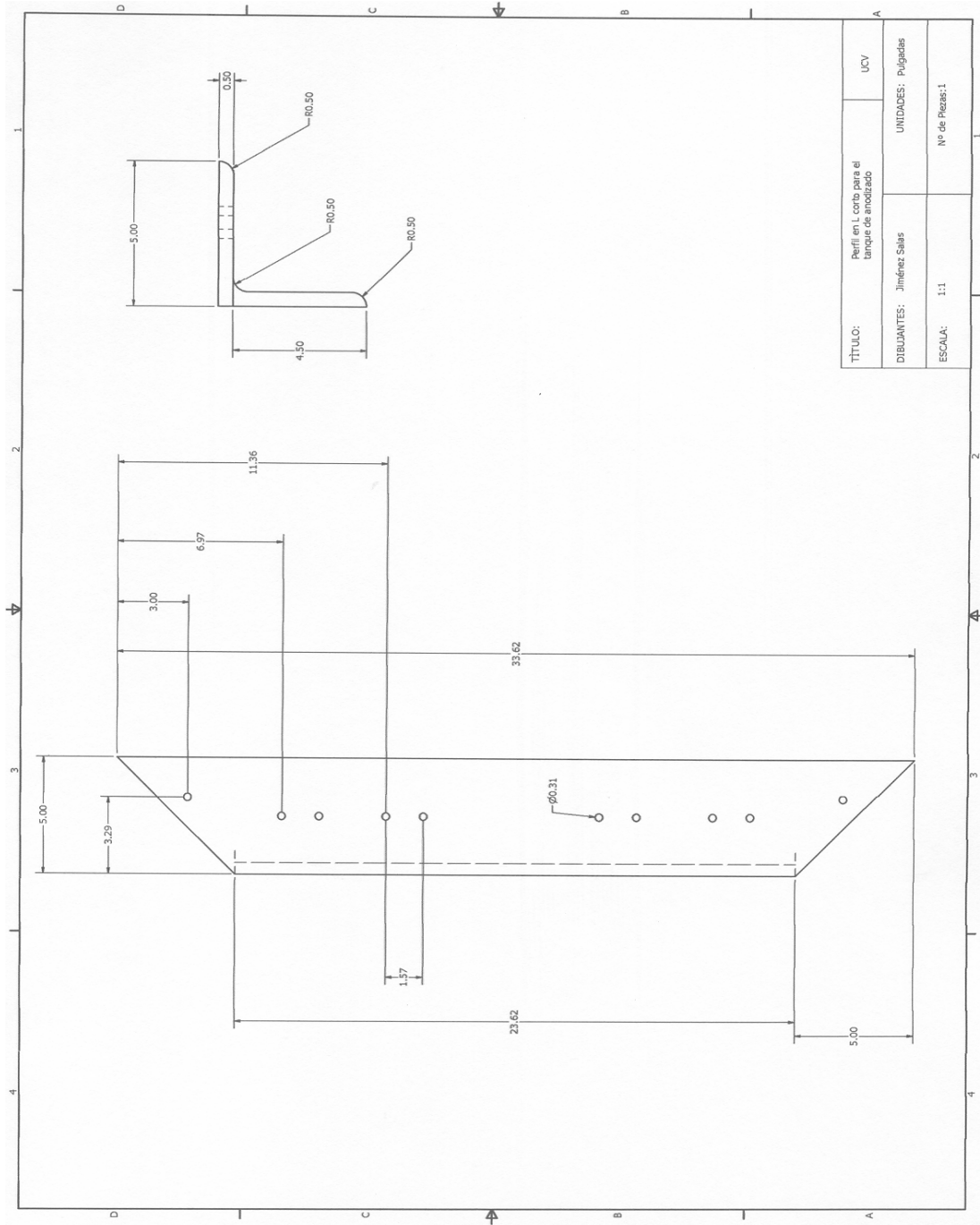


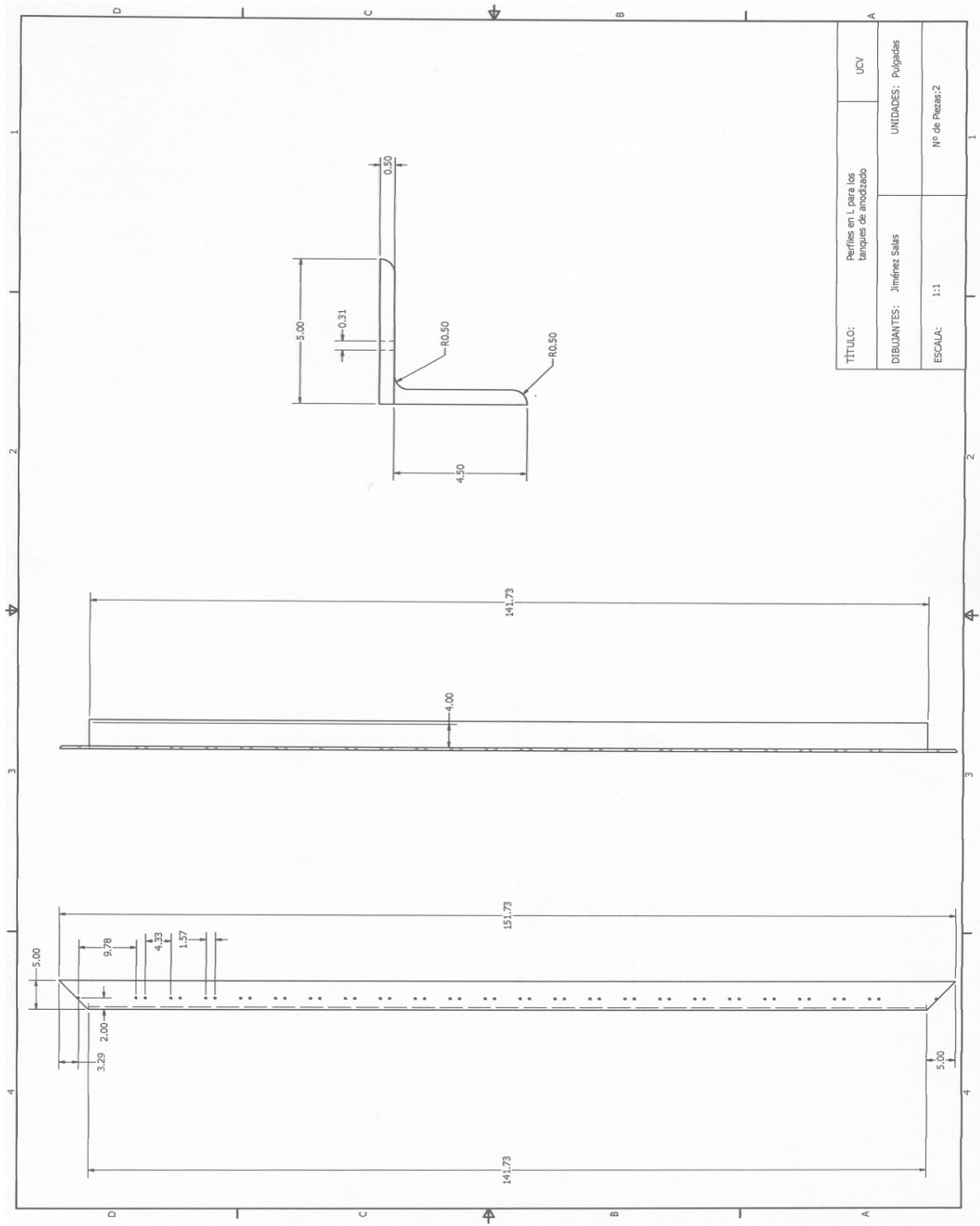


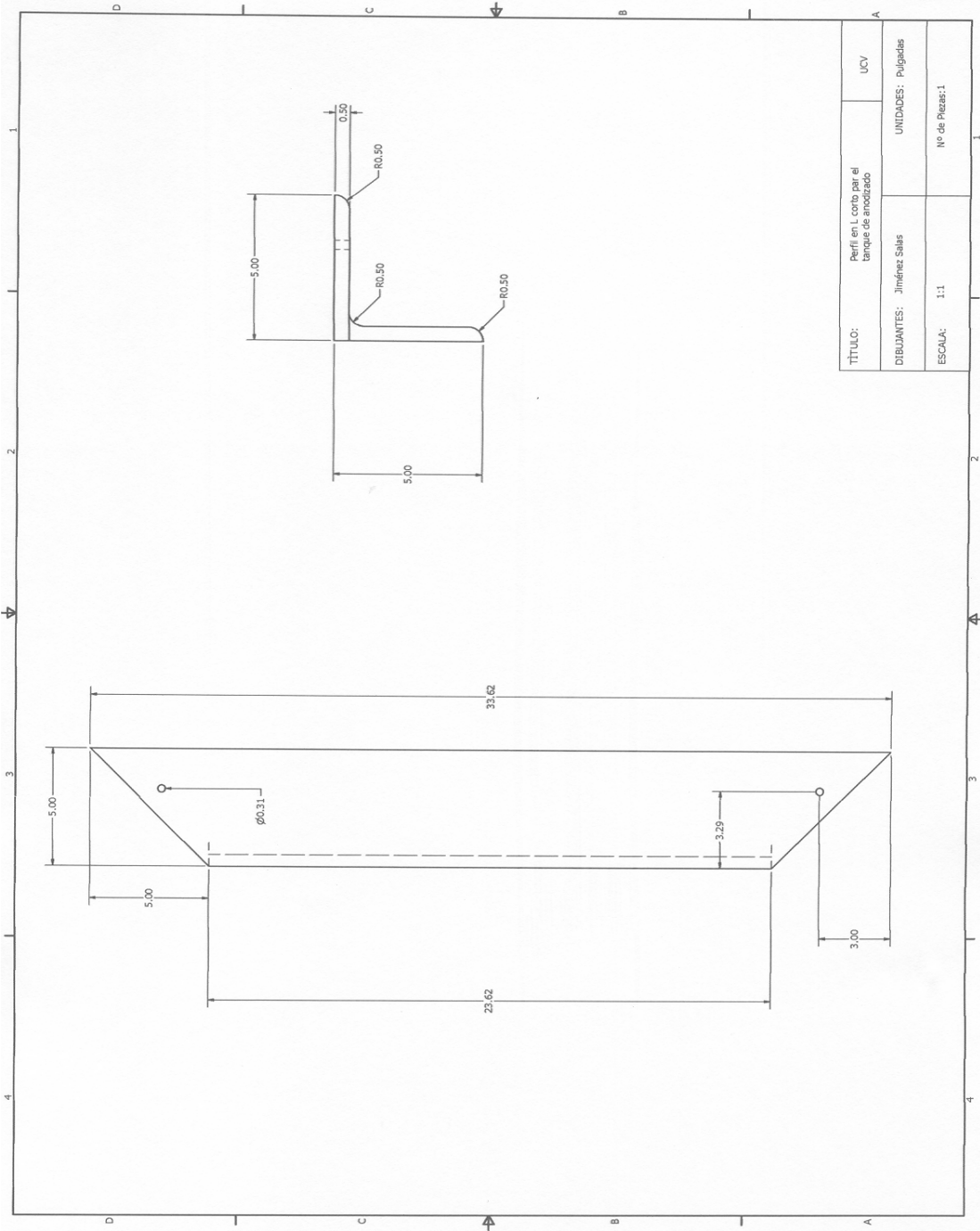


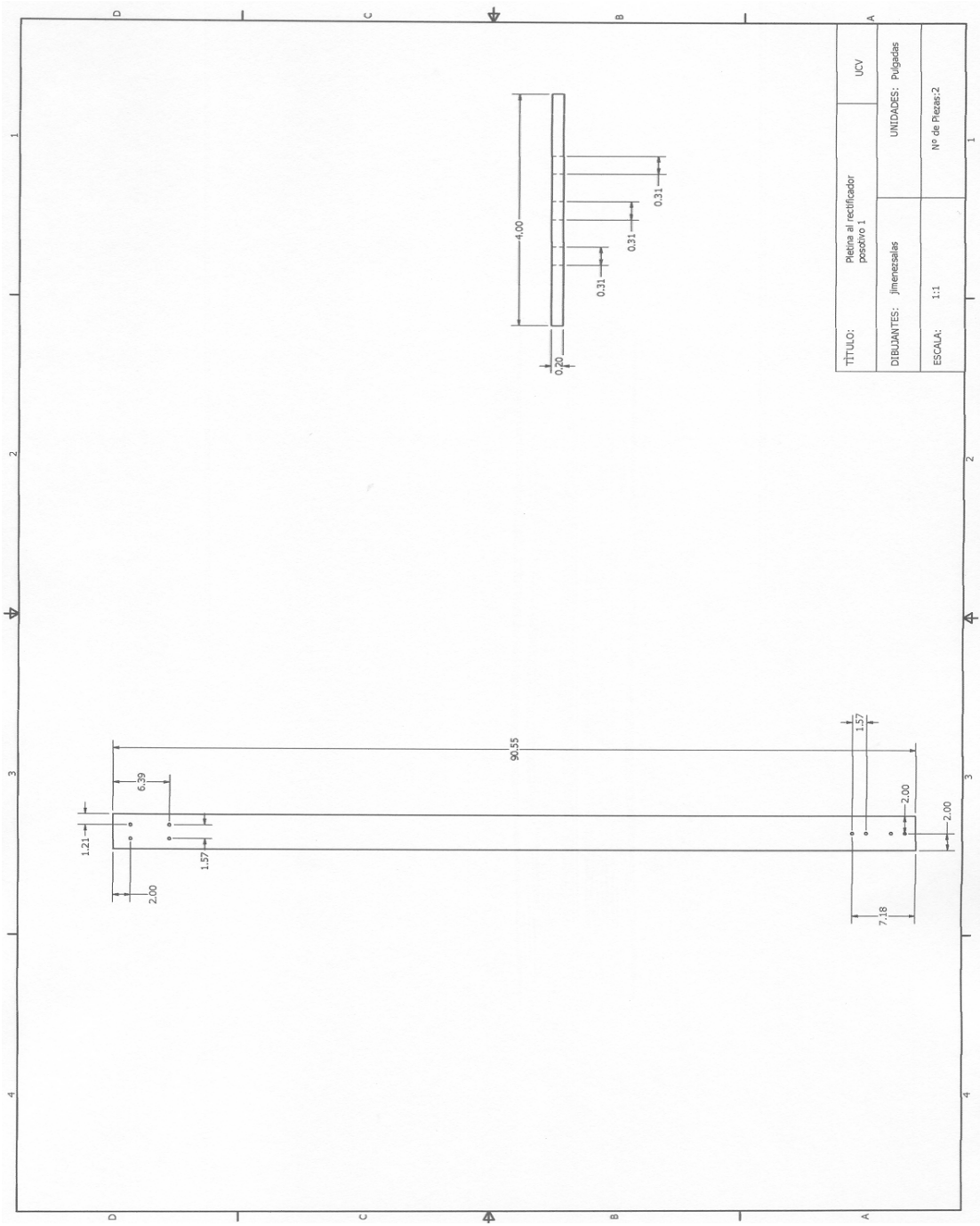


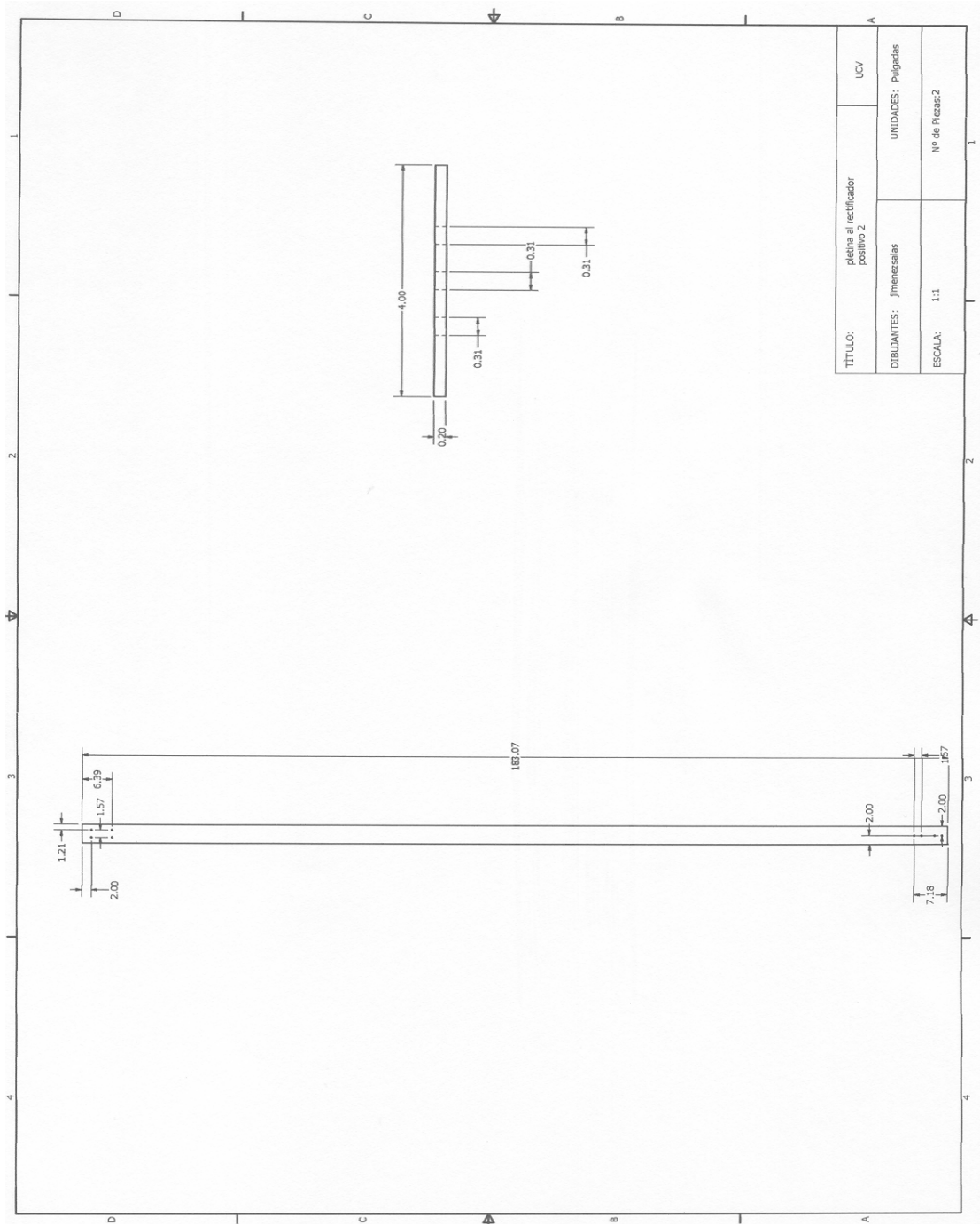


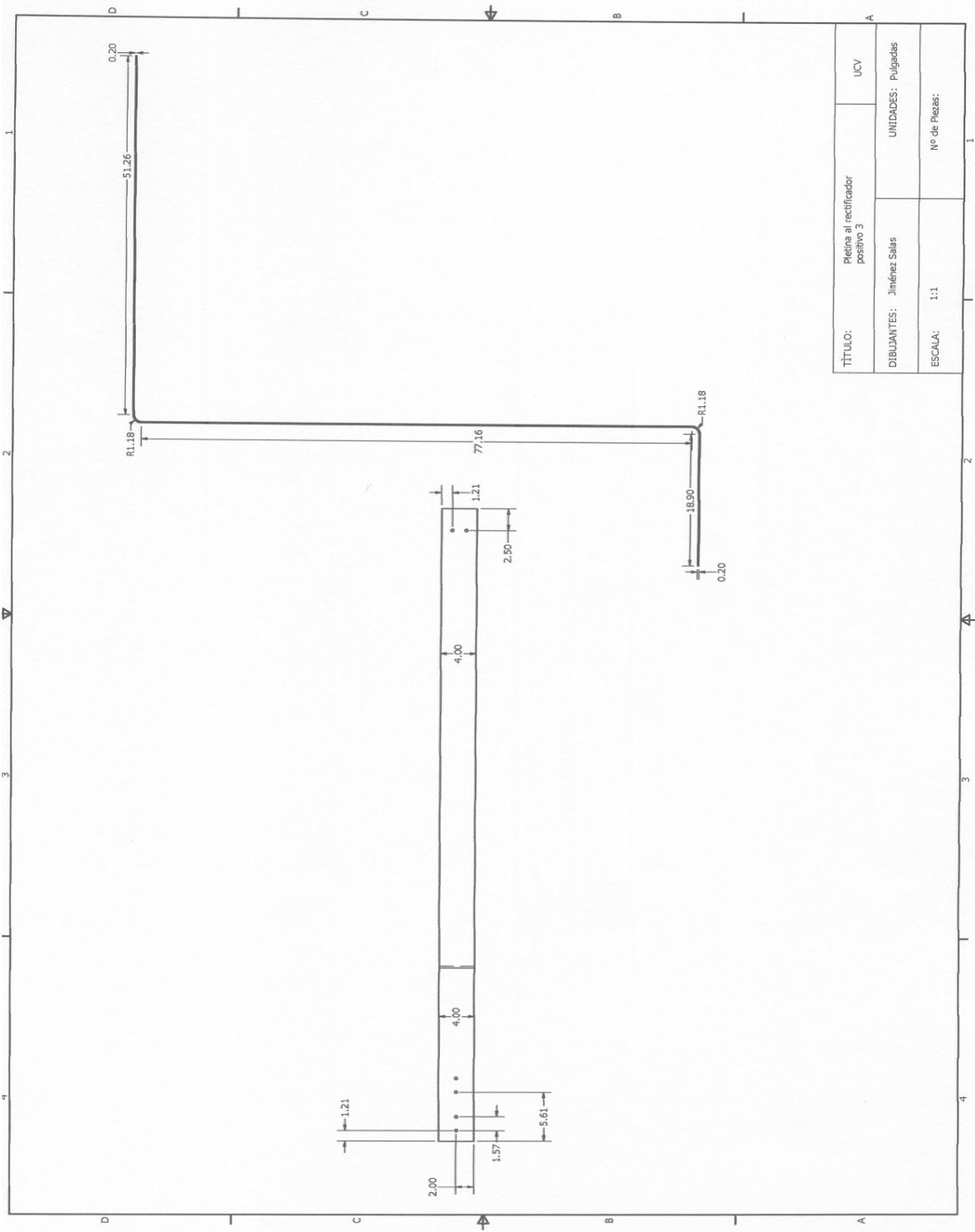


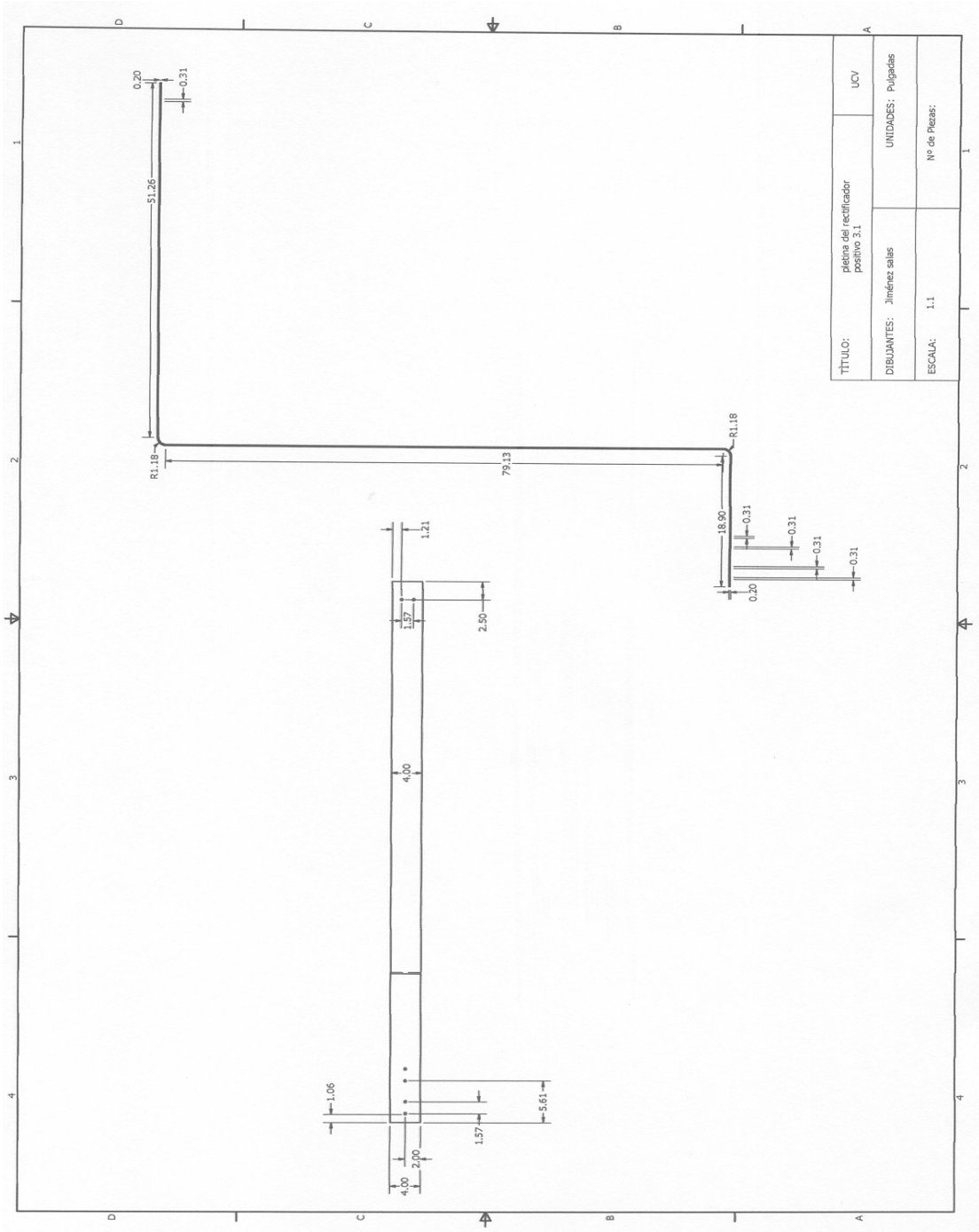


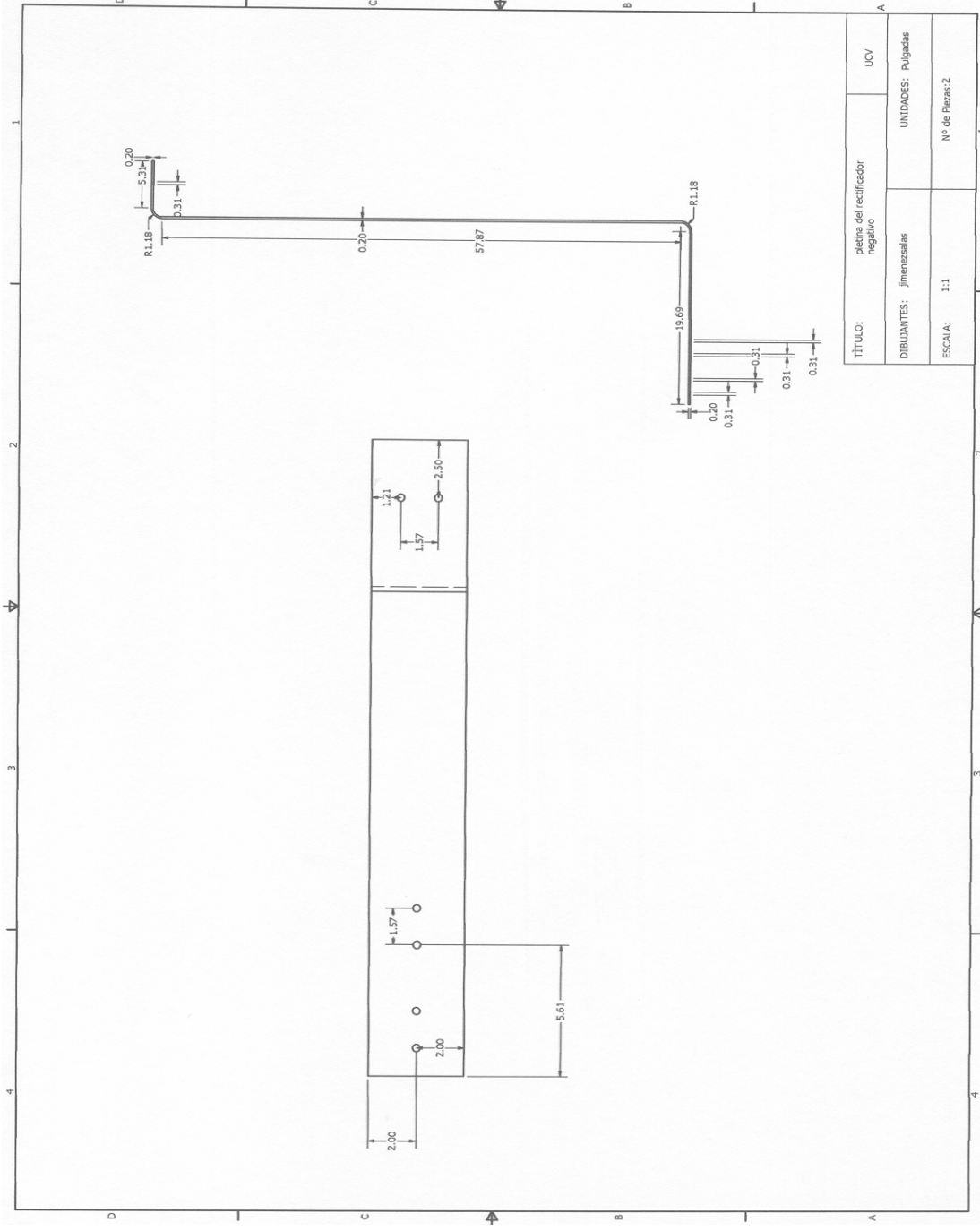


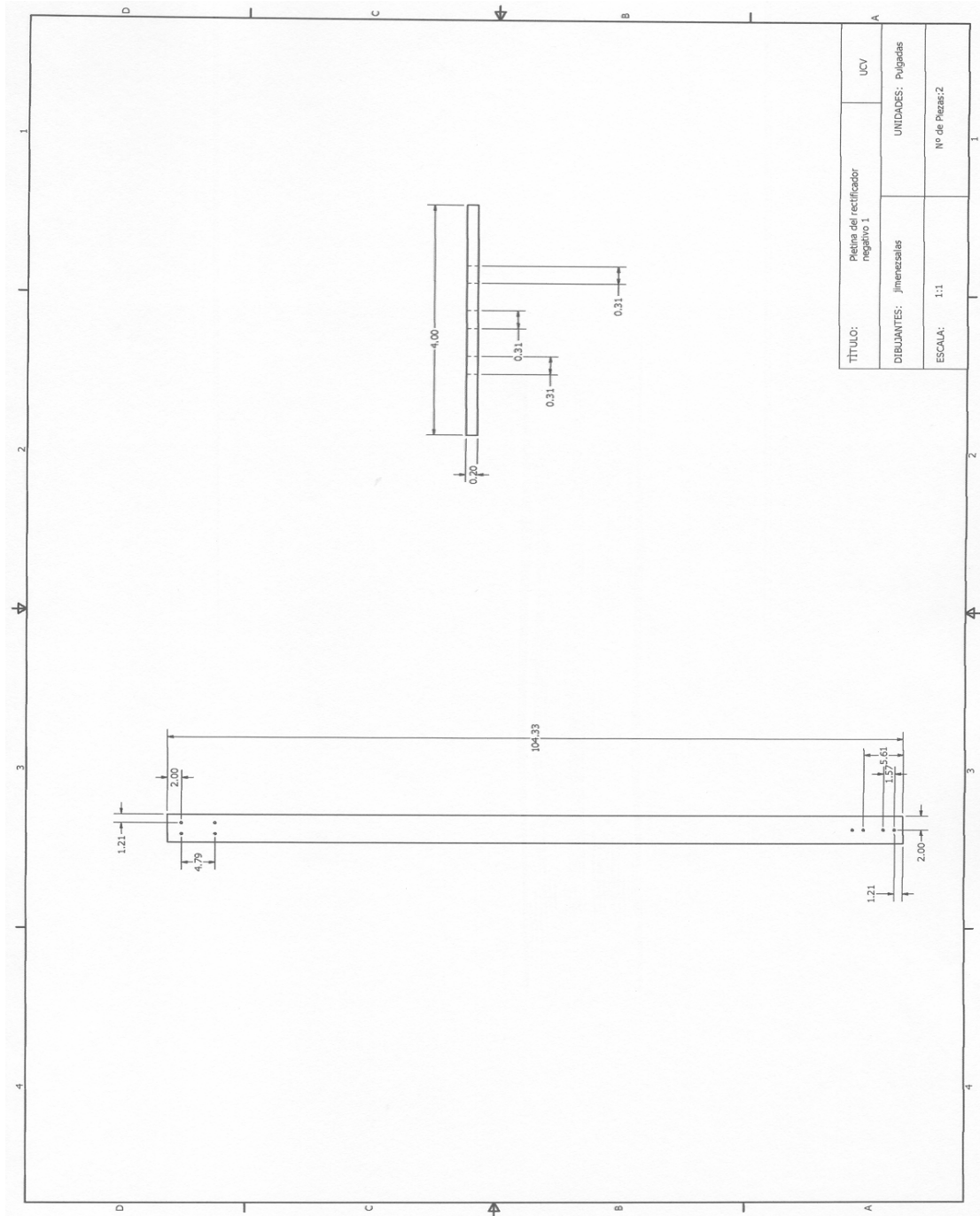


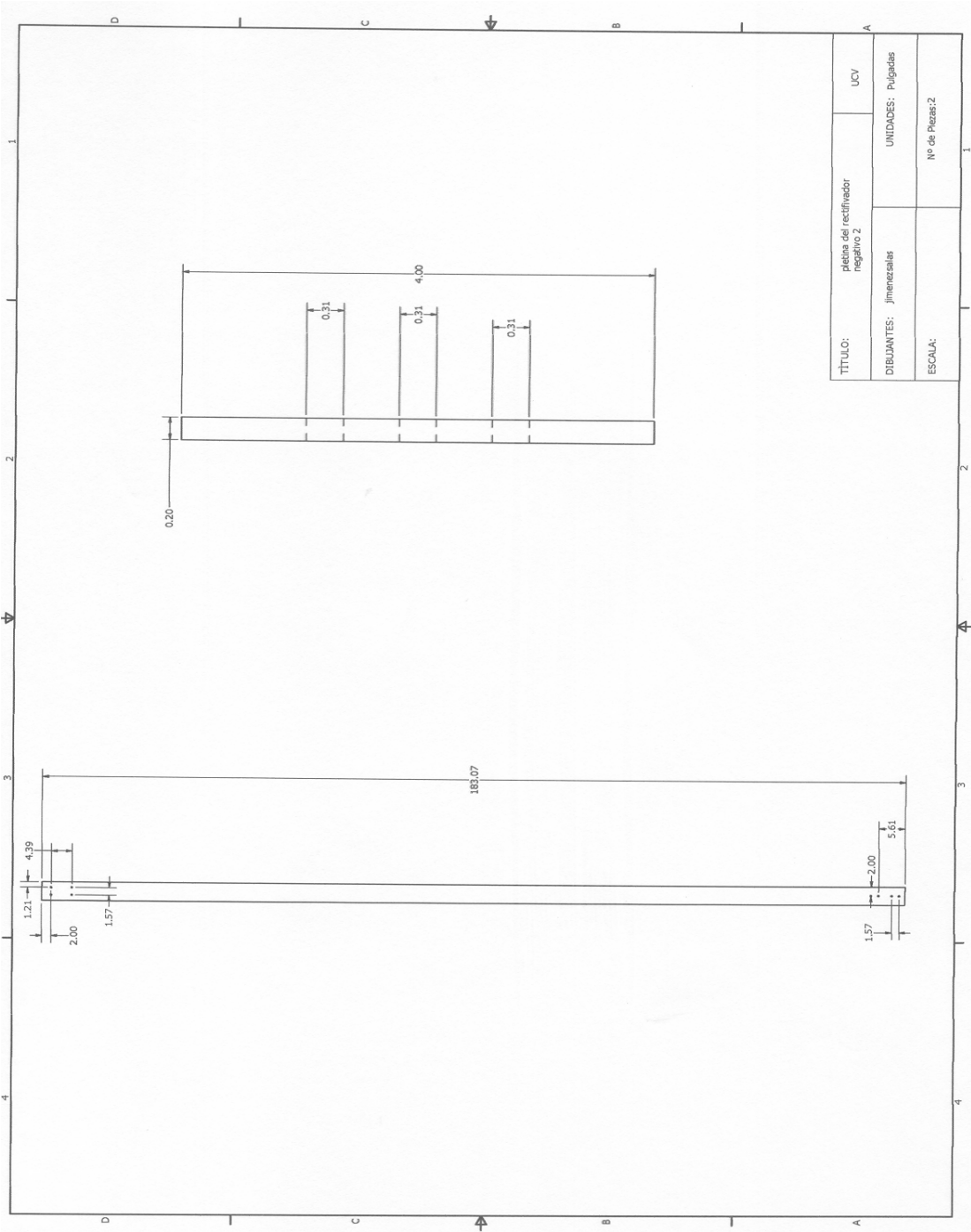


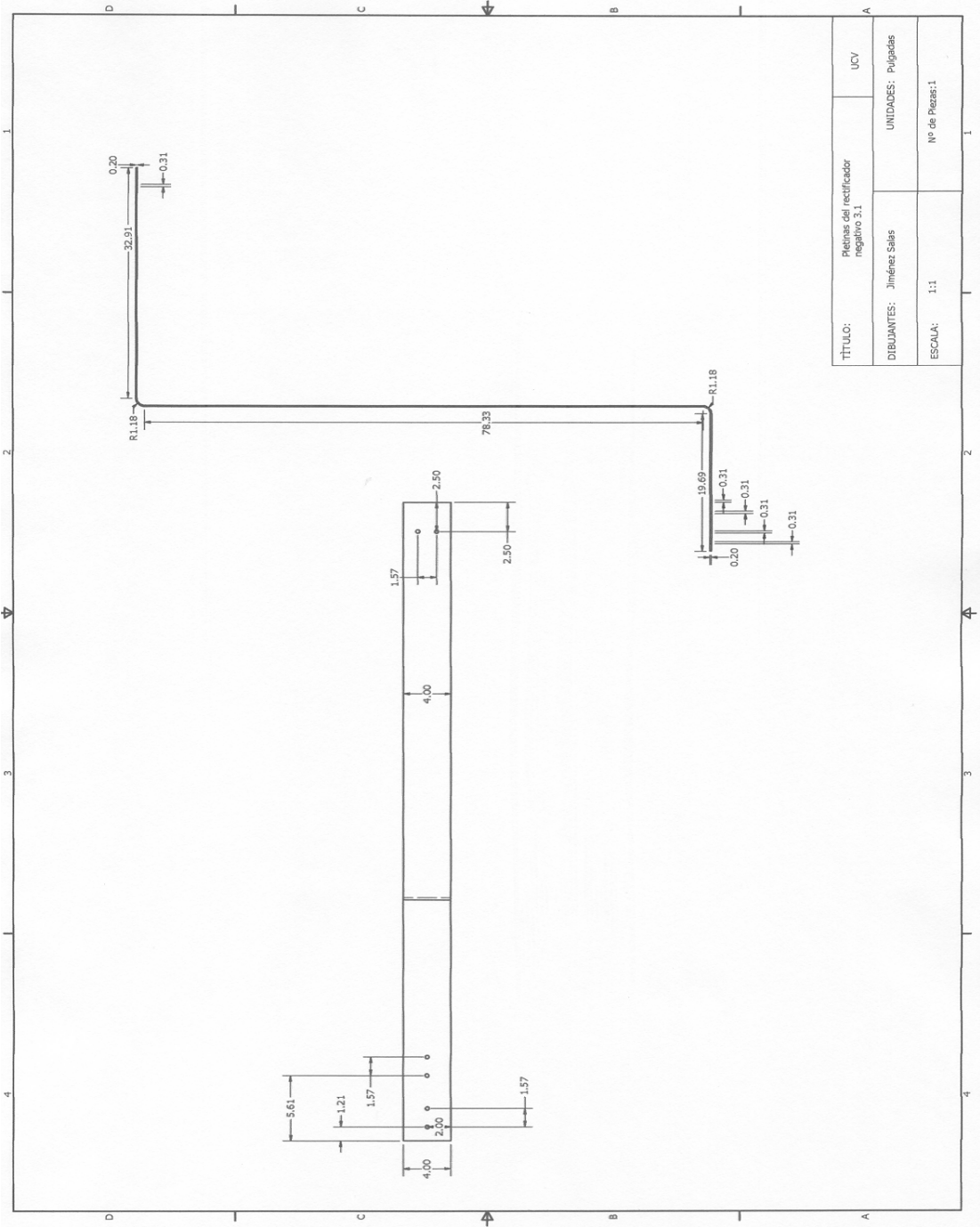


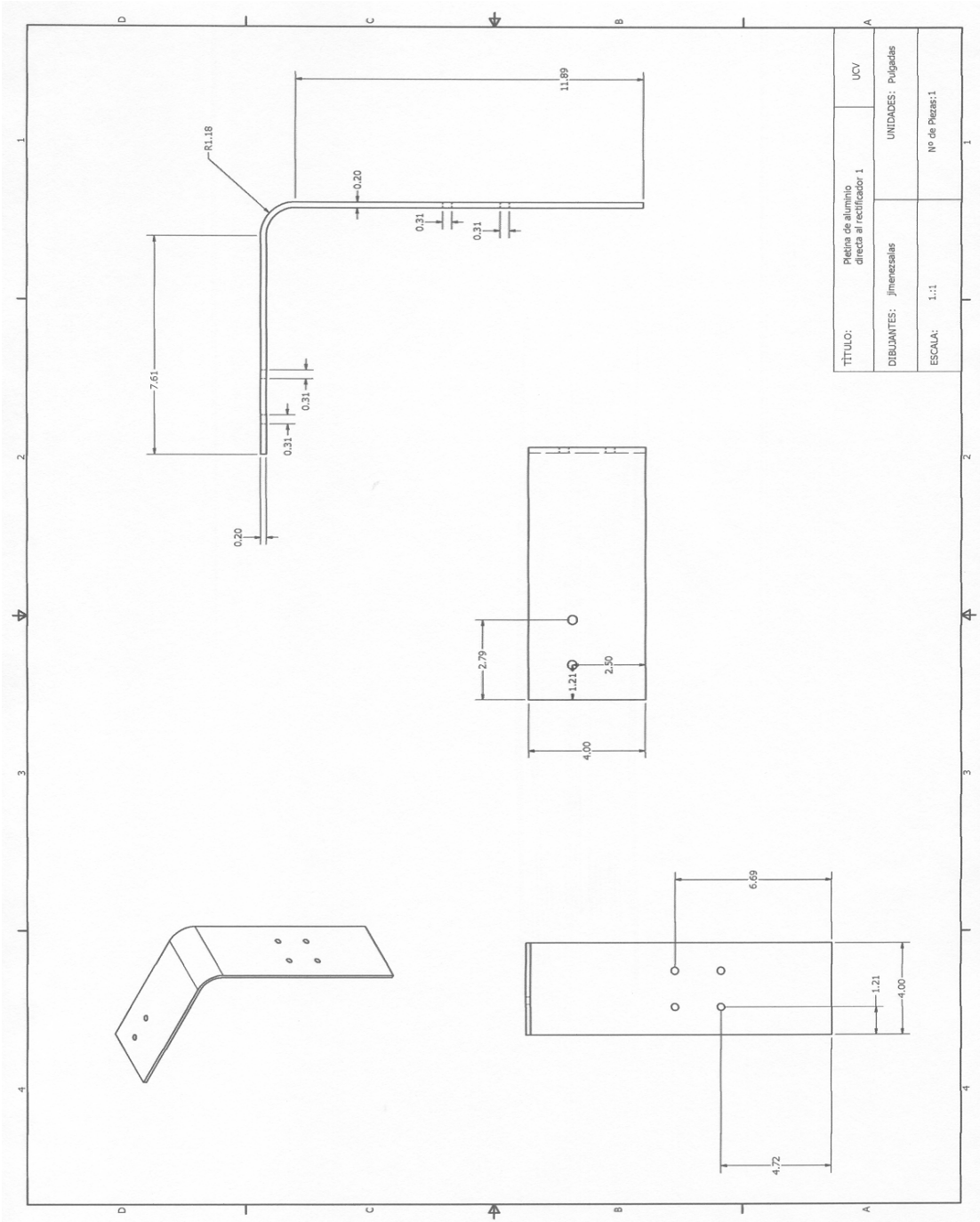


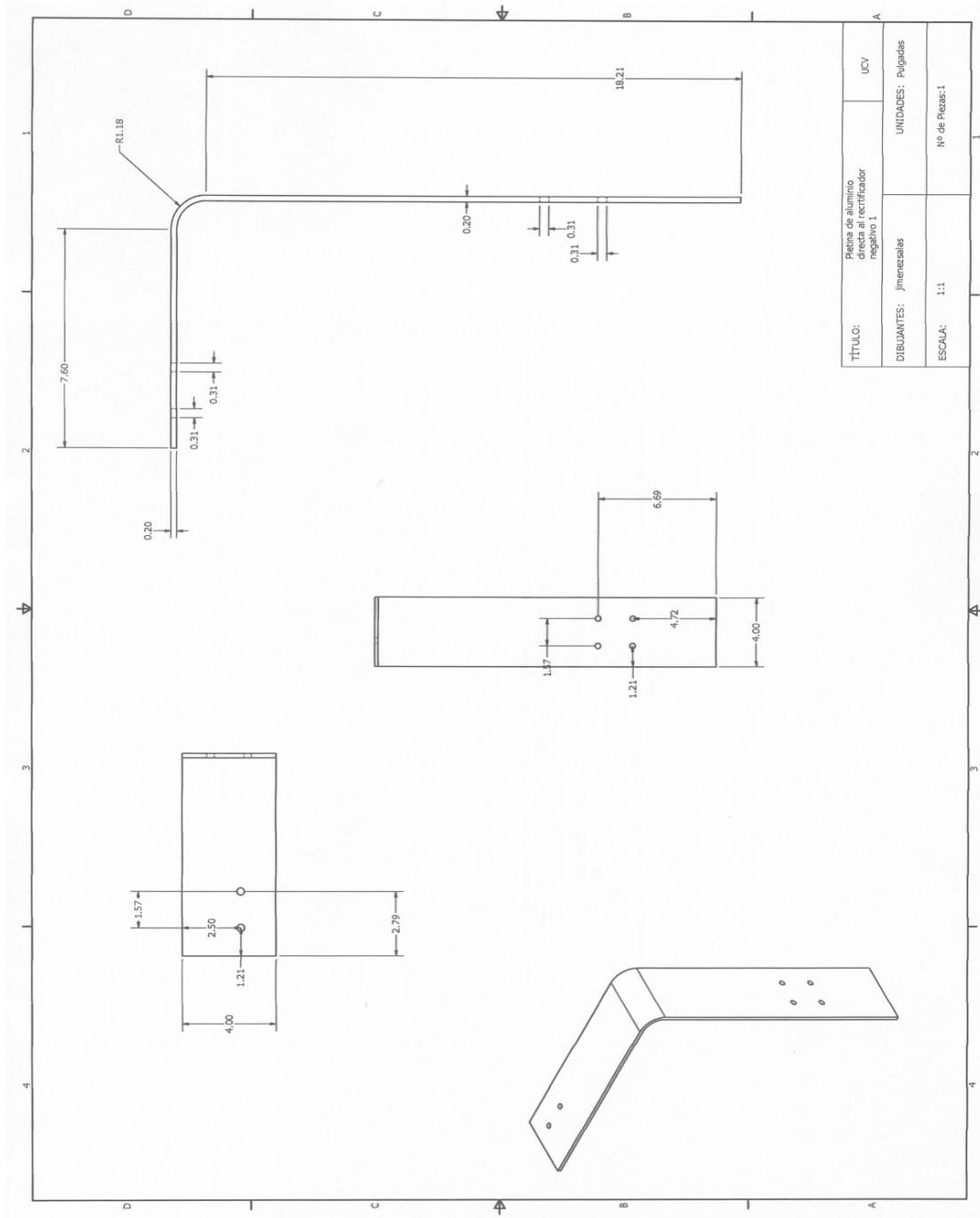


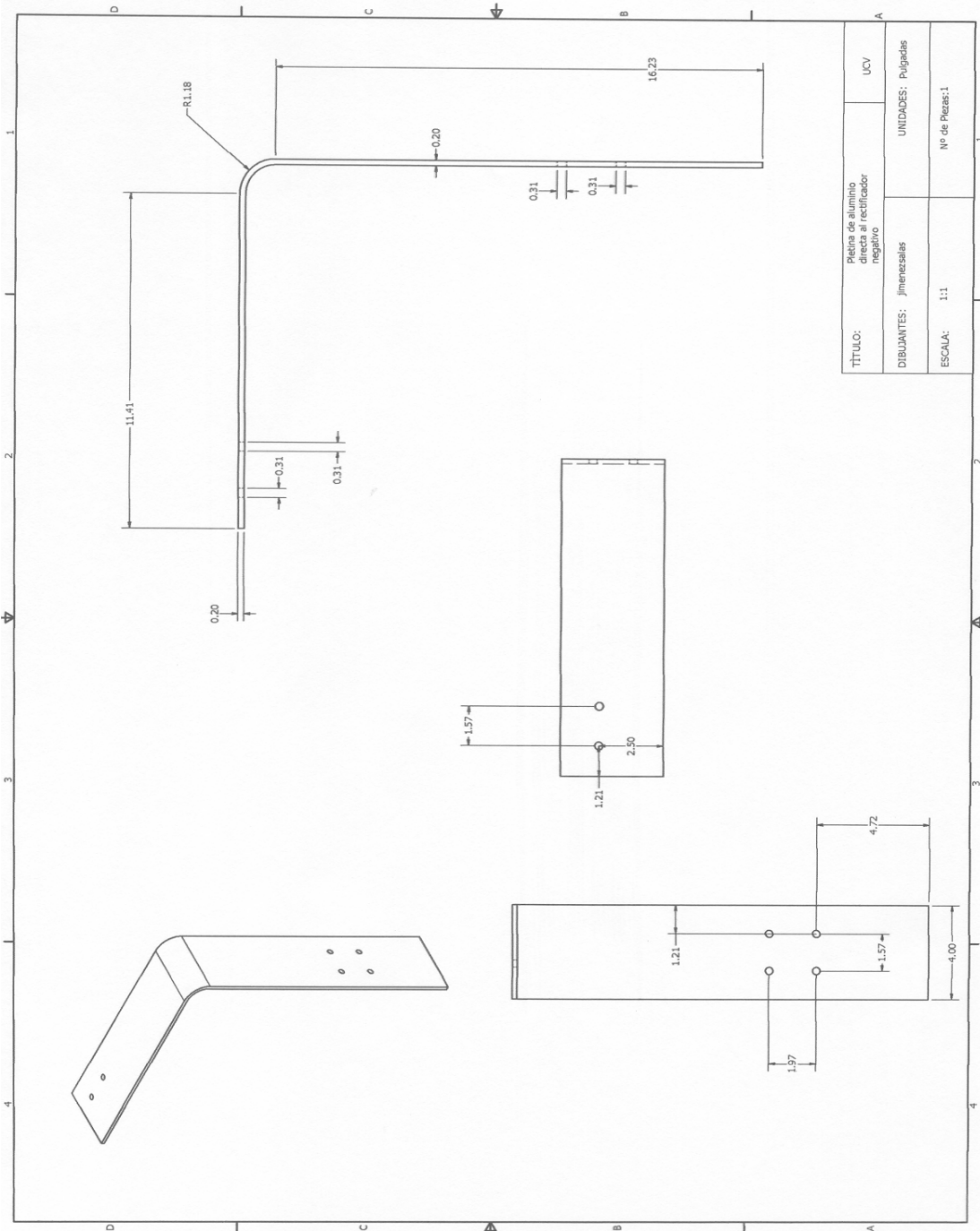




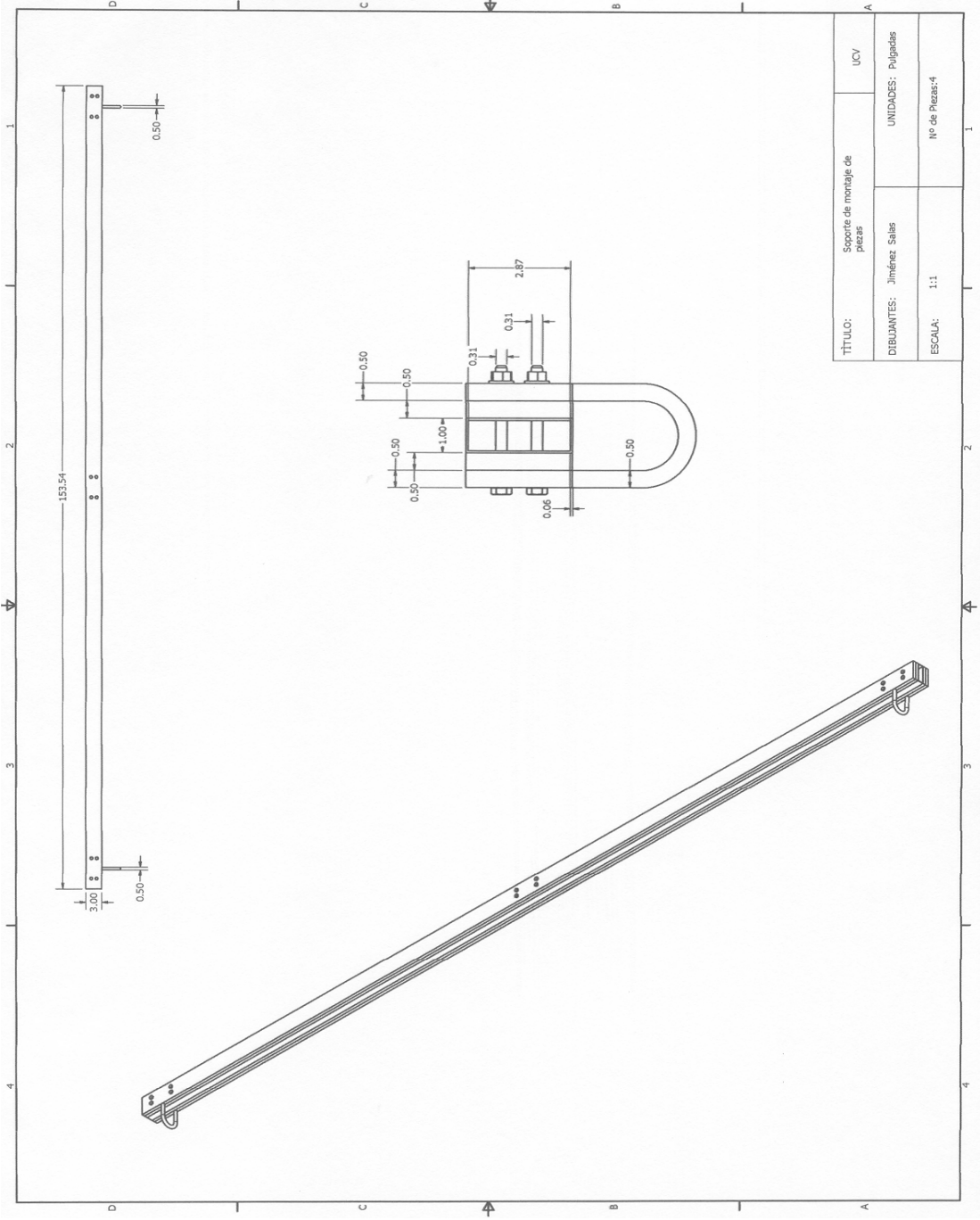




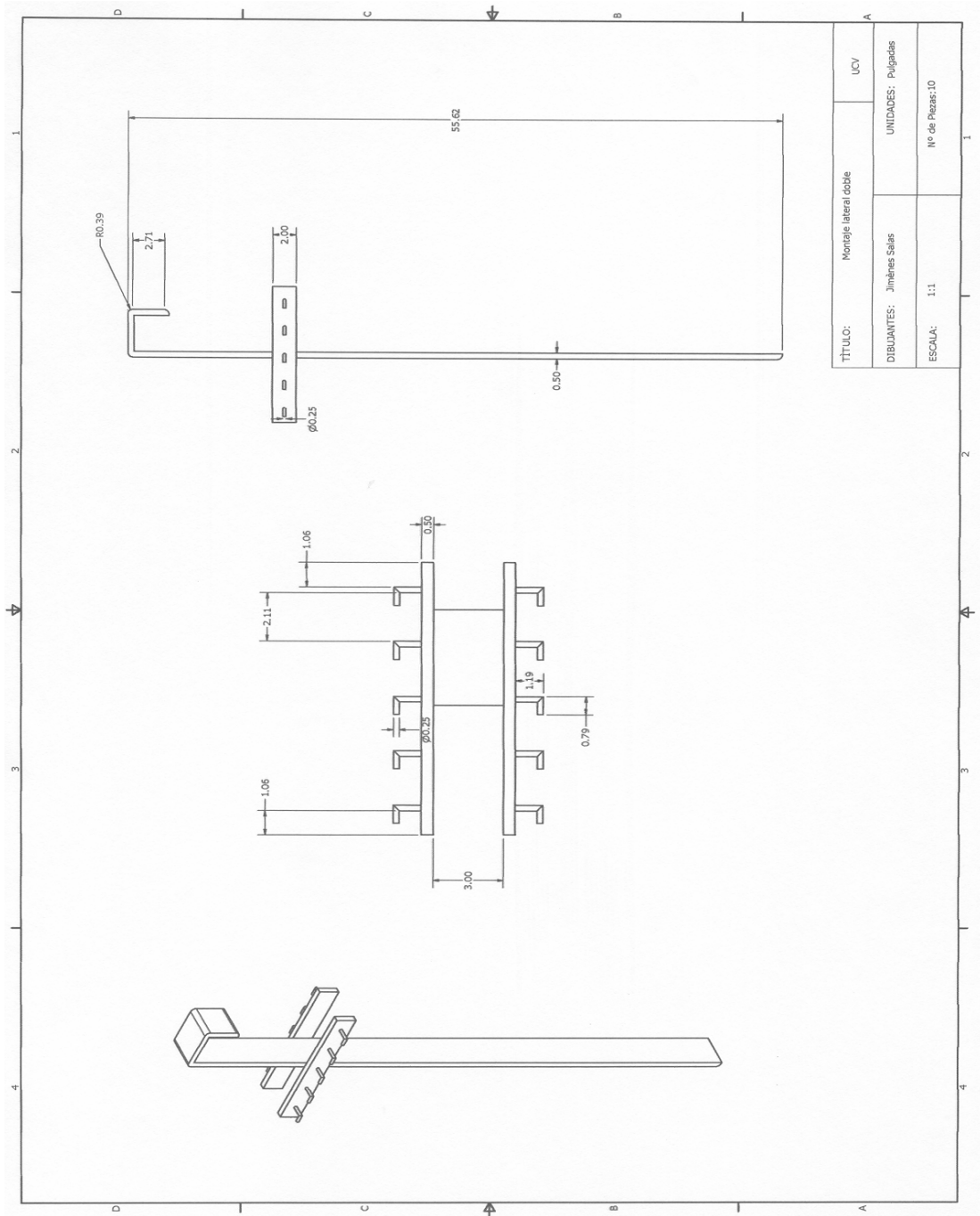


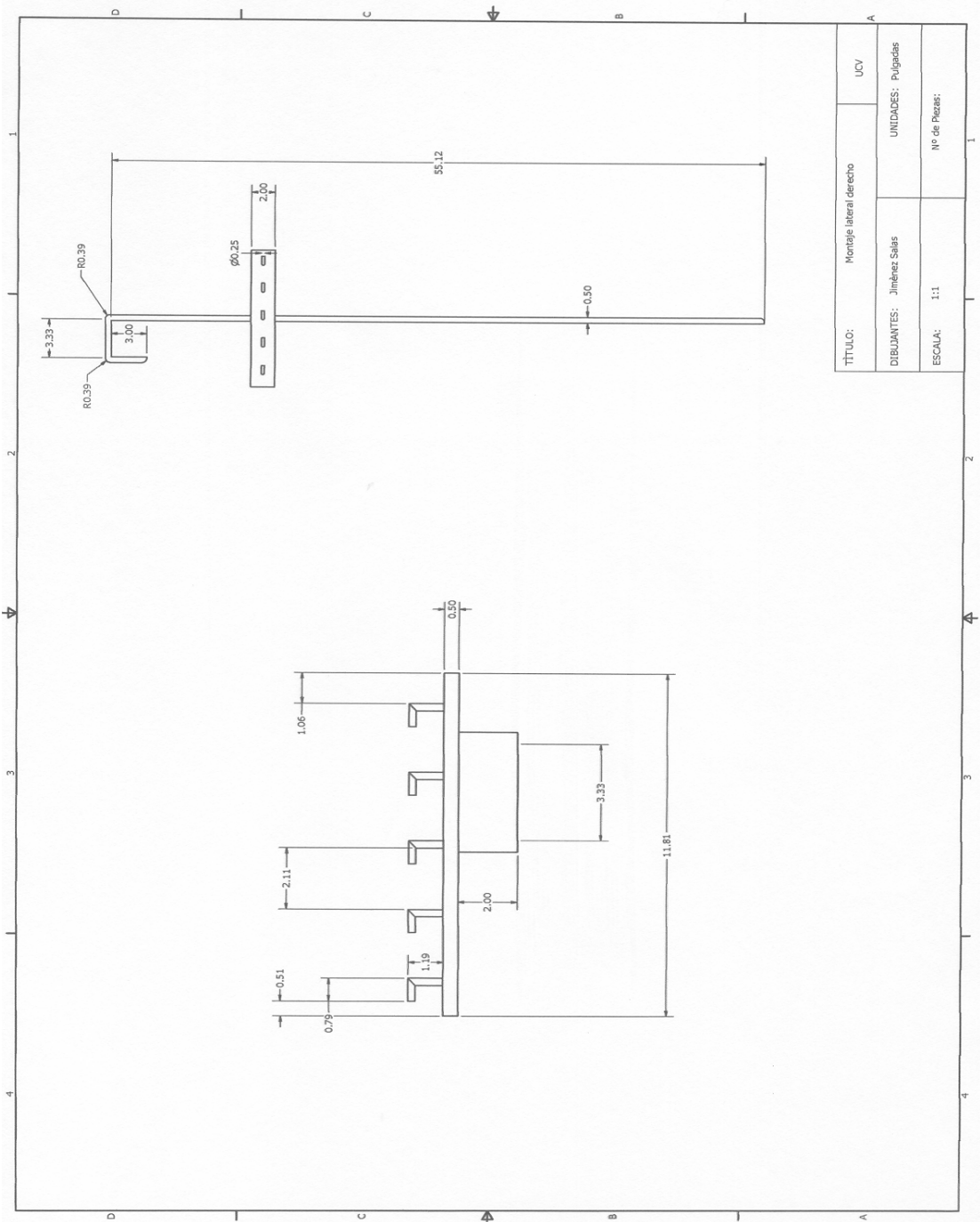


APÉNDICE C.3
Sistema del Soporte de los montajes de piezas

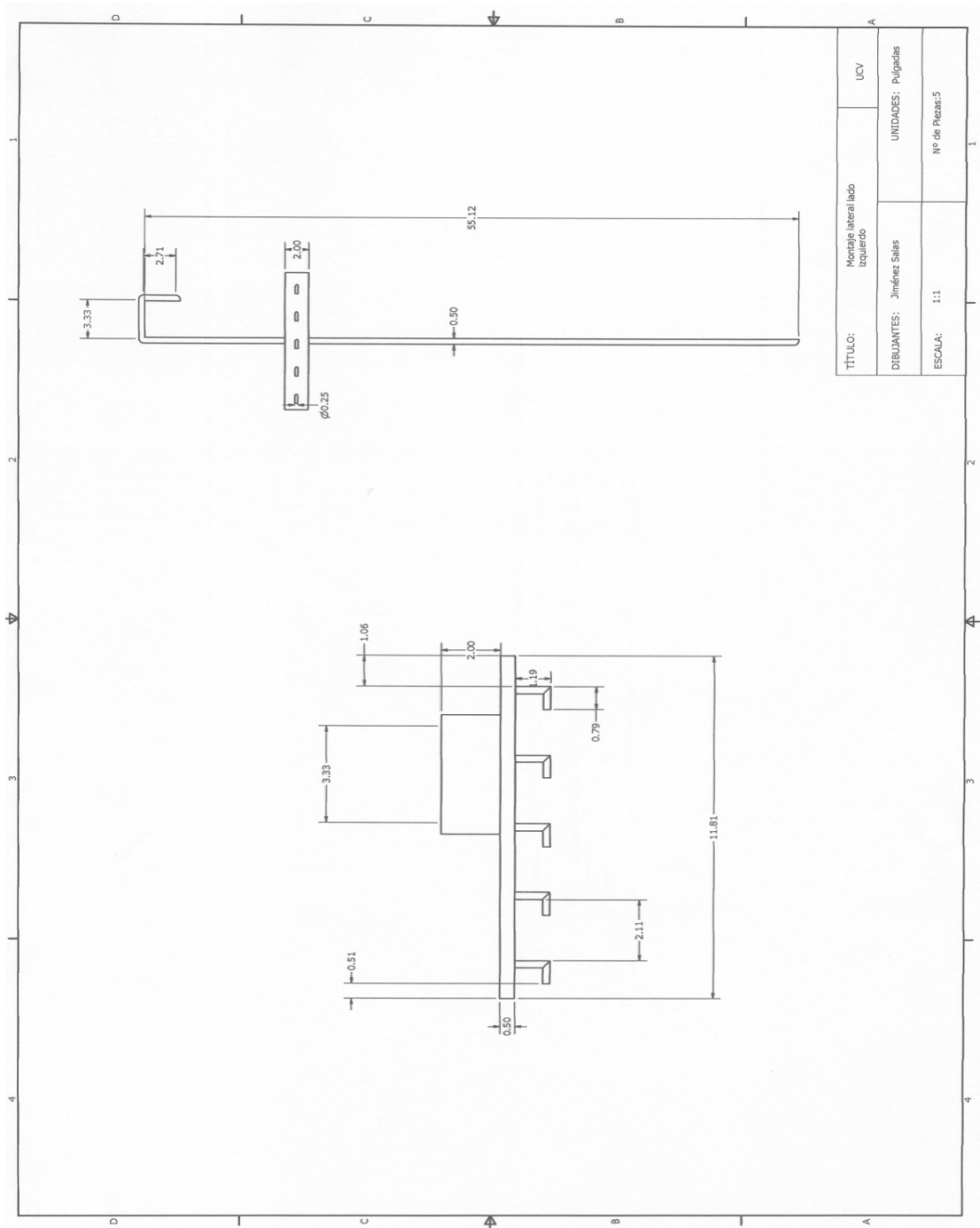


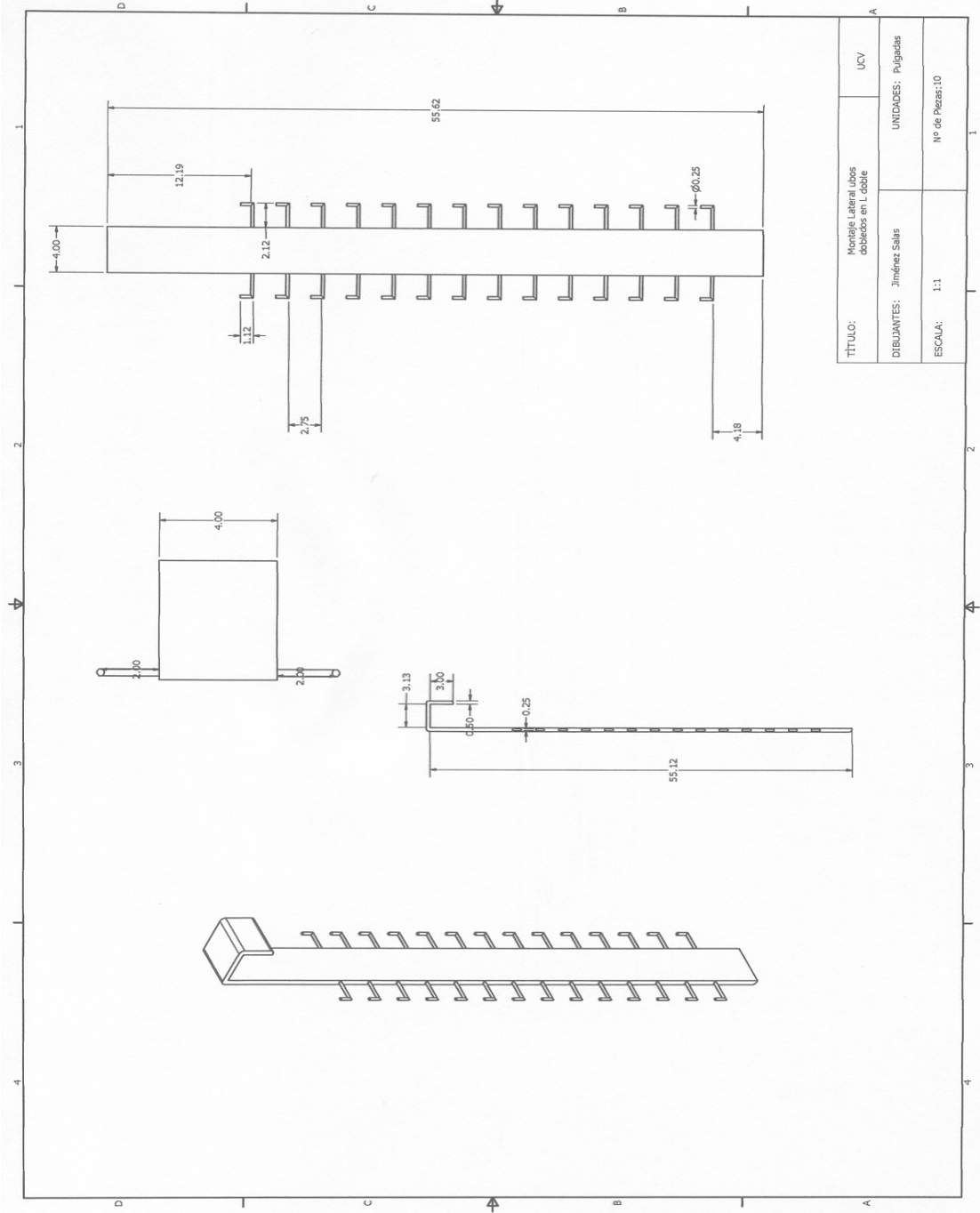
APÉNDICE C.4
Montaje de Piezas

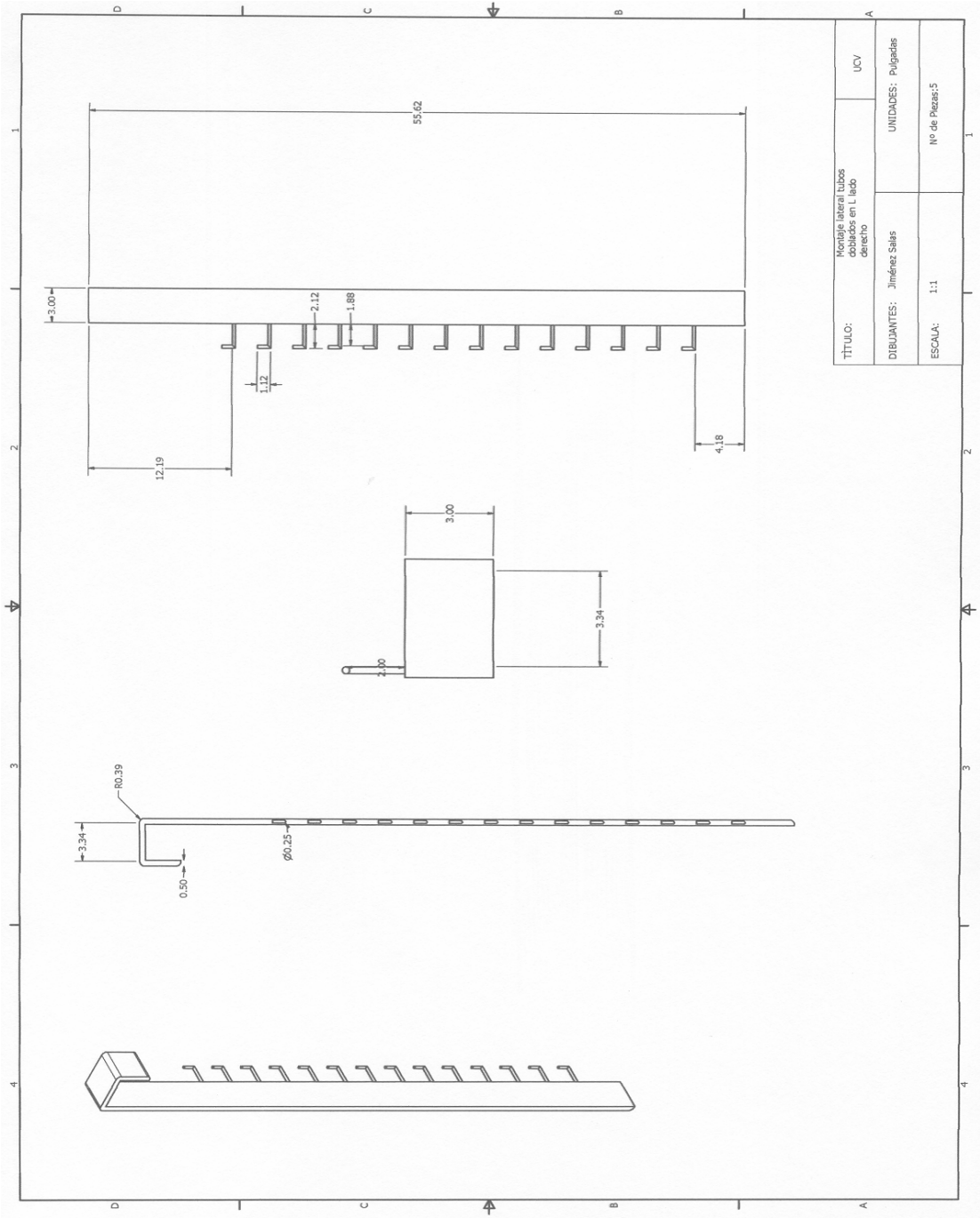


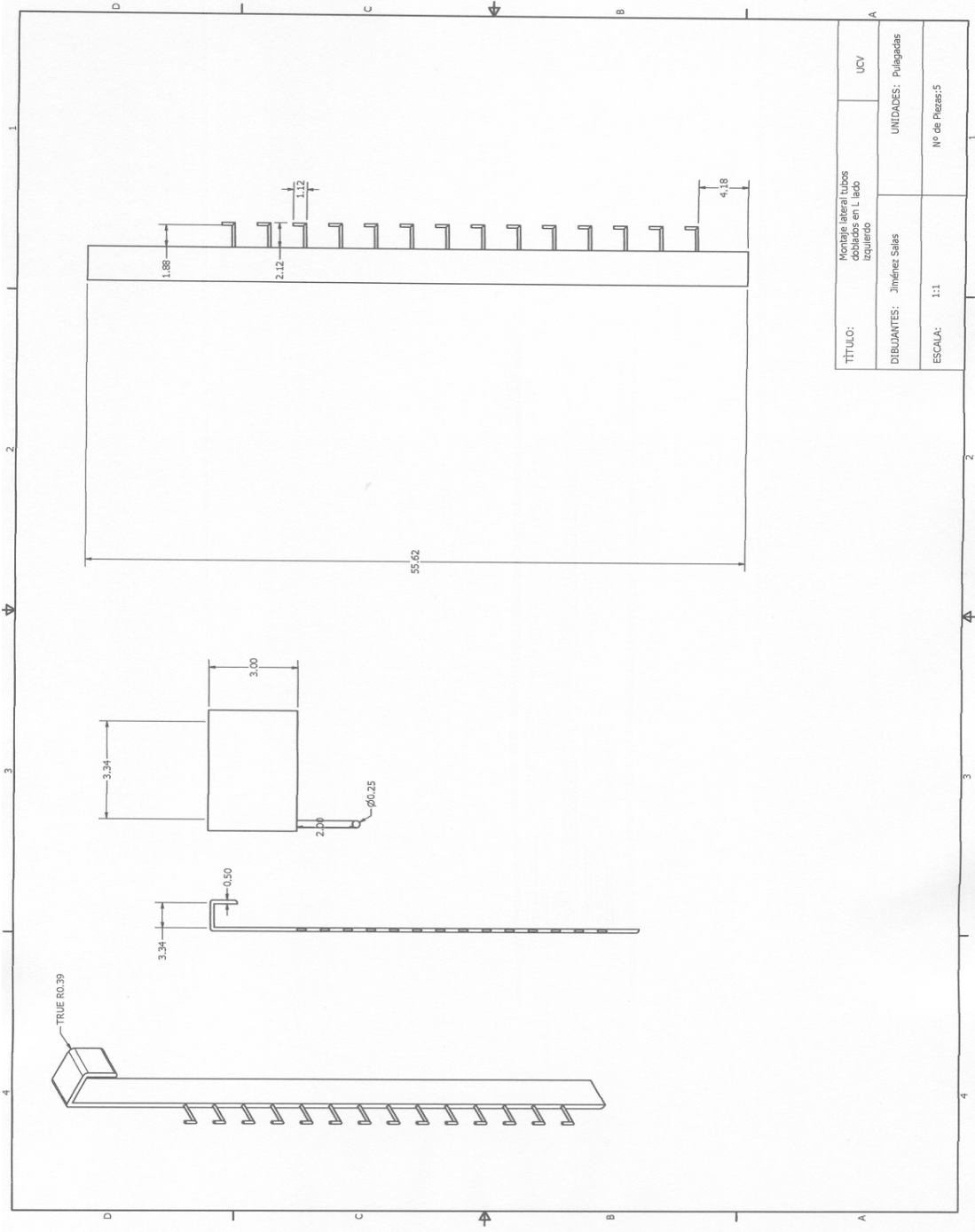


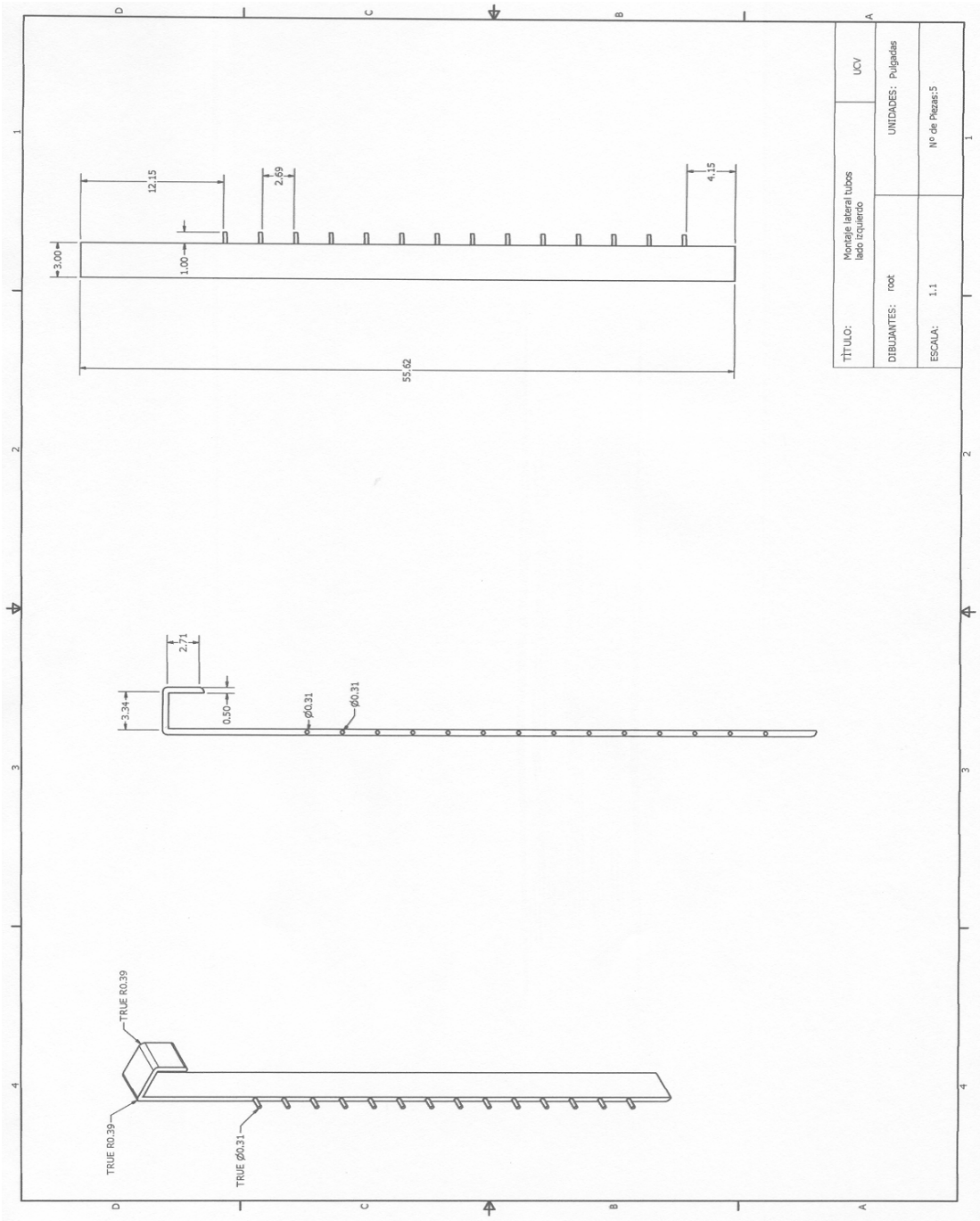
TÍTULO:	Montaje lateral derecho	UCV
DIBUJANTES:	Jiménez Salas	UNIDADES: Pulgadas
ESCALA:	1:1	Nº de Piezas:

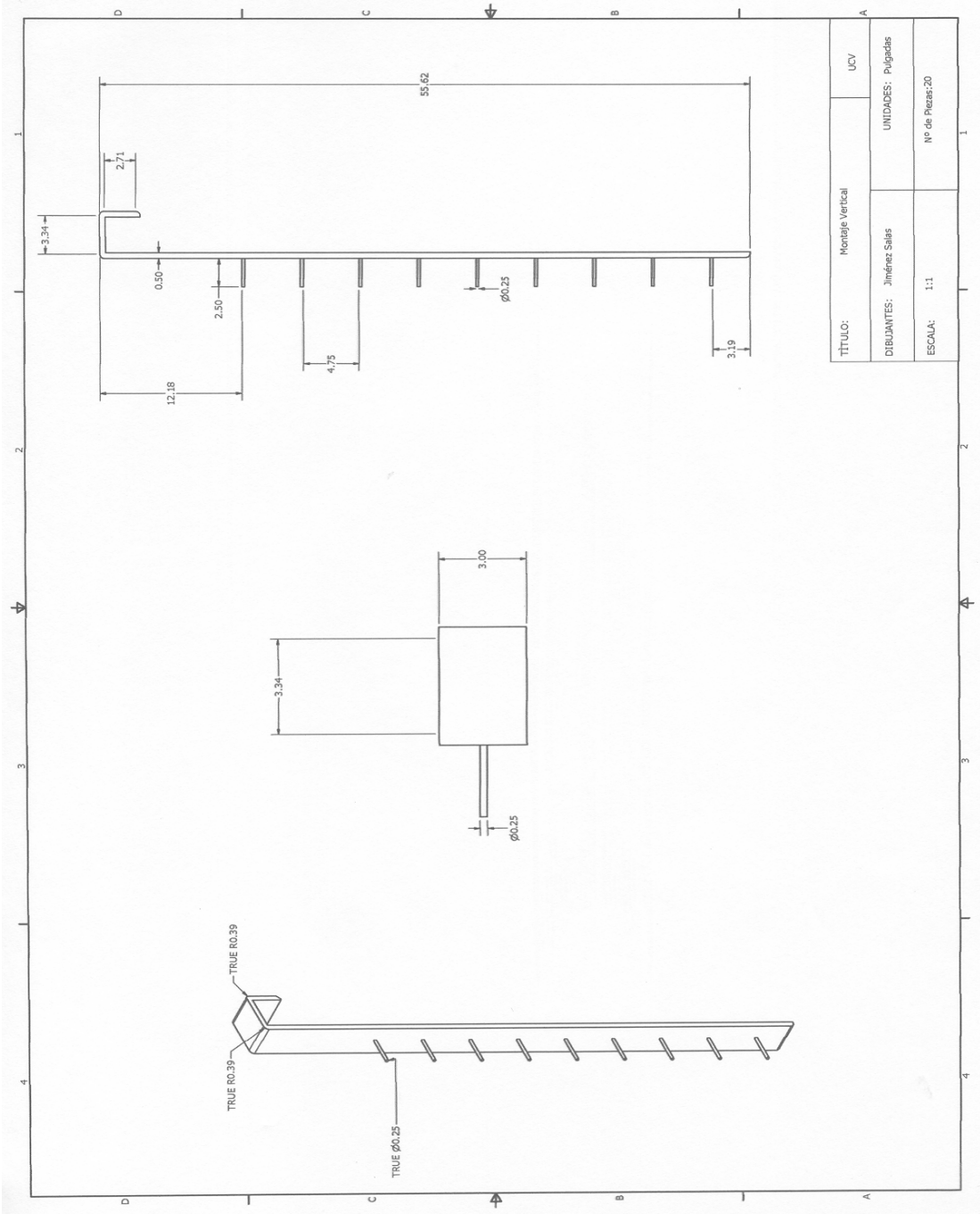


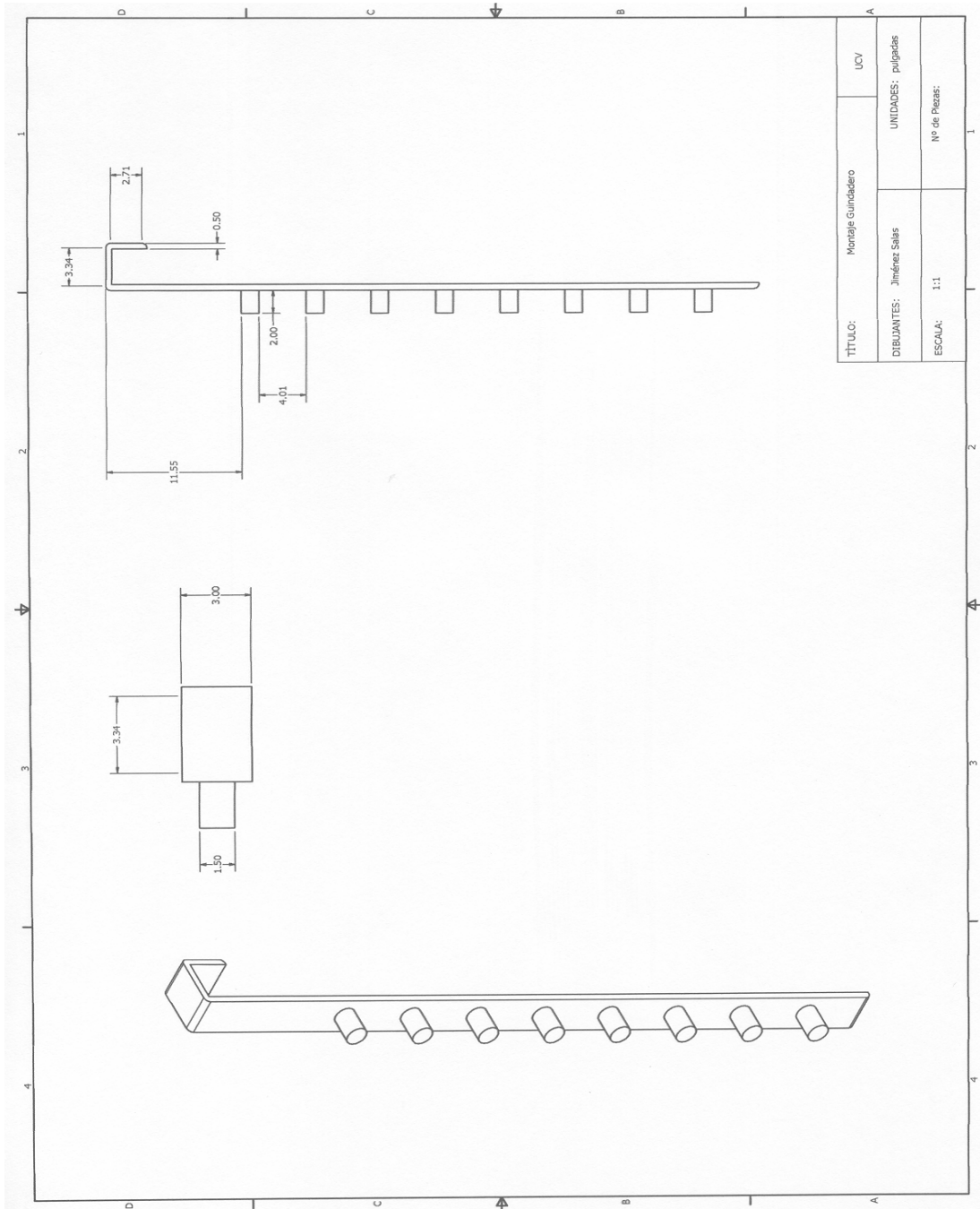




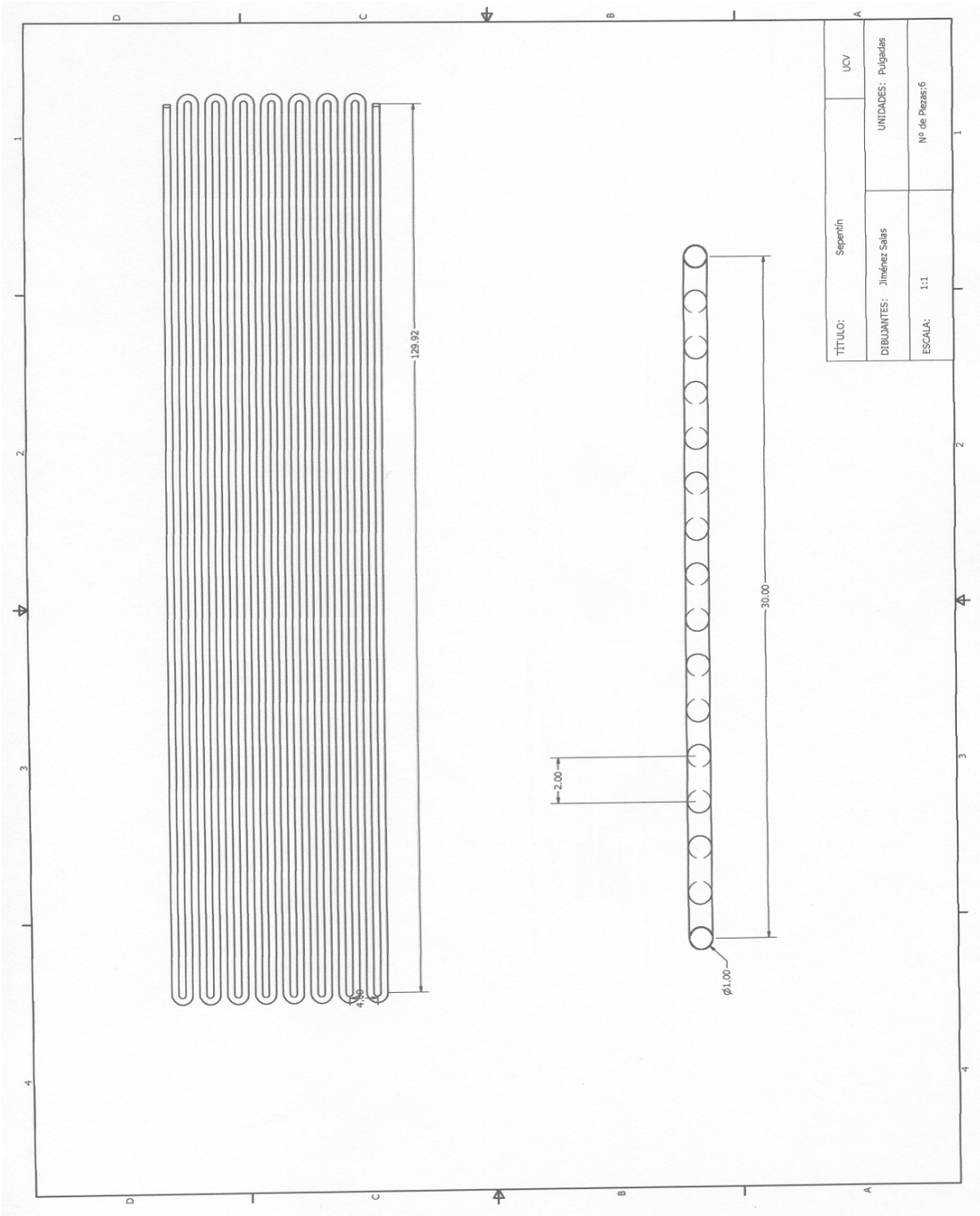








APÉNDICE C.5
SERPENTÍN



APÉNDICE D

APÉNDICE D.1

Tabla N°1 Requerimientos de Espacio para el área de recepción de Piezas.

Elemento	Espacio(m²)
Área de recepción de piezas	7
TOTAL	7

FUENTE: Cálculos Propios

Tabla N°2 Requerimientos de Espacio para el Área de Embarque, Desembarque y Secado de Piezas.

Elemento	Espacio(m²)
Área de la estructura utilizada para el embarque, desembarque y secado de pieza	17
Espacio para maniobrar las piezas en el área de embarque, desembarque y secado de Piezas	2
TOTAL	19

FUENTE: Cálculos Propios

Tabla N°3 Requerimientos de Espacio para el Área de Tanques para los baños necesarios durante el proceso de anodizado.

Elemento	Espacio(m²)
Área de tanques	28
Separación entre tanque y tanque	2
Área antes del primer tanque y después del último según la normativa	3
TOTAL	33

FUENTE: Cálculos Propios

Tabla N° 4 Requerimientos de Espacio para el Área de Sistema de Calentamiento.

Elemento	Espacio(m²)
(2) Área entre pared y calentador	2,5
Área entre centro de calentadores	1,5
TOTAL	4

Fuente: Cálculos Propios

Tabla N° 5 Requerimientos de Espacio para el Área de Enfriamiento.

Elemento	Espacio(m²)
Espacio requerido por el sistema de enfriamiento(Chiller)	1
Espacio para maniobrar el sistema de enfriamiento (según normativa de seguridad)	3
TOTAL	4

Fuente: Cálculos Propios

Tabla N° 6 Requerimientos de Espacio para el Área de Supervisión del Proceso.

Elementos	Espacio(m²)
Área de Pasarela de supervisión	18
Área de pasillos, manejo de material y vías de escape	9
TOTAL	27

Fuente: Cálculos Propios

Tabla N° 7 Requerimientos de Espacio Para el Área de Suministro de Energía.

Elemento	Espacio(m²)
Espacio Requerido por el Rectificador de Corriente	1
Área requerida alrededor del Rectificador de Corriente	21
TOTAL	22

Fuente: Cálculos Propios

Tabla N° 8 Requerimientos de Espacio de La Zona de Tuberías

Elemento	Espacio(m²)
Zona de Tuberías	28
TOTAL	28

Fuente: Cálculos Propios

Tabla N° 9 Requerimientos de Espacio para el Almacén de Insumos

Elemento	Espacio(m²)
Almacén de Insumos	23
TOTAL	23

Fuente: Cálculos Propios

Tabla N° 10 Requerimientos de espacio para la planta de tratamiento de agua

Elemento	Espacio(m²)
Sedimentador Vertical	2.41
Lechos de secado	0.01
Tanque de neutralización	2.08
TOTAL	4.5

Fuente: Cálculos Propios

APÉNDICE E

APÉNDICE E.1

Tabla N° 1: Costos de los Tanques de pre y post tratamiento del anodizado y Tanque de anodizado

TANQUES DE PRE Y POST TRATAMIENTO DEL ANODIZADO Y TANQUE DE ANODIZADO					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
1	Laminas de acero de 1210x3400x5 mm (a razón de 3 por tanques)	27	376000	10152000	Prometalca
2	Laminas de acero de 1210x4200x5 mm	3	464000	1392000	Prometalca
3	Angulo de lados iguales 5X5X1/2 in de 12m de longitud	10	257000	2570000	Prometalca
4	Tubería estructural rectangular 6x4x1/4 in de 12m de largo	15	354000	5310000	Maploca
5	Vigas acanaladas 5x5x1-3/4 in de 12m de largo	4	976000	3904000	Maploca
6	Bloques de concreto pesado 3H talla 40x15x20 cm	90	1300	117000	Piovesan
	Armar los nueve tanques (soldadura)	9	1000000	9000000	ACASI
TOTAL				32445000	

Tabla N° 2: Costos de los Accesorios para el tanque de anodizado

ACCESORIOS PARA EL TANQUE DE ANODIZADO					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
7	Pletina de aluminio de 4 in por 1/4 de espesor con 6,10m de largo	2	170000	340000	Indalca
8	Pletina de aluminio de 3 in por 1/4 de espesor con 6,10 m de largo	17	123000	2091000	Indalca
9	Laminas de plomo	9	590000	5310000	Ferretería Caracas
10	Tornillos de cabeza hexagonal 304 UNC de 5/16 in de diámetro con 3/4 in de largo	100	1109	110900	Tornillos El Capitán
11	Tornillos de cabeza hexagonal 304 UNC de 5/16 in de diámetro con 2 in de largo	20	2206	44120	Tornillos El Capitán
12	Tornillos de cabeza hexagonal 304 UNC de 5/16 in de diámetro con 2 1/2 in de largo	160	2781	444960	Tornillos El Capitán
13	Tornillos de cabeza hexagonal 304 UNC de 5/16 in de diámetro con 3 1/2 in de largo	50	3857	192850	Tornillos El Capitán
14	Tuercas de cabeza hexagonal 304UNC de 5/16 in de diámetro	330	474	156420	Tornillos El Capitán
15	Arandela plana 304 UNC de 5/16 in de diámetro	330	193	63690	Tornillos El Capitán
16	Arandela plana aislante de neopreno de 12 14 in de diámetro	10	100	1000	Ferrefast
17	Lamina MDF (aislante) 1,22 x 2,44 m de 15 mm de espesor	1	50000	50000	Ferretería Caracas
18	Revestimiento en fibra de vidrio	9	1300000	11700000	Servi tanques
			TOTAL	20504940	

Tabla N° 3: Costos del Soporte de montajes de piezas

SOPORTE DE MONTAJES DE PIEZAS					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
19	Pletinas de 3 in x 1/2 de espesor con 6,10m de largo	6	251000	1506000	Indalca
20	Tubería estructural rectangular 3in x 1 in x 0,62 in de 6,10m de largo	6	65000	390000	Proalvalca
21	Barra maciza de aluminio con diámetro igual a 1/2 in	1	32500	32500	Empresas La Cruz Álvarez
			TOTAL	1928500	

Tabla N° 4: Costos de Montaje de piezas

MONTAJES DE PIEZAS					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
22	Pletina de aluminio de 2 in de 1/4 in de espesor con 6,10m de largo	10	76000	760000	Indalca
23	Pletina de aluminio de 3 in con 1/4 in de espesor de 6,10m de largo	20	123000	2460000	Indalca
24	Pletina de aluminio de 4 in por 1/4 de espesor con 6,10m de largo	10	170000	1700000	Indalca
25	Barra maciza de aluminio con diámetro igual a 1/4 in con 6,10m de largo	11	7500	82500	Empresa La Cruz Álvarez
26	Barra maciza de aluminio con diámetro igual a 5/16 in con 6,10m de largo	3	9530	28590	Empresa La Cruz Álvarez
27	Barra maciza de aluminio con diámetro igual a 1-1/2 in con 3m de largo	1	129000	129000	Empresa La Cruz Álvarez
			TOTAL	5160090	

Tabla N° 5: Costos de los sistemas de tuberías

SISTEMA DE TUBERÍA					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
28	Tubería de acero al carbono Schedule 40 sin costura de 1 in de diámetro con 6,4m de largo	8	130000	1040000	StainlessSteel
29	Tubería de acero inoxidable Schedule 40 sin costura de 1 in de diámetro con 6,1m de largo	6	298900	1793400	StainlessSteel
30	Válvulas check en acero inoxidable de 1 in de diámetro roscada	4	79000	316000	StainlessSteel
31	Válvulas Globo en acero inoxidable de 1 in de diámetro roscada	12	49000	588000	StainlessSteel
32	Válvulas compuerta en acero inoxidable de 1 in de diámetro roscada	15	93000	1395000	StainlessSteel
33	Codos radio corto 90° en acero inoxidable de 1 in de diámetro	30	23000	690000	StainlessSteel
34	Codos radio corto 90° en acero al carbono de 1 in de diámetro	55	93000	5115000	Comtubyco
35	Te de acero de 1 in de diámetro roscada	20	31000	620000	Tuboacero
36	Tanques hidroneumáticos de 460 L, una bomba de 3Hp	2	1335000	2670000	Hidráulica Ebro
			TOTAL	14227400	

Tabla N° 6: Costos de los equipos para el enfriamiento del electrolito

EQUIPOS PARA EL ENFRIAMIENTO DEL ELECTROLITO					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
37	Chiller de 30 Tr, multizona Carrier de 220 a 420 V	1	53500000	53500000	Conaire
38	Serpentín en acero inoxidable de 1 in de diámetro con una longitud total de tubo de 52,8m	2	7929065	15858130	Industria Metalmecánica Girón
39	Barra maciza de acero inoxidable de 1/2 in de diámetro para el soporte de los serpentines	1	123760	123760	StainlessSteel
40	Bomba para el sistema de enfriamiento de 0,75 Hp	1	474240	474240	Hidrocaven
			TOTAL	69956130	

Tabla N° 7: Costos de los equipos para el calentamiento de los tanques de desengrase y de decapado

EQUIPOS PARA EL CALENTAMIENTO DE LOS TANQUES DE DESENGRASE Y DECAPADO					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
41	Calentador a gas de 30 Gal	2	1060000	2120000	La Casa del Calentador
42	Serpentín en acero inoxidable de 1 in de diámetro con una longitud total de tubo de 52,8m	4	7929065	31716260	Industria Metalmecánica Girón
43	Barra maciza de acero inoxidable de 1/2 in de diámetro para el soporte de los serpentines	2	123760	247520	Stainless Steel
44	Bomba para el sistema de calentamiento de 0,75 Hp	1	474240	474240	Hidrocaven
			TOTAL	34558020	

Tabla N° 8 Costo de equipo para introducir la corriente durante el proceso de anodizado

EQUIPO PARA INTRODUCIR LA CORRIENTE DURANTE EL PROCESO DE ANODIZADO					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
45	Rectificador de corriente de 4500 A y 18V (ajustables estos valores)	1	38715060	38715060	Galvanotecnia- Capel
46	Cuadro de mandos a distancia	1	750670	750670	Galvanotecnia- Capel
			TOTAL	39465730	

Tabla N° 9 Costo de equipos extractores de aire

EQUIPOS DE EXTRACCIÓN DE GASES					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
47	Extractores de aire de 12 in de diámetro de 110 V	2	281190	562380	CELCA
			TOTAL	562380	

Tabla N° 10 Costos del Sistema de traslado de piezas

SISTEMA DE TRASLADO DE LAS PIEZAS POR TODOS LOS TANQUES					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
48	Puente grúa colgante con 2 polipastos de 500 Kg c/u luz de 4m y elevación de 4m	1	43000000	43000000	Gamat
			TOTAL	43000000	

Tabla N° 11 Costos de estructuras metálicas

ESTRUCTURAS METALICAS					
Estructura para el montaje y desmontaje de piezas					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
49	Tubería rectangular hueca de 110 x 110 x 3,40 mm de 12m de largo	3	458000	1374000	Maploca
	Mano de obra, 1 maestro de obra, 1 montador, 1 soldador y ayudante	3	100000	300000	Colegio de Ingenieros de Venezuela
			TOTAL	1674000	
Vía de acceso a los tanques					
50	Laminas estriadas 2,44 x 1,22 de 1 mm de espesor para el andén	5	182400	912000	Alinca
51	Tubería rectangular hueca de 110 x 110 x 3,40 mm de 12m de largo	5	458000	2290000	Maploca
52	Vigas acanaladas 5x5x1-3/4 in de 12m de largo	5	975000	4875000	Maploca
53	Mano de obra, 1 maestro de obra, 1 montador, 1 soldador y ayudante	5	100000	500000	Colegio de Ingenieros de Venezuela
			TOTAL	8577000	

Tabla N° 12 Costo de Planta de tratamiento de agua

EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AGUA					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
54	Planta de tratamiento de agua residuales	1	223172100	223172100	APCA
			TOTAL	223172100	

Tabla N° 13 Costo de Agitador manual

AGITADOR MANUAL					
N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario Bs	Costo Total Bs	PROVEEDOR
	Paleta agitadora	1	523760	523760	ACASI
TOTAL				523760	

APÉNDICE E.2

Tabla N° 14 Capital de Trabajo

Concepto	Costo Bs.
Materia Prima	24.677.147
Energía Eléctrica	3.700.000
Agua	50.448
Combustible	3.290.000
Mano de Obra	3.931.200
Arrendamiento del Galpón	1.390.000
Total	49.548.795

APÉNDICE E.3

Tabla N° 15 Costos de Financiamiento

Costos de Financiamiento				
AÑO	SALDO	COSTO CAPITAL Bs	COSTO DE INTERES Bs	COSTO TOTAL Bs
1	470.400.000	94.080.000	42.336.000	136.416.000
2	376.320.000	94.080.000	33.868.800	127.948.800
3	282.240.000	94.080.000	25.401.600	119.481.600
4	188.160.000	94.080.000	16.934.400	111.014.400
5	94.080.000	94.080.000	8.467.200	102.547.200

ANEXOS

ANEXO.1 Cotización del chiller

Yahoo! Mail - mafer_jg@yahoo.com Página 1 de 2

[Yahoo!](#) [My Yahoo!](#) [Mail](#) [Make Y! your home page](#)
Search: [Web Search](#)

YAHOO! MAIL Welcome, **mafer_jg**
[[Sign Out](#), [My Account](#)]
[Mail Home](#) - [Mail Tutorials](#) - [Help](#)

WANT TO LIVE AND WORK in the USA

[Mail](#) | [Addresses](#) | [Calendar](#) | [Notepad](#) [Upgrades - Options](#)

[Check Mail](#) | [Compose](#) [Search Mail](#) | [Search the Web](#)

Vonage: 1 Free Month & Router

Mail Accounts

acasi.com
yahoo.com

Folders [\[Add - Edit\]](#)

Inbox (9)
Draft
Sent
Bulk [Empty]
Trash [Empty]

Search Shortcuts

[My Photos](#)
[My Attachments](#)

See your credit score: \$0

What's New at Yahoo! Finance

Norton Internet Security: \$20 off

Degrees in as fast as 1 year

[Previous](#) | [Next](#) | [Back to Messages](#)

[Delete](#) | [Reply](#) | [Forward](#) | [Spam](#) | [Move...](#)

This message is not flagged. [[Flag Message](#) - [Mark as Unread](#)] [Printable View](#)

From: "Roberto Bienes" <bienes@conaire.com> [Add to Address Book](#) [Add Mobile Alert](#)
To: "Mariafernanda Jime" <mafer_jg@yahoo.com>
Subject: RE: Cotización de Chiller
Date: Tue, 31 Oct 2006 17:32:14 -0400

LE COTIZO:

Chiller MULTIZONA/CARRIER con condensacion por aire, 2 circuitos de 15 Ton c/u (total 30 Ton/R) 220/440 Volt. Intercambiador Tubo y Coraza.

Bs..... 46.715.000 + IVA

Entrega: 45 dias

Garantia: 1 año.

Forma de pago: 50 % con su O/C saldo a la entrega.

Roberto Bienes
0414 3860144
bienes@conaire.com

De: Mariafernanda Jime [mailto:mafer_jg@yahoo.com]
Enviado el: martes, 31 de octubre de 2006 16:06
Para: bienes@conaire.com
Asunto: Cotización de Chiller

Buenas señorr Bienes Mi nombre es Mariafernanda Jiménez nuestra empresa ACASI Machinery está interesada en un chiller de 30 toneladas de refrigeración enfrido por aire. Este chiller lo utilizaremos par enfriar un tanque que contiene una sustancia ácida, este tanque será enfrido por medio de un serpetin que contiene agua y esa agua es la que será enfriada por el chiller. Este chiller será utilizado en un proceso de anodizado. Espero recibir lo más pronto posible su cotización atentamente Mariafernanda jiménez.

[Check out the New Yahoo! Mail](#) - Fire up a more powerful email and get things done faster.

[Delete](#) | [Reply](#) | [Forward](#) | [Spam](#) | [Move...](#)

[Previous](#) | [Next](#) | [Back to Messages](#) [Save Message Text](#) | [Full Headers](#)

http://us.f322.mail.yahoo.com/ym/ShowLetter?MsgId=5083_24461564_29509_2047_16... 30/09/2006

ANEXO.2 Cotización de los extractores


Yahoo! Mail - mariaf@acasi.com

Página 1 de 1

Hola buenos días, anexo lista de precios en la hoja de refrigeración aparecen los extractores, sin más que agregar, esperando su orden de compra les saluda.

Econ. Alexandra Castro
Supervisor de Ventas
CELCA - Valencia
mercadeo@celca.com.ve
(0241) 831-2773 / 3311

http://b6.mail.yahoo.com/ym/acasi.com/ShowLetter?MsgId=8918_363880_2905_1772_9... 30/09/2006



25/04/2006

VENTILADORES y/o EXTRACTORES de AIRE
 Incluyen: Caja Metálica, Rejilla Protectora, Aspa, Motor de 1550 Rpm

Motor McMILLAN Importado

MODELO		PRECIO Bs.
6"	110VAC	171.470,00
8"	110VAC	186.550,00
10"	110VAC	230.180,00
12"	110VAC	281.190,00
12"	220VAC	294.170,00

* Precios No incluyen IVA.
 * Precios sujetos a cambios sin previo aviso.

1/1 Fax (0241) 831-3311
Telf. (0241) 831-2773 / 831-3311

ANEXO.3 Cotización de la Planta de tratamiento de agua



Planta de Tratamiento de Efluentes para Planta de Anodizado de Aluminio

ACASI

Oferta No.: EI.1006043



Att : María Fernanda Jimenez
Tif: (0416) 729.16.32
Fecha: 30 de Octubre de 2006

APCA • VENEZUELA • Final Ave. Inter Guarenas-Guatire • Parcelamiento Ind. Las Terrazas, No. 20 • Guatire
Mailto: info@apca.com.ve • Web: www.apca.com.ve • teléfonos : (58-212) 341.14.32/341.20.83 • fax: (58-212)344.81.89



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

CONTENIDO

1	RESUMEN DE LA PROPUESTA.....	3
1.1	ALCANCE DE LA PROPUESTA	4
1.1.1	DISEÑO	4
1.1.2	INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE.....	5
1.1.3	PROCURA.....	6
1.1.4	SUMINISTRO DE EQUIPOS.....	6
1.1.5	ELECTRICIDAD E INSTRUMENTACIÓN.....	7
1.1.6	MONTAJE ELECTRO-MECÁNICO.....	8
1.1.7	INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....	8
1.2	SISTEMA DE PINTURA	9
1.3	ESTÁNDARES DE INGENIERÍA	10
2	EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	11
2.1	EQUIPO DEL PROYECTO	11
2.2	SEGURIDAD DE LA CALIDAD	11
2.3	PLAN DE TRABAJO	12
3	OFERTA COMERCIAL.....	13

**Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio****1 RESUMEN DE LA PROPUESTA**

A continuación estamos haciendo entrega de nuestra propuesta técnico-comercial para la Ingeniería, Procura, Fabricación, Suministro, Instalación y Puesta en Marcha de una Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales. La planta ha sido diseñada en función de la información suministrada por el cliente, los efluentes principales se generan una vez cada tres meses y un volumen total de 30000 lts.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.1 Alcance de la Propuesta

Tal como se indico anteriormente, el alcance general del proyecto será el desarrollo de la Ingeniería, Procura, Fabricación, Suministro, Instalación y Puesta en Marcha, de una Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales.

NO FORMA PARTA DEL ALCANCE DE ESTA OFERTA LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- El cliente será el encargado del suministro e instalación de la tubería de alimentación y la tanquilla de bombeo para la planta de tratamiento, así como la tubería de descarga hasta la disposición final del efluente tratado.
- El cliente deberá construir una fosa de concreto de una capacidad de 30.000 lts
- El cliente deberá suministrar la alimentación eléctrica de 110V, 220 3 F, hasta la Planta de Tratamiento.
- El cliente deberá construir una losa de concreto armado para el soporte de la PTAR.
- Esta oferta NO incluye la construcción de una cerca perimetral para restringir el acceso al área de la planta.

1.1.1 Diseño

Dentro de nuestro alcance se encuentra el diseño total de la Planta de Tratamiento el cual contempla, la ingeniería de procesos, ingeniería mecánica, tuberías, instrumentación, electricidad y todas las especificaciones para la ejecución del proyecto Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales.

Hemos tomado como premisas para el diseño los siguientes puntos:

- 1.- No se dispone del análisis de los efluentes. El cual deberá realizarse en fecha posterior
- 2.- El sistema de anodizado está compuesto por 9 tanques de 2810 lts cada uno. De los cuales 4 son de agua, tres de ácido y uno de soda cáustica.
- 3.-La descarga de los tanques ocurre una vez cada tres meses.
- 4.- Suponemos que diariamente se descarga agua del salpique o derrames al trasladar las piezas de tanque a tanque.
- 5.- Suponemos que aparte de la neutralización y posibles sólidos suspendidos el aluminio es el único metal a ser retirado.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.1.2 Ingeniería Básica y de Detalle

El alcance de la Ingeniería contempla la elaboración de planos y documentos necesarios para el diseño de la Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales.

Entre los planos y documentos a ser elaborados se encuentran los siguientes:

- Diagrama de Flujo del Proceso DFP
- Diagrama de Tuberías e Instrumentación DTI
- Memoria Descriptiva
- Memoria de Cálculos
- Planos de Arreglo General de Equipos
- Ruteo de Tuberías
- Planos de Detalles de los equipos
- Planos de estructuras soportes, plataformas y escaleras
- Diagramas de Fuerza
- Diagramas de Control
- Plano de Detalles del Tablero de Control
- Hojas de Datos de los Equipos
- Hojas de Datos de Instrumentos
- Manual de Operación y Mantenimiento



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.1.3 Procura

Abarca todos los trabajos relacionados a la Procura de equipos y materiales requeridos para la construcción de la Planta de Tratamiento, incluye toda la gestión de seguimiento y planificación de compras.

1.1.4 Suministro de Equipos

Se suministrarán los equipos descritos a continuación:

- Una (01) Rejilla de Desbaste
- Dos (02) Sopladores de 3 Hp cu para la agitación y homogenización de las aguas
- Un (01) Difusor de burbuja gruesa construido en PVC, FRP y acero galvanizado.
- Un dosificador de soda cáustica constituido por una bomba Advance o similar, tanque de polietileno y un controlador de pH
- Un dosificador de arcilla constituido por una bomba Advance o similar especial para slurrys, tanque de polietileno y agitador. Se suministrará un mezclador estático de $\frac{3}{4}$ pulgada.
- Dos (02) Bombas Centrifugas con una capacidad de 1 mts. cúbico por hora
- Un (01) Sedimentador vertical APCA, de 1750 mm de diámetro y 3500 mm de altura.
- Dos (02) Lechos de Secado de 1.20 mm de ancho y 4800 mm de largo
- Un (01) Tanque de neutralización de 1530 mm de diámetro y 1200 mm de altura cilíndrica con su agitador.
- Un dosificador de ácido sulfúrico constituido por una bomba Advance o similar, tanque de polietileno y un controlador de pH
- Un (01) Tablero de Control para el funcionamiento de la planta



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.1.5 Electricidad e Instrumentación

Se suministrará un tablero de control NEMA 4X donde cada motor tendrá su protección, mediante un breaker selector de tres posiciones, luces indicadoras y programado para la alternancia de los sopladores.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.1.6 Montaje Electro-Mecánico

El alcance de los trabajos a ser realizados para el Montaje Electro-Mecánico, incluye las siguientes actividades:

- ✓ Montaje e Instalación de todos los equipos, accesorios e instrumentos.
- ✓ Instalación del Tablero de Control
- ✓ Colocación de Tuberías, Válvulas y Accesorios (dentro del skid)
- ✓ Canalizaciones eléctricas y de instrumentación (dentro del skid)
- ✓ Toda aquella actividad requerida para el Montaje de los equipos

1.1.7 Instalación y Puesta en Marcha

Todos los trabajos de Instalación y Puesta en Marcha de la Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales correspondiente al proyecto.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.2 Sistema de Pintura

Todos los equipos y recipientes serán construidos en acero al carbono recubiertos bajo el siguiente sistema de pintura:

Superficies Interiores (en contacto con el agua)

Preparación de la superficie:	Limpieza mediante abrasivo a metal blanco.
Primera Capa:	Brea-Epoxy 2-3 mils.
Segunda Capa:	Brea-Epoxy 2-3 mils.
Recubrimiento Total:	4-6 mils.

Superficies Exteriores

Preparación de la superficie:	Limpieza mediante abrasivo a metal blanco.
Primera Capa:	Zinc Inorgánico 1 mils.
Segunda Capa:	Epoxy 2 mils.
Tercera Capa:	Esmalte – Epoxy 2 mils.
Recubrimiento Total:	5 mils.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

1.3 Estándares de Ingeniería

Los siguientes estándares y códigos de práctica serán usados y aplicados para el diseño e instalación del sistema de tratamiento de agua:

1. Mecánicos.

- ASME American Society of Mechanical Engineering
- ANSI American National Standards Institute
- ASTM American Society of Testing & Materials
- AWWA American Water Works Association
- NSF National Sanitation Foundation
- HYD Hydraulic Institute of Standard (pumps)
- AISC American Institute of Steel Construction (skids)
- UBC Uniform Building Code

2. Eléctricos

- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- NEMA National Electrical Manufacturers Association
- ISA-S5.1 Instrument Society of America – Instrumentation Symbols and Identification



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

2 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Las siguientes secciones resumen los procedimientos generales para la ejecución del proyecto desde la adjudicación del contrato para la terminación del proyecto.

2.1 Equipo del Proyecto

Una vez se adjudique el contrato para el sistema de tratamiento de agua, un equipo de ingenieros es creado para asegurar que el proyecto sea llevado en una manera eficiente y de alta calidad. El equipo del proyecto es un grupo de individuos con áreas específicas de conocimientos según los requiera para cubrir todos los aspectos técnicos y no-técnicos del proyecto. Las funciones específicas son asignadas para cada miembro, de acuerdo con su experiencia. Reuniones regulares y comunicaciones entre miembros del equipo de proyecto permite responder proactivamente a cambios en el proyecto o problemas potenciales.

El equipo del proyecto es liderado por un gerente de proyecto, quien esta a cargo de coordinar y facilitar la ejecución del proyecto. Funciones típicas en el equipo del proyecto incluyen: ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, dibujos, control de documentos, contabilidad, fabricación, realización, servicio de campo, control de calidad, seguridad y operaciones. Los miembros del equipo del proyecto permanecen típicamente a través de todo el proyecto.

2.2 Seguridad de la Calidad

APCA esta comprometida con los principios de la Gerencia Total de Calidad (TQM), para asegurar que todo el equipo, materiales y documentos suministrados sean de la más alta calidad. Así mismo APCA se encuentra en el proceso para la obtención de su certificado ISO 9001 :2000, símbolo de calidad de sus productos y servicios.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

2.3 Plan de Trabajo

Una vez recibida la orden, se iniciará la ejecución de la Ingeniería Básica y de Detalles.

Se entregarán en primer término los Diagramas de Tuberías e Instrumentación así como los Arreglos Generales de Equipos, posteriormente se continuará con la generación del resto de documentos y planos entregados en esta oferta.

Una vez aprobados los planos de fabricación, se dará inicio a los trabajos de fabricación en taller así como la procura de los equipos y materiales.

APCA, posee la ventaja de poseer sus propios talleres. El Cliente podrá visitar las instalaciones del taller para inspeccionar el avance en la fabricación de los equipos, así como durante la realización de las pruebas en taller.

Una vez completamente montados, instalado y probados los equipos se procederá a su despachó.

Una vez en sitio se dará inicio a los trabajos de instalación electromecánica, de todos los equipos y componentes de la planta. Para una vez culminados estos trabajos comenzar las pruebas de funcionamiento y la Puesta en Marcha.



Planta de Tratamiento de Efluentes de una Planta de Anodizado de Aluminio

3 OFERTA COMERCIAL

1. Precio Bs.: **195.765.000,00 Bs.**

Nota: Los precios aquí indicados no incluyen IVA.

2. Tiempo de ejecución: 6-8 semanas

3. Condiciones de pago:
40 % Con su orden de compra
10 % con la entrega de la Ingeniería
20 % Con la Fabricación del Sedimentador
25 % Con la entrega de los equipos
05 % Con la instalación

4. Garantías: 12 meses después del arranque de los equipos o
18 meses a partir de la entrega de los equipos.

5. Validez de la Oferta: 30 días.



Ing. Julio Castro Belío
Presidente

ANEXO.4 Cotización del Puente grúa

Yahoo! Mail - mariaf@acasi.com

Página 1 de 1

Buenas tardes Maria Fernanda, anexo puedes encontrar un plano dimensional de un puente grua COLGANTE con dos polipastos de 500 Kg cada uno, Luz de 4 mts y elevacion de 4 mts tambien.
La distancia entre los ganchos del plano es referencial, se pueden colocar a 3.4 mts entre ellos, y dejarlos inmóviles los carros, de manera de que siempre tengan 3.4 mts.

Los polipastos por la capacidad son de cadena (Ver catalogo)

Los datos basicos del puente grua sería:

Puente grua colgante de 2 x 500 kg (1.000 Kg)

Luz 4.000 mm

Recorrido del gancho 4 mts

Cada polipasto es para 500 Kg

Clasificacion de servicio FEM 2m

Velocidad rapida de elevacion 5 m/min

Velocidad lenta de elevacion 1.2 m/min

Velocidad de traslacion del puente 32 m/min con control por variador de frecuencia (SIN ETAPAS)

Voltaje 460 V / 60 Hz / 3 F

Precio del puente grua estimado US\$ 20.000 / CADA PUENTE GRUA COMPLETO

Todos los componentes son para ambiente 100% normal.

En este caso los polipastos tienen su carro, de manera de que si en algun momento se necesitan mover y aumentar/disminuir la distancia entre ellos, se pueda hacer. Si retiramos ambos carro y fijamos los polipastos a la viga, la reduccion en el precio podría ser aprox US\$ 4.000.

Te recuerdo que son montos estimados y te agradezco me mantengas al tanto de lo que decidan y para cuando solicitarian oferta formal.

Saludos

P / GAMAT

Francisco Páez

Tlf (58 + 212) 7316509 / 7310073

Fax (58 + 212) 7313860

Cel (58 + 414) 1250927

http://b6.mail.yahoo.com/ym/acasi.com/ShowLetter?MsgId=5581_1058564_49909_1841... 30/09/2006

ANEXO.5 Cotización de Rectificador



C/Cobalto N°8, Nave 14
Polígono Industrial "San Cristóbal"
Teléfono: 00 34 983 21 81 13
Fax: 00 34 983 21 81 14
e-mail: calvarez@capelsa.es
47012 - VALLADOLID

ACASI.
A/A Srta. María Fernanda JIMENEZ
DPTO.

VENEZUELA

VALLADOLID: 19 de Septiembre de 2.006

OFERTA N°: 22.711-1

ASUNTO: RECTIFICADOR GALVANOTECNIA 18 V/ 4.500 A.

CLIENTE: ACASI

VALIDEZ: 1 MES

PLAZO DE ENTREGA: 30 DIAS, A PARTIR RECEPCIÓN DE PEDIDO

**EXCLUIDO: I.V.A. VIGENTE, INSTALACIÓN
Y LO NO ESPECIFICADO EXPRESAMENTE EN DICHA OFERTA**

OBSERVACIONES: *C.A.P.E.L.,S.A., hasta tanto en cuanto no haya recibido o en su caso satisfecho el comprador, el precio estipulado, se reserva el derecho en propiedad del equipo objeto de la presente oferta.*

FORMA DE PAGO: 100% AL PEDIDO CONTADO (TRANSFERENCIA BANCARIA)

ATENTAMENTE:



Componentes y Aplicaciones Electrónicas



C/Cobalto Nº8, Nave 14
 Polígono Industrial " San Cristóbal"
 Teléfono: 00 34 983 21 81 13
 Fax: 00 34 983 21 81 14
 e-mail: calvarez@capelsa.es
 47012 - VALLADOLID

La presente oferta contempla el suministro de 1 Rectificador, según descriptivo adjunto.

Num.		A	V	Dimensiones L x P x H mm
1	Rectificador de corriente, Galvanotecnia.	4.500	18	1.000 x 1.000 x 1800

1. Características

Alimentación: 3x240Vac 60Hz
 Tensión de salida: Ajustable 0-18Vdc
 Corriente de salida: Ajustable 0-4.500Adc
 Regulación: Tensión constante o intensidad de corriente constante
 Estabilización: 1%
 Transformador: De seguridad con clase de aislamiento F
 Regulación de Tensión: Tiristores
 Grupo rectificador: Puente exafásico a diodo.
 Refrigeración: Por aire forzado
 Rampa de salida tensión y de la corriente
 Control electrónico de las fases de alimentación
 Limitación automática de la corriente máxima suministrable

2. Mandos manuales

START
 STOP
 Regulación tensión/corriente
 Instrumentación

Cuadro de mando a distancia (opcional)

Fecha: 19/09/06

Oferta Nº: 22.711-1

Pág. 2



Componentes y Aplicaciones Electrónicas



C/Cobalto Nº8, Nave 14
 Polígono Industrial "San Cristóbal"
 Teléfono: 00 34 983 21 81 13
 Fax: 00 34 983 21 81 14
 e-mail: calvarez@capelsa.es
 47012 - VALLADOLID

3. Armario

Dimensiones: 1.000mm. x 1.000 mm. x 1800 mm.
 Protección: IP20
 Cuadro de mando a distancia (opcional)

4. Resumen económico de la oferta

Cant.		A	V	Precio/unidad
1	Rectificador de corriente, Galvanotecnia	4.500	18	14.286,00 €
1	Cuadro de mandos a distancia			277,00 €

Los precios son EXW Valladolid (España)

NOTAS:

NO SE INCLUYE EN EL PRECIO DEL RECTIFICADOR

- PUESTA EN MARCHA

Fecha: 19/09/06

Oferta Nº: 22.711-1

Pág. 3

ANEXO.6 Cotización de Recubrimiento de tanques

Yahoo! Mail - mariaf@acasi.com

Página 1 de 4



Caracas, 30 de Octubre de 2006

SEÑORES

Acasi-Maquinarias Repovenca.

Guarenas.-.

Att.: Lic. Maria Fernanda Jimenez.

Estimados Señores :

De acuerdo a lo conversado con Ustedes, a continuación les estamos presentando el pre revestimiento en fibra de vidrio (PRFV) de los tanques por Ustedes solicitados, ubicados es su planta d Miranda:

http://b6.mail.yahoo.com/ym/acasi.com/ShowLetter?MsgId=1733_6145451_716_1701_1... 30/09/2006

Yahoo! Mail - mariaf@acasi.com

Página 2 de 4

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO :

1. Aplicación interna de dos mantos de fibra de vidrio Mat-450 alternados con Resina bifenolica pa Desengrase-Decapado- Neutralizado y Anodizado.
2. Para los tanques de sellado (5 Tanques) aplicaremos dos mantos de fibra Mat-450 alternados con su superficie interna.
3. Acabado final para los tanques de sellado con pintura epoxica Gel-Coat blanco.

El tiempo de ejecución del trabajo es de unos cinco días en condiciones atmosféricas normales.

CONDICIONES Y PRECIOS

Tanques	Bs.	Total
9	1.300.000,00	11.7000.000,00

http://b6.mail.yahoo.com/ym/acasi.com/ShowLetter?MsgId=1733_6145451_716_1701_1... 30/09/2006

Yahoo! Mail - mariaf@acasi.com

Página 3 de 4

FORMA DE PAGO:

Las condiciones de pago son: 50% como anticipo al inicio del trabajo y 50% a la finalización. precios anteriores no incluyen el IVA de Ley.

Este presupuesto tiene una validez de 30 días..

Para su información nuestros números telefónicos en Caracas son: (0212) 9614060, Cel. 041- correo electrónico es servitanques@cantv.net.

Sin otro particular a que referimos, queda de Ustedes.

Atentamente

http://b6.mail.yahoo.com/ym/acasi.com/ShowLetter?MsgId=1733_6145451_716_1701_1... 30/09/2006

Yahoo! Mail - mariaf@acasi.com

Página 4 de 4

Diego Torres Galavis

Director

http://b6.mail.yahoo.com/ym/acasi.com/ShowLetter?MsgId=1733_6145451_716_1701_1... 30/09/2006