



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PISCINA DE
NIQUELADO CON RECIRCULACIÓN Y AGITACIÓN DEL
ELECTROLITO PARA MEJORAR EL ACABADO DE LA
ELECTRODEPOSICIÓN EN LA EMPRESA I.L.N.CIA. LTDA.”**

**AUTORES: FÉLIX LEONARDO GALLO CASTILLO
PATRICIO ROLANDO ICHINA MUQUINCHE**

**DIRECTOR: ING. ERNESTO SANTILLÁN
CODIRECTORA: ING. GEORGINA TIRADO**

LATACUNGA

2015

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACION

Que el trabajo titulado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UNA PISCINA DE NIQUELADO, CON RECIRCULACIÓN Y AGITACIÓN DEL ELECTROLITO PARA MEJORAR EL ACABADO DE LA ELECTRODEPOSICIÓN EN LA EMPRESA “I.L.N. CIA. LTDA.”** realizado por Félix Leonardo Gallo Castillo y Patricio Rolando Ichina Muquinche, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que aportará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: Félix Leonardo Gallo Castillo y Patricio Rolando Ichina Muquinche que lo entreguen a la Ing. Katia Torres, en calidad de Directora de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

Latacunga, Julio del 2015.

Ing. Ernesto Santillán
DIRECTOR

Ing. Georgina Tirado
CODIRECTORA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Félix Leonardo Gallo Castillo, y Patricio rolando Ichina Muquinche declaramos que este este trabajo de Titulación **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UNA PISCINA DE NIQUELADO, CON RECIRCULACIÓN Y AGITACIÓN DEL ELECTROLITO PARA MEJORAR EL ACABADO DE LA ELECTRODEPOSICIÓN EN LA EMPRESA “I.L.N. CIA. LTDA.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Agosto 2015

Félix Leonardo Gallo Castillo
C.C.: 1804032421

Patricio Rolando Ichina Muquinche
C.C.: 1803849064

**DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Félix Leonardo Gallo Castillo y Patricio Rolando Ichina Muquinche Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UNA PISCINA DE NIQUELADO, CON RECIRCULACIÓN Y AGITACIÓN DEL ELECTROLITO PARA MEJORAR EL ACABADO DE LA ELECTRODEPOSICIÓN EN LA EMPRESA “I.L.N. CIA. LTDA.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto 2015.

Félix Leonardo Gallo Castillo

C.C.: 1804032421

Patricio Rolando Ichina Muquinche

C.C.: 1803849064

DEDICATORIA

El éxito de este proyecto quiero dedicar a Dios por darme la bendición de tener a mis Padres Cesar y Clemencia, que confiaron en mí a pesar de las circunstancias que se han presentado en nuestras vidas, que gracias a su ejemplo de responsabilidad, sacrificio y de alcanzar los sueños y aspiraciones, siempre al final llega la recompensa.

A mi abuelita Rosa que es una parte muy especial en mi vida por su amor, apoyo incondicional y por estar ahí en mis momentos más difíciles.

A mi hermana Jessica por todo el apoyo brindado en los momentos buenos y malos de mi vida, por ser mi gran amiga incondicional.

PATRICIO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por darme la oportunidad de superación, a mis Padres que lo han dado todo pese a las adversas del trabajo, a mi Esposa y su continuo apoyo diario, a mi hija Angélica Lucia que es el motivo de lucha diaria.

FÉLIX LEONARDO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la posibilidad de terminar mis estudios y de vencer todas las barreras que se me presentan.

A mis padres y sus consejos por ser el pilar fundamental del éxito en mi vida.

A mi hermana Jessica, por el apoyo que hizo que pudiera afrontar pruebas que parecían insuperables.

Al Director de Tesis, el Ing. Ramiro Santillán y Co-Director el Ingeniera Georgina Tirado, grandes catedráticos, que con gran paciencia han cultivado en mí, el interés por la investigación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, que nos abrió las puertas de la sabiduría para brindarnos una acertada formación integral y de calidad.

PATRICIO

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios que me ha dado la oportunidad de superación pese a que no he sido digno de esta recibir esta bendición.

A mis padres por ser los pilares de mi vida y darme todo el apoyo necesario, para poder cumplir con el objetivo planteado.

A mis tutores y guías Ing. Ramiro Santillán e Ing. Georgina Tirado que a diario dejan sus ocupaciones, para darnos una mano y ayudarnos en el camino hacia el éxito.

A mi compañero de Tesis y amigo Patricio que a pesar de las adversidades a esta apoyándome en el transcurso del proyecto.

A mi esposa con su apoyo incondicional en todo sentido y circunstancias.

A mis hermanas Tannia y Daniela que has estado a mi lado en cualquier problema con su apoyo y consejos.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, que nos abrió las puertas para brindarnos una acertada formación integral y de calidad.

FÉLIX LEONARDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xx
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Antecedentes	1
1.1.2. Determinación de los problemas que se presentan en el proceso de niquelado.....	2
1.1.3. Definición del problema.....	4
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Justificación	5
1.4. Importancia	6
1.5. Alcance	6

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes	9
2.1.1. Oxidación química.....	10

2.1.2.	Reducción química.....	10
2.1.3.	Reacción Redox.....	11
2.1.4.	Leyes de Faraday para la electrolisis.....	11
2.2.	Electrólisis.....	12
2.2.1.	Elementos de la celda electrolítica.....	12
2.2.2.	Propiedades químicas de la electrólisis	14
2.2.3.	Los baños Watt de Níquel.....	15
2.2.4.	Propiedades térmicas de la electrólisis	16
2.3.	Electrodeposición.....	17
2.3.1.	Electrolito	17
2.3.2.	Electrodos	20
2.3.3.	Productos obtenidos mediante electrodeposición	21
2.4.	Sistema de extracción de gases	22
2.4.1.	Sistemas de extracción localizada	22
2.5.	Diseño de un reactor de electrodeposición	24
2.5.1.	Elementos mecánicos	24
2.6.	Sistema de recirculación	30
2.7.	Elementos eléctricos	32

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE NIQUELADO	41
3.1.	Requerimientos técnicos para el diseño y construcción de un sistema de niquelado.	41
3.1.1.	Diseño Concurrente	41
3.1.2.	Casa de la Calidad.....	41
3.1.3.	Especificaciones técnicas	47
3.1.4.	Mapa Morfológico.....	48
3.1.5.	Mapa de Ponderación.....	48
3.2.	Diagramas funcionales.....	48
3.2.1.	Función del sistema de Niquelado.	48
3.2.2.	Análisis de Diagramas funcionales.	49
3.3.	Módulos.	50

3.3.1.	División modular.....	51
3.3.1.a.	El módulo 1 cumple las siguientes funciones:.....	51
3.3.1.b.	El módulo 2 Cumple las siguientes funciones:.....	57
3.3.1.c.	El módulo 3 cumple las siguientes funciones.....	60
3.3.2.	Determinación de parámetros y criterios para el diseño.....	61
3.3.3.	Análisis de alternativas del sistema estructural.....	63
3.4.	Criterios de diseño sistema de niquelado	64
3.4.1.	Criterios diseño de la cuba.....	64
3.4.2.	Criterios de diseño del sistema de Recirculación.....	65
3.4.3.	Seguridad del operario.....	65
3.4.4.	Criterios sobre peso en el cátodo.....	65
3.4.5.	Criterios de selección de calentador electrolítico.	66
3.4.6.	Criterios de selección del rectificador industrial.	66
3.4.6.a.	Rectificador de Seis Pulsos	67
3.5.	Selección del material.....	68
3.5.1.	Material del depósito electrolítico.....	68
3.5.2.	Material del recubrimiento interno de la cuba.	69
3.5.3.	Material de la barra para el ánodo y cátodo.....	71
3.6.	Diseño de la cuba electrolítica	72
3.6.1.	Dimensiones	72
3.6.2.	Material de recubrimiento interno de la cuba	73
3.6.3.	Espesor de pared.....	75
3.6.4.	Calculo de la densidad del fluido analíticamente.	76
3.6.5.	Calculo de la densidad del fluido en el laboratorio.....	77
3.6.5.a.	Determinación de densidad: método del picnómetro.	77
3.6.6.	Calculo de la Presión	79
3.6.7.	Espesor de la base superior de la Cuba	81
3.6.8.	Simulación del depósito electrolítico	82
3.6.8.a.	Análisis de esfuerzos de la cuba.....	83
3.6.9.	Calculo de espesor de Pvc	86
3.7.	Determinación del electrolito.....	88
3.7.1.	Electrolito	88

3.8.	Selección de los componentes químicos	88
3.9.	Diseño del sistema de recirculación del electrolito	90
3.9.1.	Agitador.....	90
3.9.2.	Filtro	90
3.9.3.	Caudal.....	92
3.9.4.	Pérdidas por fricción	93
3.9.5.	Dimensionamiento de la bomba.....	97
3.9.6.	Selección Eductores.	100
3.9.7.	Presión de salida.....	101
3.10.	Cátodo	102
3.10.1.	Análisis de esfuerzos de tubo sólido de cobre 1.85 m.	103
3.10.2.	Tubo sólido de cobre.....	107
3.10.3.	Base del Cátodo.....	110
a.	Electrodo E-7018	110
b.	Factor de seguridad de elementos soldados	111
3.10.4.	Diseño y Cálculo de los tornillos en la base del cátodo	115
a.	Clases de tornillos.....	115
b.	Agujeros para tornillos	116
c.	Distancias a los bordes	116
d.	Separación entre agujeros	118
e.	Calculo de reacciones en la base del cátodo.....	119
f.	Categorías de uniones atornilladas.....	121
g.	Cálculo de la resistencia de un tornillo.....	122
3.11.	Ánodo.....	126
3.11.1.	Aislante de Nylon	128
3.12.	Simulación de las cargas de depósito.....	129
3.12.1.	Análisis de esfuerzos de la cuba.....	130
3.12.2.	Cargas y sujeciones.....	130
3.13.	Fuente eléctrica	132
3.13.1.	Corriente eléctrica.....	133
3.13.2.	Voltaje	133
3.13.3.	Densidad de corriente	134

3.14.	Calentador	135
3.15.	Diseño del extractor de gases.....	137
3.15.1.	Tipo de extractor	137
3.15.2.	Caudal.....	138
3.15.3.	Presión.....	139
3.15.4.	Pérdidas.....	140
3.15.5.	Ventilador.....	144
3.16.	Sensores.....	144
3.17.	Selección de fusibles	144
3.18.	Selección de interruptor termo-magnético	145
3.19.	Sistema de control	145
3.19.1.	Circuito de mando.....	145
3.20.	Selección de los elementos de automatización	146
3.20.1.	Contactador	146
3.20.2.	Temporizador.....	147
3.20.3.	Sirena.....	147
3.20.4.	Botoneras o Pulsadores.....	148
3.20.5.	Lámparas piloto	148
3.20.6.	Selección de calibre de cable conductor.....	149

CAPÍTULO IV

4.	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, COSTOS Y MANTENIMIENTO DE UNA NIQUELADORA CON AGITACIÓN Y RECIRCULACIÓN DEL ELECTROLITO	150
4.1.	Tecnología de la construcción.	150
4.2.	Operaciones tecnológicas.....	151
4.3.	Cursograma sinóptico de la construcción	152
4.3.1.	Desarrollo de la cuba	152
4.3.2.	Desarrollo Campana del Sistema de extracción	153
4.3.3.	Desarrollo de la base de tablero de control.....	154
4.3.4.	Desarrollo de soporte de nylon para ánodo y cátodo.....	155
4.3.5.	Desarrollo sistema de tuberías	157

4.3.6.	Desarrollo sistema de agitación	159
4.3.7.	Desarrollo del tablero de control	160
4.4.	Cursograma de montaje.....	162
4.5.	Análisis de costos.	164
4.5.1.	Costos de materiales	165
4.5.2.	Costos por utilización de las máquinas.....	165
4.5.3.	Costo de mano de obra.....	166
4.5.4.	Costo total.....	166
4.6.	Operación de la máquina	167
4.7.	Mantenimiento.	167
4.7.1.	Limpieza y revisión de partes fijas.	168
4.7.2.	Revisión de la Bomba centrífuga	169
4.7.3.	Revisión del sistema eléctrico.....	169
4.7.4.	Revisión Filtro	169
4.7.5.	Pasos para el mantenimiento del sistema de filtro y sus diferentes etapas.....	169
4.7.5.a.	Sistema de filtración.....	170
4.7.5.b.	Sistema de recirculación.....	170

CAPÍTULO V

5.	PRUEBAS Y RESULTADOS	172
5.1.	Pruebas del manejo del proceso.....	172
5.2.	Pruebas de niquelado	173
5.2.1.	Prueba 1 de Niquelado Electrolítico	173
5.2.2.	Prueba 2 de Niquelado Electrolítico	173
5.2.3.	Prueba 3 de Niquelado Electrolítico.....	173
5.2.4.	Prueba 4 de Niquelado Electrolítico	174
5.2.5.	Prueba 5 de Niquelado electrolítico	174
5.2.6.	Prueba 6 de Niquelado Electrolítico	174
5.2.7.	Prueba 7 de Niquelado Electrolítico	174
5.2.8.	Prueba 8 de Niquelado Electrolítico	175
5.2.9.	Prueba 9 de Niquelado electrolítico	175

5.2.10.	Prueba 10 de niquelado electrolítico	175
5.3.	Pruebas de la calidad.....	176
5.3.1.	Calibración del temporizador.....	177
5.3.2.	Espesor del recubrimiento de níquel.....	178
5.3.3.	Dimensión del espesor de níquel aportado	179
5.3.4.	Desgaste de Níquel de aporte de las canastas.....	179
5.4.	Recubrimientos electrolíticos de níquel.....	180
5.4.1.	Tiempo requerido para el electrodo deposito.....	180
5.4.2.	Reacciones electrolíticas en las sales.....	181
5.4.3.	Lista de chequeo.....	182

CAPÍTULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	184
6.1.	Conclusiones.....	184
6.2.	Recomendaciones	185

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS186

ANEXOS193

ANEXO A.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES MECÁNICOS DE CONSTRUCCIÓN
ANEXO B.	CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES ELÉCTRICOS DE CONSTRUCCIÓN
ANEXO C.	CARACTERÍSTICAS DEL TUBO Y PLACA DE PVC
ANEXO D.	CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN RECIRCULACIÓN Y FILTRACIÓN
ANEXO E.	CARACTERÍSTICAS DE LAS SALES QUE COMPONEN EL ELECTROLITO
ANEXO F.	SELECCIÓN DE MATERIALES UTILIZANDO EL SOFTWARE CES EduPack 2009
ANEXO G.	CIRCUITO DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1.	Fases del cromado en la empresa. ILN. CIA. LTDA.	10
Figura 2. 2.	Elementos que intervienen en un proceso electrolítico	12
Figura 2. 3.	Movimiento de los iones hacia los electrodos.....	15
Figura 2. 4.	Esquema del proceso de electrodeposición.	17
Figura 2. 5.	Sulfato de Níquel	18
Figura 2. 6.	Cloruro de Níquel	19
Figura 2. 7.	Ácido Bórico	20
Figura 2. 8.	Sistema Extracción Campanas.....	24
Figura 2. 9.	Agitador de aire	27
Figura 2. 10.	Agitador mecánico	28
Figura 2. 11.	Sistema de agitación por recirculación	28
Figura 2. 12.	Eductor de agitación	29
Figura 2. 13.	Corte esquemático de una bomba centrífuga.....	30
Figura 2. 14.	Principio de funcionamiento de un eductor.....	31
Figura 2. 15.	Resistencia eléctrica de cuarzo	33
Figura 2. 16.	Fusible	36
Figura 2. 17.	Interruptor Magnetotermico	37
Figura 2. 18.	Pulsador de emergencia.....	37
Figura 2. 19.	Contacto electromagnético.....	38
Figura 2. 20.	Temporizador On delay	38
Figura 2. 21.	Sirena Acústica.....	39
Figura 2. 22.	Pulsador industrial	39
Figura 2. 23.	Lámpara piloto	40
Figura 3. 1.	Casa de la Calidad	43
Figura 3. 2.	Despliegue de las Partes.....	44
Figura 3. 3.	Planeación del Proceso	45
Figura 3. 4.	Planeación de Producción.....	46
Figura 3. 5.	Nivel 0 del sistema de Niquelado	48
Figura 3. 6.	Nivel 1 del sistema de Niquelado.	49
Figura 3. 7.	Nivel 2 del sistema de Niquelado.	49

Figura 3. 8.	Módulos del sistema de niquelado electrolítico.	51
Figura 3. 9.	Encendido manual.....	52
Figura 3. 10.	Encendido automático.....	53
Figura 3. 11.	Operario coloca pieza.....	53
Figura 3. 12.	Sistema de poleas	54
Figura 3. 13.	Extracción Manual	55
Figura 3. 14.	Extractor Automático	56
Figura 3. 15.	Sistema biela Manivela.....	57
Figura 3. 16.	Agitación hidráulica	58
Figura 3. 17.	Encendido manual.....	59
Figura 3. 18.	Encendido automático	60
Figura 3. 19.	Sistemas de la Niqueladora.....	62
Figura 3. 20.	Rectificador Industrial	67
Figura 3. 21.	Rectificador 6 Pulsos.....	68
Figura 3. 22.	Selección del Material de la estructura del Depósito Electrolítico	69
Figura 3. 23.	Selección del Material de recubrimiento interno del Depósito Electrolítico	70
Figura 3. 24.	Selección del Material conductor del Ánodo y Cátodo	71
Figura 3. 25.	Disposición Geométrica del Tanque a proyectar	73
Figura 3. 26.	Calentar Electrolito.	77
Figura 3. 27.	Electrolito en Picnómetros.	78
Figura 3. 28.	Masa del electrolito.....	78
Figura 3. 29.	Deposito Electrolítico.....	82
Figura 3. 30.	Disposición de las Fuerzas en las paredes de la cuba.....	83
Figura 3. 31.	Tensión de Von Mises del depósito electrolítico.....	84
Figura 3. 32.	Desplazamiento estático del depósito electrolítico	85
Figura 3. 33.	Factor de seguridad del cabezal extrusor.....	85
Figura 3. 34.	Fuerza ejercida sobre la base del tanque.....	86
Figura 3. 35.	Relación entre Longitud y altura	87
Figura 3. 36.	Dimensiones de la tubería.	93
Figura 3. 37.	Selección de la serie de la bomba.....	98

Figura 3. 38.	Selección de la bomba para sistema de agitación.....	98
Figura 3. 39.	Polipropileno o PVDF sólo eductores [49]	101
Figura 3. 40.	Cuadro Caudal-Presión para eductores típicos	102
Figura 3. 41.	Tubo de cobre 1.85	103
Figura 3. 42.	Tensión de Von Mises del tubo solido de cobre	105
Figura 3. 43.	Desplazamiento estático del tubo de cobre	106
Figura 3. 44.	Factor de seguridad del cañón	106
Figura 3. 45.	Diagrama de Esfuerzos del Cátodo de cobre	107
Figura 3. 46.	Base del cátodo	110
Figura 3. 47.	Electrodo E 7018	111
Figura 3. 48.	Soldadura a Filete	112
Figura 3. 49.	Dimensiones para área de garganta	112
Figura 3. 50.	Dimensión del área del cordón	113
Figura 3. 51.	Dimensiones de la base	114
Figura 3. 52.	Distancia de los agujeros y bordes	117
Figura 3. 53.	Diámetro del agujero	118
Figura 3. 54.	Distancia de entre agujeros	118
Figura 3. 55.	Muestra la forma de la canastilla	127
Figura 3. 56.	Electrodepósitos comunes.....	127
Figura 3. 57.	Aislante de nylon	128
Figura 3. 58.	Dimensiones del aislante de nylon	128
Figura 3. 59.	Cargas de depósito	129
Figura 3. 60.	Desplazamiento estático.....	131
Figura 3. 61.	Factor de Seguridad	131
Figura 3. 62.	Deformación me la Base	132
Figura 3. 63.	Relación entre la velocidad y la presión dinámica para ventiladores	139
Figura 3. 64.	Pérdidas por fricción generadas en el sistema de ventilación.....	141
Figura 3. 65.	Coeficiente de morfología del dispositivo extractor	142
Figura 3. 66.	Coeficiente de pérdida de carga.....	143

Figura 4. 1.	Construcción de la cuba	153
Figura 4. 2.	Cuba electrolítica.....	153
Figura 4. 3.	Construcción de la Campana de extracción	154
Figura 4. 4.	Campana Extractora.....	154
Figura 4. 5.	Construcción de la base del tablero	155
Figura 4. 6.	Soporte del Tablero de control	155
Figura 4. 7.	Construcción soporte de Nylon.....	156
Figura 4. 8.	Soporte de Nylon.....	156
Figura 4. 9.	Construcción del sistema de Tubería.	157
Figura 4. 10.	Accesorios y Tuberías de PVC.....	157
Figura 4. 11.	Construcción interna del sistema de Tuberías.....	158
Figura 4. 12.	Pegado de Tuberías	158
Figura 4. 13.	Acople de la tubería con la Bomba.....	158
Figura 4. 14.	Estructura de la tubería de recirculación.	159
Figura 4. 15.	Construcción del sistema de Agitación.....	159
Figura 4. 16.	Sistema de agitación	159
Figura 4. 17.	Sistema de Filtrado.....	160
Figura 4. 18.	Construcción del Tablero de Control	160
Figura 4. 19.	Ensamblaje con los elementos internos de la caja de control	161
Figura 4. 20.	Acople de los elementos externos de la caja.....	161
Figura 4. 21.	Funcionamiento de la caja de control	162
Figura 4. 22.	Montaje de la Maquina	163
Figura 4. 23.	Montaje del sistema de recirculación y agitación en la cuba	163
Figura 4. 24.	Montaje del Filtro	164
Figura 4. 25.	Montaje Filtro Bomba.....	164
Figura 4. 26.	Montaje Realizado	164
Figura 5. 1.	Tablero de encendido	172
Figura 5. 2.	Variación del tiempo de acuerdo con el voltaje	176
Figura 5. 3.	Tiempo Requerido de acuerdo a la temperatura del electrolito	177

Figura 5. 4.	Espesor del Nique	179
Figura 5. 5.	Desgaste del Níquel	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1.	Electrodos de electrodeposición más utilizados en la industria	21
Tabla 2. 2.	Ventajas y desventajas de los materiales utilizados para construcción de tanques.....	26
Tabla 2. 3.	Partes de la bomba.....	30
Tabla 3. 1.	Especificaciones técnicas de la maquina	47
Tabla 3. 2.	Parámetros previos al diseño.....	62
Tabla 3. 3.	Mapa Morfológico Tipos Alternativas.	63
Tabla 3. 4.	Mapa de Ponderación de las alternativas.	64
Tabla 3. 5.	Características del material para la cuba.....	68
Tabla 3. 6.	Principales propiedades del Acero A36.	69
Tabla 3. 7.	Características del material de recubrimiento de la cuba.....	70
Tabla 3. 8.	Principales propiedades del PVC	70
Tabla 3. 9.	Características de la barra de cobre.....	71
Tabla 3. 10.	Principales características del Cobre.....	72
Tabla 3. 11.	Características de los Fluidos.....	76
Tabla 3. 12.	Datos obtenidos en el Laboratorio.	79
Tabla 3. 13.	Datos de diseño para el Acero ASTM A36.	80
Tabla 3. 14.	Propiedades del depósito electrolítico	83
Tabla 3. 15.	Propiedades del material del Acero	83
Tabla 3. 16.	Sujeción de la cuba electrolítica	83
Tabla 3. 17.	Sujeción de la cuba electrolítica	84
Tabla 3. 18.	Proporciones de los aditivos para un baño de níquel brillante	88
Tabla 3. 19.	Características del filtro para el baño	92
Tabla 3. 20.	Datos técnicos de Tubería.....	95
Tabla 3. 21.	Longitud equivalente de accesorios del sistema de tuberías.....	96
Tabla 3. 22.	Propiedades del tubo de cobre	103

Tabla 3. 23.	Propiedades del cobre Beryllium UNS C17200	103
Tabla 3. 24.	Sujeciones del tubo solido de cobre	104
Tabla 3. 25.	Fuerzas resultantes Tubo solido de cobre.....	104
Tabla 3. 26.	Cargas y sujeciones del tubo solido de cobre	104
Tabla 3. 27.	Fuerzas resultantes de las cargas y sujeción	105
Tabla 3. 28.	Factores de seguridad Valores mínimos recomendados	109
Tabla 3. 29.	Tamaño mínimo de soldadura de filete.....	112
Tabla 3. 30.	Valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia a tracción última f_{ub} de tornillos.....	116
Tabla 3. 31.	Categorías de uniones atornilladas	122
Tabla 3. 32.	Resistencia a tracción de los tornillos con cabeza norma	125
Tabla 3. 33.	Propiedades físicas del níquel.....	128
Tabla 3. 34.	Propiedades del Elemento atesiador arriba.....	130
Tabla 3. 35.	Propiedades del material del Acero	130
Tabla 3. 36.	Cargas y sujeción	130
Tabla 3. 37.	Fuerzas Resultantes.....	130
Tabla 3. 38.	Tipo de campana.....	138
Tabla 3. 39.	Características del sensor de temperatura	144
Tabla 3. 40.	Características del Fusible	145
Tabla 3. 41.	Características del Interruptor termo-magnético.....	145
Tabla 3. 42.	Especificaciones del Contactor.....	147
Tabla 3. 43.	Especificaciones del Temporizador	147
Tabla 3. 44.	Especificaciones de la Sirena	147
Tabla 3. 45.	Especificación del Pulsador de Marcha	148
Tabla 3. 46.	Especificación del Pulsador de Paro	148
Tabla 3. 47.	Especificación de Lámpara Piloto.....	148
Tabla 4. 1.	Máquinas y Equipos	150
Tabla 4. 2.	Herramientas y Accesorios.....	151
Tabla 4. 3.	Operaciones Tecnológicas	151
Tabla 4. 4.	Nomenclatura del Cursograma	152

Tabla 4. 5.	Operaciones de montaje.....	162
Tabla 4. 6.	Costos Totales.....	165
Tabla 4. 7.	Costos por Utilización y alquiler de equipos	166
Tabla 4. 8.	Costos de Mano de Obra.....	166
Tabla 4. 9.	Cronograma de Mantenimiento	168
Tabla 5. 1.	Tiempo Requerido de acuerdo voltaje de Niquelado.....	175
Tabla 5. 2.	Tiempo de acuerdo a la variación de temperatura.....	176
Tabla 5. 3.	Costos de producción	177
Tabla 5. 4.	Espesor mínimo del Niquelados requeridos según Normas A.S.T.M	178
Tabla 5. 5.	Control de calidad del acabado superficial	182

RESUMEN

En la siguiente investigación se detalla paso a paso los procesos de diseño, construcción de un sistema de niquelado y de extracción de gases. Previamente al desarrollo del proyecto se realizó un estudio de los posibles sistemas o métodos para llevar a cabo el mismo, estableciendo parámetros y criterios de diseño con el fin de seleccionar la mejor alternativa. Se ha recurrido a la ayuda de herramientas informáticas para la selección de materiales. Para el modelado del depósito electrolítico y sistema de recirculación y extracción se han empleado herramientas CAD, con el fin de dar fiabilidad al diseño de la cuba. Luego se procede a realizar la construcción teniendo en cuenta la seguridad industrial y un proceso ordenado de construcción. El procedimiento evaluado se lleva a cabo sumergiendo a cada pieza metálica en un baño electrolítico que contiene cloruro de níquel, sulfato de níquel y ácido bórico. En el depósito electrolítico han sido colocadas canastas donde se ubica el níquel duro que actuará como cátodo, mientras que las piezas sumergidas serán ánodos. En el interior de la cuba hermética se encuentran ubicadas las tuberías que producen la recirculación y agitación del electrolito con ayuda de una bomba centrífuga exterior. Todos ellos están conectados a una fuente de rectificación que provee de corriente directa al sistema. Durante la electrodeposición se tomarán en cuenta: Densidad de corriente. Temperatura del baño. Tiempo de permanencia del baño. Los cuales influenciarán de una u otra manera en los resultados finales de las piezas a niquelar. Con este procedimiento se obtendrá una pieza metálica niquelada con un acabado acorde con las exigencias del consumidor.

PALABRAS CLAVE:

- **NIQUELADORA - PROCESO ELECTROLÍTICO**
- **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**
- **EMPRESA INGENIEROS LARA NUÑEZ**

ABSTRACT

In the next research step by step process of design, construction of a system of nickel and gas extraction. Prior to the development of the project a study of the possible systems or methods to perform the same was done by establishing parameters and design criteria in order to select the best alternative. It has enlisted the help of tools for the selection of materials. For modeling the electrolytic tank and recirculation system and extraction CAD tools they have been used in order to give the design reliability Cuba. Then he proceeds to build considering industrial safety and an orderly process of construction. The evaluated procedure is performed by immersing each metal piece in an electrolytic bath containing nickel sulfate, nickel chloride and boric acid. In the electrodeposition they have been placed baskets where hard nickel to act as cathode, while anode and submerged parts is located. Inside hermetic Cuba it is located pipes which produces agitation and recirculation of electrolyte using an external centrifugal pump. They are all connected to a power rectifier that provides direct current to the system. During electrodeposition will be taken into account: current density. Bath temperature. Time spent bath. Which influence one way or another in the final results of the parts to nickel. With this procedure a metal part nickel plated with a finish line with consumer requirements will be obtained.

KEYWORDS

- **ELECTRODEPOSITION - ELECTROLYTIC PROCESS**
- **ELECTROMECHANICAL ENGINEERING**
- **INGENIEROS LARA NUÑEZ COMPANY**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

1.1.2. Antecedentes

En la industria de manufactura de piezas de metal, un aspecto importante tiene que ver con el acabado superficial que se le dé a los productos terminados; este acabado determinará en el producto las siguientes características:

- Resistencia al desgaste
- Resistencia a la corrosión
- Coeficiente de fricción
- Dureza superficial
- Color y textura

Los procesos de tratamiento superficial no se aplican solamente a piezas nuevas sino también a piezas usadas que han perdido su recubrimiento.

La empresa I.L.N. Cía. Ltda., ubicada en Ambato, se destaca por su servicio de niquelado de artículos metálicos mediante electrodeposición, la electrodeposición es un proceso común de protección de piezas metálicas basado en el paso de corriente a través de dos metales (electrodos) que se encuentran sumergidos en un líquido conductor (electrolito) a fin que las partículas de uno queden adheridas al otro permanentemente.

En la actualidad, este proceso se realiza mecánicamente por lo que se presentan situaciones no deseables como el desperdicio de elementos químicos, desperdicio del metal de recubrimiento, aprovechamiento

deficiente de energía eléctrica y calidad regular en el acabado además de la exposición continua a agentes nocivos para la salud de los operadores de la empresa.

El conocimiento que nuestra ingeniería y con la investigación sobre el perfeccionamiento del proceso de niquelado se vio en la posibilidad de mejorar la calidad del acabado de superficies disminuyendo la inversión económica que servirá como ayuda a la empresa, para mejorar las deficiencias en esta área.

1.1.2. Determinación de los problemas que se presentan en el proceso de niquelado

- **Proceso no automatizado**

Uno de los principales problemas que se presentan en el trabajo de niquelado que se realiza en la empresa I.L.N. es que el proceso electrolítico no es automático es manual; esto significa que el operador de la máquina debe manipular los mecanismos a fin de realizar el proceso por lo que se pierde tiempo y además se expone la integridad física del operador y no se logra aprovechar el tiempo optimizando el proceso.

- **Falta de optimización de la mezcla química**

La composición química del baño se realiza sin un control adecuado de las cantidades de los químicos razón por la cual los mismos se desperdician; además, como cada nuevo baño difiere del anterior, las características de las piezas tratadas no son siempre las mismas y la solución sufrirá de impurezas continuamente y por ende la calidad del niquelado.

- **Aprovechamiento deficiente de la energía**

Sin un control eléctrico adecuado del proceso, se generan pérdidas tanto en el baño como en las conexiones eléctricas y otros elementos eléctricos. El diseño de la máquina deberá centralizar el control eléctrico y deberá contar con conexiones eléctricas en buen estado a fin de reducir las pérdidas de energía eléctrica, al mantener continuamente encendido los aparatos utilizados en este proceso el consumo de energía aumentara.

- **Acabado del producto de baja calidad**

El producto final, debido a que es un proceso casi artesanal, no presenta una distribución adecuada homogénea de la capa de material de aporte, por lo que se puede apreciar ligeras fallas en el producto final y por las impurezas que se presentan en el electrolito los objetos que se niquelan presentan una rugosidad y la superficie queda áspera.

- **Costos de producción altos**

El excesivo tiempo de producción, calidad regular del producto, pérdidas de energía y desperdicio de elementos químicos provocan que los costos de producción sean altos, encareciendo el precio de servicio de niquelado y ocasionando que la empresa pierda competitividad.

- **Tiempos muertos excesivos**

Los tiempos muertos de una máquina hacen referencia al tiempo que debe estar apagada durante el proceso de producción; los tiempos muertos de una máquina son indeseable y deben ser evitados al máximo; tal como se maneja en la actualidad el proceso de niquelado, el tiempo que las piezas permanecen en el baño es aproximado por un operador por lo que los tiempos muertos son altos, con este sistema el baño de níquel se apagara

de formas automática de acuerdo al tiempo que es netamente necesario en el niquelado.

- **Generación de gases tóxicos**

En la actualidad el sistema para niquelado no cuenta con una eliminación de gases tóxicos adecuada por lo que estos se concentran en los alrededores y afectan a través del tiempo la salud de los operadores que permanecen cerca de él, debiendo colocar un dispositivo que conduzca al exterior dichos gases.

- **Falta de equipos semi-automatizados adecuados a las necesidades de la empresa ILN**

En la ciudad de Ambato no existen equipos de electrodeposición que se ajusten a las necesidades de una empresa pequeña como es I.L.N.; una máquina importada para este propósito excede la capacidad de adquisición de esta empresa.

1.1.3. Definición del problema

El servicio de niquelado que ofrece la empresa I.L.N es casi artesanal por lo que presenta baja competitividad en el mercado.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar y construir una piscina de niquelado por electrodeposición con recirculación y agitación de electrolito para mejorar el acabado en el niquelado de piezas metálicas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Referenciar información sobre la electrodeposición.
- Diseñar el reactor electrolítico.
- Diseñar el sistema de recirculación y agitación del electrolito.
- Dimensionar los elementos eléctricos y electrónicos del sistema.
- Implementar los sistemas eléctricos de control, componentes químicos y mecánicos.
- Determinar el tiempo que requiere el proceso de niquelado de aros de diferentes tamaños de vehículos.
- Diseñar un sistema de extracción de gases tóxicos.

1.3. Justificación

El niquelado por electrodeposición es una actividad que realiza I.L.N. y muchas otras empresas del país; esto se confirma después de una simple investigación en sitios web, donde se oferta este servicio; estas páginas son comúnmente utilizadas por empresas medianas y pequeñas que no gozan de gran tecnología en sus servicios

La implementación de un sistema semi-automático e niquelado por electrodeposición con recirculación y agitación de electrolito representa ahorro en el consumo de químicos, aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica, reducción de costos de producción, disminución de tiempos de producción y mejoramiento de la calidad del producto.

La construcción de esta máquina se presenta además como un proyecto electromecánico, su desarrollo demanda conocimientos de diseño de elementos mecánicos, control eléctrico industrial, proceso de manufactura, ciencia de los materiales entre otras, mismas que son materias que se imparten en la carrera de Ingeniería Electromecánica

1.4. Importancia

Como antecedente, cabe indicar la importancia que tiene el proceso de recubrimiento de piezas en la industria manufacturera de partes de metal. El desgaste y la corrosión son aspectos contra los que los productores de piezas están en constante lucha; todos los años, mucho dinero es ahorrado gracias a los recubrimientos de níquel que se le da a ciertas piezas metálicas entre ellas los aros para vehículos. El recubrimiento de níquel le da a la pieza mayor reflexión luminosa y un aspecto más elegante por lo que su valor comercial se incrementa

La importancia de este proyecto radica en la introducción al mercado de niquelado de piezas metálicas en la ciudad de Ambato de una máquina de bajo costo de inversión, mediana capacidad de producción y calidad de producto final aceptable.

Otro aspecto importante de este proyecto es la protección al medio ambiente que se logrará a través de las mejoras del sistema con esto se reducirá el desperdicio de sustancias químicas así como también se mejorará el aprovechamiento de la energía eléctrica.

Adicional debe mencionarse que con el desarrollo de este proyecto se mejora las condiciones de trabajo para el personal de la empresa ILN al reducir la exposición del personal a los gases tóxicos.

1.5. Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad la renovación y construcción de una piscina de niquelado por electrodeposición con recirculación y agitación de electrolito. La construcción de esta máquina incluye las siguientes tareas:

- **Diseño de un reactor electrolítico (CUBA)**

El diseño del tanque debe tener capacidad para tratar dos aros al mismo tiempo; además deberá ser construido de un material resistente a la solución química del tratamiento de niquelado.

- **Diseño de un sistema de recirculación, filtrado y agitación mediante una bomba centrífuga**

Las características del sistema de recirculación, filtrado así como la potencia de la bomba centrífuga serán seleccionadas de acuerdo a la energía requerida para tratar dos aros al mismo tiempo.

- **Diseño de un tablero de control**

Para que el control del proceso de niquelado sea automático el tablero de control deberá poseer al menos un autómata programable como un temporizador y al menos un sensor que permita controlar alguna variable del proceso como un termostato.

- **Diseño de un sistema extractor de gases tóxicos**

El extractor de gases tóxicos se construirá una vez que se determine la capacidad instalada de la máquina para que sea capaz de eliminar la mayor cantidad de estos gases. Además, el extractor deberá estar construido con materiales que sean resistentes a la corrosión.

- **Determinación valores óptimos de los agentes químicos a usar en proceso**

Con base en el estudio del proceso de niquelado, será posible determinar las cantidades óptimas de las sustancias químicas para el

tratamiento de dos aros a fin de alcanzar una calidad aceptable en el producto final

- **Determinación del tiempo de producción**

Una vez implementada la máquina será posible determinar el tiempo que se demora en dar el tratamiento a los dos aros además de la cantidad total de aros que se pueden tratar en una jornada completa a fin de evaluar estos resultados con los resultados que se han venido obteniendo hasta ahora con el método tradicional

- **Capacidad de producción instalada**

Como aspecto adicional se debe recalcar que esta máquina desde un principio fue concebida con capacidad de producción media, porque es un prototipo de una forma diferente a la tradicional de niquelado de piezas metálicas.

- **Calidad del producto terminado**

Se trata de una máquina de bajo presupuesto, la calidad del producto no puede suponerse excelente. Lo que se busca es solamente mejorar la calidad del producto actual.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La empresa "I.L.N. CIA LTDA" tiene el servicio de niquelado con lo cual se han presentado problemas y necesidades con el fin de mejorar la calidad y con ello aumentar la producción, ser competentes y mantenerse en el mercado llevando un estándar de calidad.

Esto conlleva a la necesidad de disponer de un sistema de niquelado más óptimo que el utilizado actualmente el cual dispondrá de un proceso semi -automático, con muchas variables a controlar por diferentes elementos térmicos, químicos, eléctricos, mecánicos.

A continuación se tiene el proceso de cromado y una de las fases es el niquelado que no es más que el recubrimiento de una película fina de níquel hacia otro metal por medio de la electrolisis.

Nosotros asimos énfasis en el área de niquelado, diseñando y construyendo en sistema de recirculación del electrolito, con un sistema ser ductor, insertando de manera correcta los porcentajes de las soluciones, aprovechando la semi-automatización del proceso mejorando los tiempos de producción.

Es la etapa más importante de ella depende la estética, dureza y resistencia a la corrosión, sin dejar a un lado la salud del operario, la intervención humana es constante en la mayoría del proceso, implementando un sistema de extracción de gases, y un filtro en el electrolito para poder disminuir de algún modo el impacto ambiental que conlleva la eliminación del líquido para el niquelado.

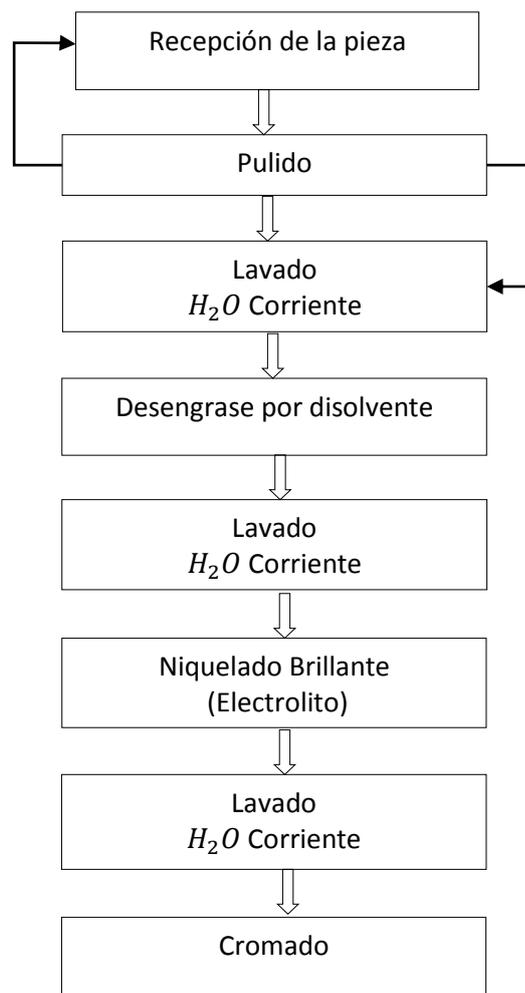


Figura 2. 1. Fases del cromado en la empresa. ILN. CIA. LTDA.

2.1.1. Oxidación química

Oxidación es el proceso mediante el cual los electrones o iones de un compuesto pierden electrones.

2.1.2. Reducción química

Reducción es el proceso mediante el cual los átomos o iones de un compuesto adquieren electrones

2.1.3. Reacción REDOX

Se denomina reacción de reducción-oxidación, de óxido-reducción o, simplemente, reacción redox, a toda reacción química en la que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación [1]

2.1.4. Leyes de Faraday para la electrolisis

Estas leyes rigen el proceso de la electrolisis

- **Primera ley de Faraday**

La cantidad de cualquier elemento liberada ya sea en el cátodo o en el ánodo durante la electrólisis, es proporcional a la cantidad de electricidad que atraviesa la solución.

La Ecuación 2.1 expresa la primera ley de Faraday

$$W = \frac{I \cdot T \cdot M}{n \cdot F} \quad \text{Ecuación 0.1}$$

Dónde:

W,	cantidad de metal depositado en gramos	[g]
I,	corriente	[A]
T,	tiempo que dura el proceso	[s]
M,	masa atómica del metal	$\left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$
n,	valencia del metal	
F,	constante de Faraday (96500)	$\left[\frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}} \right]$

- **Segunda ley de Faraday**

Las cantidades de elementos o radicales diferentes liberados por la misma cantidad de electricidad, son proporcionales a sus pesos equivalentes [2]

2.2. Electrólisis

Consiste en hacer pasar una corriente a través de un electrolito, entre dos electrodos denominados ánodo y cátodo a fin de inducir dos medias reacciones, una oxidación anódica y una reducción catódica [2]. Figura 2.2 ilustra el proceso de la electrólisis

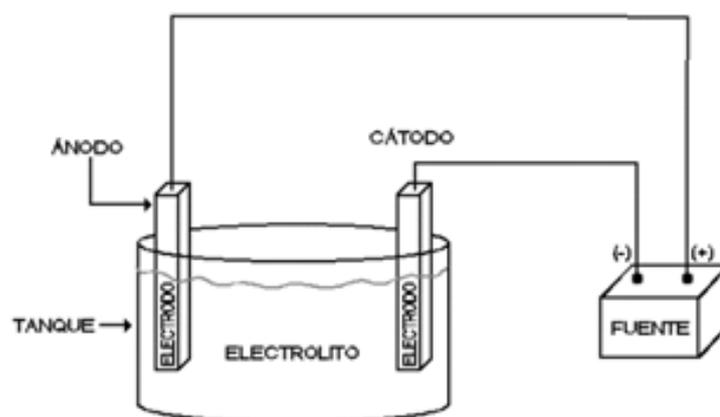


Figura 2. 2. Elementos que intervienen en un proceso electrolítico

Fuente: [2]

2.2.1. Elementos de la celda electrolítica

- **Electrolito**

“Cualquier sustancia que contiene iones libres, los que se comportan como un medio conductor eléctrico. Los electrolitos también son conocidos como soluciones iónicas, aunque son posibles electrolitos fundidos y electrolitos sólidos” [3].

Los electrolitos son, generalmente, soluciones que conducen la electricidad debido a la presencia de iones, los cuales se descomponen al ser sometidos al flujo eléctrico.

- **Electrodo**

Elemento conductor de la celda electrolítica que conecta la fuente de energía y el electrolito. El material del electrodo puede ser un metal puro, una aleación o un semiconductor. Algunos tipos de electrodos se citan a continuación:

- **Electrodos metal-ion del metal**

En ellos, un metal M está en equilibrio electroquímico con una disolución que contiene iones M^{z+} . [4]

- **Electrodo de amalgama**

Una amalgama es una disolución de un metal en Hg líquido. En un electrodo de este tipo, una amalgama del metal M está en equilibrio con una disolución que contiene iones M^{z+} . El mercurio no participa en la reacción del electrodo. [4]

- **Electrodos redox**

Se trata de electrodos cuya semi - reacción redox se da entre dos especies presentes en la misma disolución; el metal que se sumerge en esta disolución sirve únicamente para suministrar o aceptar electrones. [4, p. 534]

- **Ánodo**

Es el electrodo o célula electrolítica que va conectado al terminal positivo de la fuente de energía, donde siempre ocurre una reacción de oxidación de níquel, se va disolviendo conforme se va depositando níquel en el cátodo. Se funde a 1455°C (2651°F) y hierve a 2840°C (5144°F), Resiste la corrosión alcalina y no se inflama.

En el ánodo van sujetas las canastas en las cuales se ubica el níquel. En el proceso de electrolisis, sus átomos se adhieran a la pieza metálica.

- **Cátodo**

Es el electrodo o célula electrolítica que va conectado al terminal negativo de la fuente de energía. En el cátodo siempre ocurre una reacción de reducción. Los signos son contrarios a los de una pila. En el cátodo van sujetas las piezas metálicas que se niquelaran.

2.2.2. Propiedades químicas de la electrólisis

En la industria, es muy común utilizar revestimientos. En el caso de revestimientos del níquel se usan espesores determinados de 5 μ a 30 μ m [5]. Este electrodeposición se usa mucho en la industria metalmeccánica.

Los iones de Níquel (+) o cationes, son atraídos hacia el electrodo negativo (cátodo). El cátodo se hace negativo por la acción de la fuente que le bombea electrones como se ilustra en la (Figura 2.3)

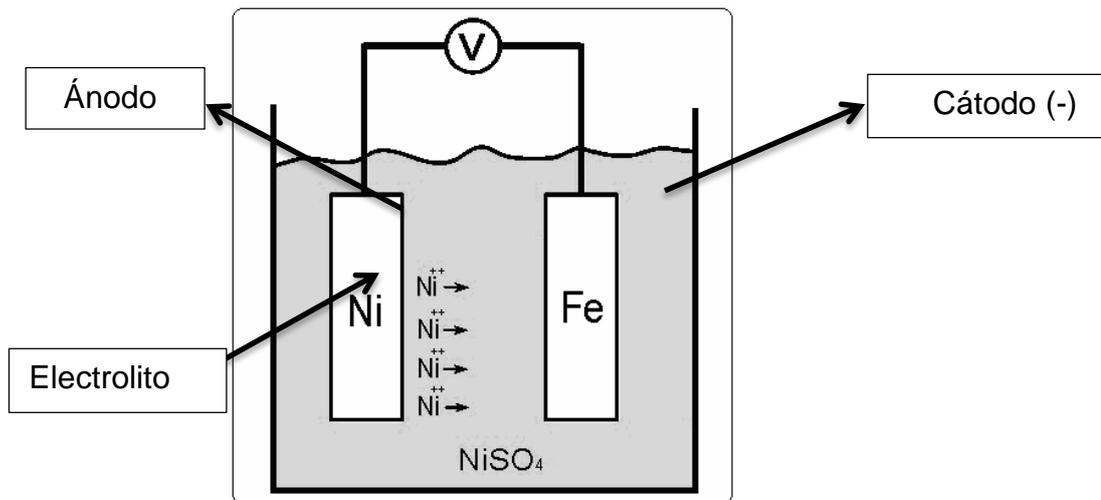


Figura 2. 3. Movimiento de los iones hacia los electrodos

Fuente: [2]

Los electrones del cátodo están en un estado de elevada energía potencial. El ion níquel tiene carga positiva, esto significa que atrae electrones y que un electrón de un átomo de níquel tendrá una menor energía potencial que un electrón del cátodo. Por lo tanto los electrones del cátodo se desplazan hacia el catión, por diferencia de energía potencial.

2.2.3. Los baños Watt de Níquel

Se pueden depositar tanto níquel brillante como semi brillante. El níquel brillante se utiliza para fines decorativos y ayuda como protección a la corrosión.

Solución Watt fue desarrollado por Oliver P. Watts en 1916. Ahora es la solución de niquelado más popular por su simpleza y su bajo costo [6]

Se utiliza las siguientes sales químicas:

- **Sulfato de Níquel (NiSO_4).**-Es el principal proveedor de metal

- **Cloruro de Níquel (NiCl_2).**- Mejora el proceso debido al contenido de cloruro de la disolución anódica.
- **Ácido bórico (B(OH)_3).**- El ácido bórico actúa como sustancia tampón porque mantiene el pH dentro un rango.

Composición de baño:

Sulfato de níquel:	32-40 oz / gal (240 a 300 g / l)
Cloruro de níquel:	4-12 oz / galón (30 a 90 g / l)
Ácido bórico:	4-6 oz / gal (30 a 45 g / l)

Condiciones de funcionamiento:

Temperatura:	105-150 ° F (40-65 ° C)
Cátodo densidad de corriente:	20-100 A / ft ² (2-10 A / dm ²)
PH:	3.0-4.5

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción:	50000-70000 psi (345-485 MPa)
Alargamiento:	10-30%
Dureza:	130-200 HV
Tensión interna:	18000-27000 psi (125-185 MPa)

2.2.4. Propiedades térmicas de la electrólisis

La principal ventaja consiste en que no es necesario subir la temperatura para que la reacción sea más rápida, obviando pérdidas de energía eléctricas y en consecuencia el niquelado sera oscura y no brillante [2]

2.3. Electrodeposición

La electrodeposición es una técnica para el tratamiento de superficies metálicas. La electrodeposición involucra la reducción (disminución del estado de oxidación; ganancia de electrones) de un mezclado metálico disuelto en agua y una deposición del metal resultante sobre una superficie conductora [2]. El proceso de electrodeposición se muestra en la Figura 2.4

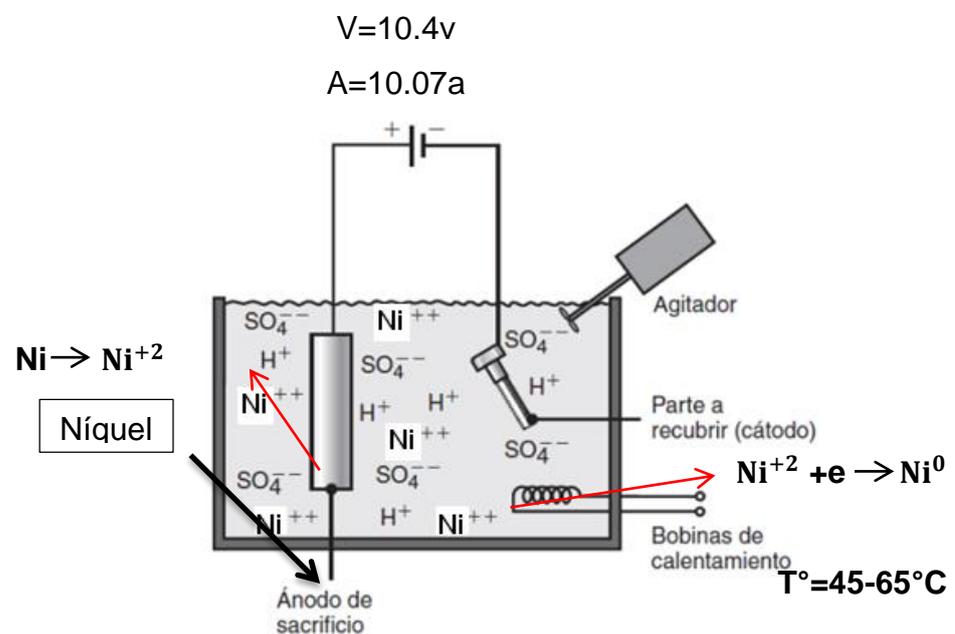


Figura 2. 4. Esquema del proceso de electrodeposición.

Fuente: [7]

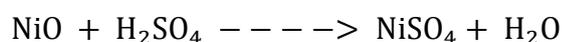
2.3.1. Electrolito

Las soluciones de deposición para niquelado son ácidos fuertes o soluciones de cianuro. Al utilizar el metal de la solución para depositar, es necesario reponerlo periódicamente, lo que se logra mediante dos métodos: en ocasiones se agregan sales de metales adicionales a la solución, o se usa un ánodo de sacrificio del metal a recubrir dentro del tanque de electrodeposición, que se disuelve a la misma velocidad con que se deposita el metal [7].

- **Sales de níquel.**- Son utilizados para la preparación y mantenimiento de baños galvánicos y para el niquelado electrolítico.
- **Sulfato de níquel.**-Utilizado en el niquelado galvánico de muchos objetos metálicos, recubrimiento de oro, plata, níquel y otros metales.

Habitualmente el sulfato de níquel se obtiene como subproducto en las refineries de cobre. Durante el proceso de refinado, el níquel que acompaña habitualmente al cobre nativo queda en la disolución en la que se produce la electrolisis cristalizándose posteriormente.

Otros métodos habituales de producción son por disolución con ácido sulfúrico bien del níquel metálico o de sus óxidos. Las reacciones más sencillas son:



NiSO₄

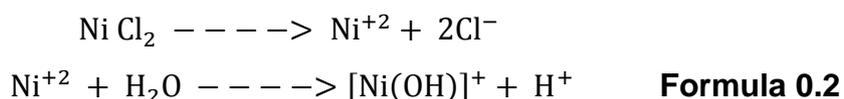
Formula 0.1

Para disolver los óxidos de níquel suele ser suficiente con que el pH sea menor que 7. Posteriormente, la disolución formada, se recristaliza y seca convenientemente para obtener el producto deseado.



Figura 2. 5. Sulfato de Níquel

- **Cloruro de níquel.-** Importante para baños galvánicos, empleado en la industria metalmeccánica y en la fabricación de catalizadores de níquel. Las soluciones de cloruro de Níquel (II) son ácidas, con un pH cercano a 4 debido a la hidrólisis del ion del Ni⁺².



En él NiCl₂ las uniones Ni⁺² – Cl⁻¹ son de carácter iónicas. El cloruro de níquel tiene una buena solubilidad en el agua

El NiCl₂ · 6H₂O se compone de moléculas trans separadas [NiCl₂ (H₂O)₄] ligadas más débilmente a las moléculas de agua adyacentes. Solo cuatro de las seis moléculas de agua en la fórmula están unidas al níquel, y los dos restantes son agua de cristalización.

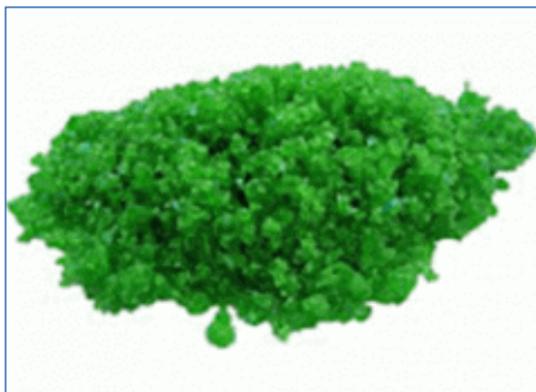
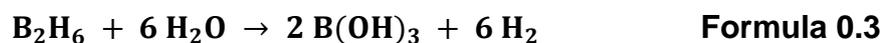


Figura 2. 6. Cloruro de Níquel

- **Ácido Bórico.-** En un compuesto ligeramente ácido o ácido débil, utilizado como insecticida, antiséptico y también utilizado como tapón para la regulación de PH.

El ácido bórico o ácido trioxoborico, es un compuesto químico levemente ácido. Es la unión de B³ – (OH)¹. Existe en forma cristalina y se disuelve

fácilmente en agua. También se forma como un subproducto de la hidrólisis del Diborano más 6 moléculas de agua



Su fórmula es:

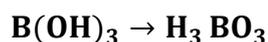


Figura 2. 7. Ácido Bórico

Estas sales que intervienen en la electrodeposición deben estar libres de impurezas para que la electrolisis reaccione de la mejor manera. Las suciedades situadas en estas sales intervendrán directamente en la calidad del acabado y en el espesor de níquel que cubrirá el objeto metálico incumpliendo las normas ya mencionadas.

2.3.2. Electrodo

A los revestimientos obtenidos a través de un proceso de electrodeposición, se les conoce como depósitos electrolíticos. Estos electrodeósitos pueden estar compuestos de uno o más elementos, cada uno de ellos sobre un metal base, según la aplicación que se desee [2]. La Tabla 2.1 muestra los pares de electrodos más utilizados en la industria.

Tabla 2. 1.

Electrodos de electrodeposición más utilizados en la industria

Electrodeposición comunes	
Electrodeposición	Metal base
Cobre-Níquel-Cromo	Materiales ferrosos
Níquel-Cromo	Materiales ferrosos
Cinc	Materiales ferrosos
Cadmio	Materiales ferrosos
Cobre-Níquel-Cromo	Aleaciones de cinc
Níquel-Cromo	Cobre y sus aleaciones
Plata	Cobre y sus aleaciones
Oro	Cobre y sus aleaciones
Oro	Aleaciones de cinc
Estaño	Cobre y sus aleaciones
Estaño	Materiales ferrosos
Níquel	Materiales ferrosos y sus aleaciones
Níquel	Cobre y sus aleaciones
Cromo	Materiales ferrosos

Fuente: [2]

NOTA: En este caso se utilizara un electrodeposición de níquel colocado en canastillas la cual por medio de electrolisis se depositara a diferentes elementos de material ferroso.

2.3.3. Productos obtenidos mediante electrodeposición

La electrodeposición es un procedimiento que permite recubrir materiales baratos y mejorar sus características superficiales a un precio cómodo [2]. Algunos productos cuyo revestimiento se obtiene mediante electrodeposición son los siguientes:

- Partes de automóviles
- Circuitos impresos
- Micro-partes para MEMS
- Rodamientos
- Herramientas
- Empaques mecánicos industriales
- Productos de metalmecánica
- Ciertos elementos de máquina

- Joyería
- Instrumentos musicales y trofeos [8]

2.4. Sistema de extracción de gases

La extracción de gases y vapores, productos que son el resultado de procesos químicos industriales es para mantener un adecuado estado y composición del aire.

El sistema de niquelado va acompañado de emisión de gases, vapor y calor que modifican el estado y composición del aire, resultando nocivo para la salud y comodidad de los trabajadores repercutiendo negativamente en el rendimiento laboral. [9]

Para mantener un estado y composición del aire adecuados a las necesidades y bienestar del operario es necesario diseñar un sistema de ventilación que extraiga los gases nocivos.

Uno de los métodos es la llamada ventilación localizada que capta la contaminación en el lugar de la contaminación y evitando que se prolongue por todo el lugar. [10]

2.4.1. Sistemas de extracción localizada

Se debe instalar un sistema de extracción localizada por aspiración que capta los vapores y gases en su origen con dos precauciones: en primer lugar, instalar las aberturas de extracción lo más cerca posible del lugar; en segundo, evacuar el aire contaminado hacia zonas donde no pueda contaminar el aire limpio que entra en la zona de operación. Se recomiendan para la fabricación de piezas pequeñas en lugares fijos.

Campanas fijas. Es un sistema de aspiración mediante conductos. Hace circular el aire sobre la zona a una velocidad media del aire en la abertura igual o superior a 0.6 m/s, Es importante situar el conducto lo más cerca posible de la zona de trabajo.

Se instalara este sistema de aspiración para que el operario no quede entre éste y la fuente de contaminación. Las vías respiratorias del trabajador jamás deben encontrarse en el trayecto del contaminante hacia el punto de aspiración [11].

La NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 266:2000 TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS.

Esta norma establece los requisitos y precauciones que se deben tener en cuenta para el transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos.

Producto químico peligroso. Todo producto químico que por sus características fisicoquímicas presentan o pueden presentar riesgo de afección a la salud, al ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición a él. Producto sólido, líquido o gaseoso que puede ser: explosivo, inflamable, susceptible de combustión espontánea, oxidante, inestable térmicamente, tóxico, infeccioso, corrosivo, liberador de gases tóxicos o inflamables, y aquellas que por algún medio, luego de su eliminación, puedan originar algunas de las características anteriores.

Es la más adecuada para esta aplicación.

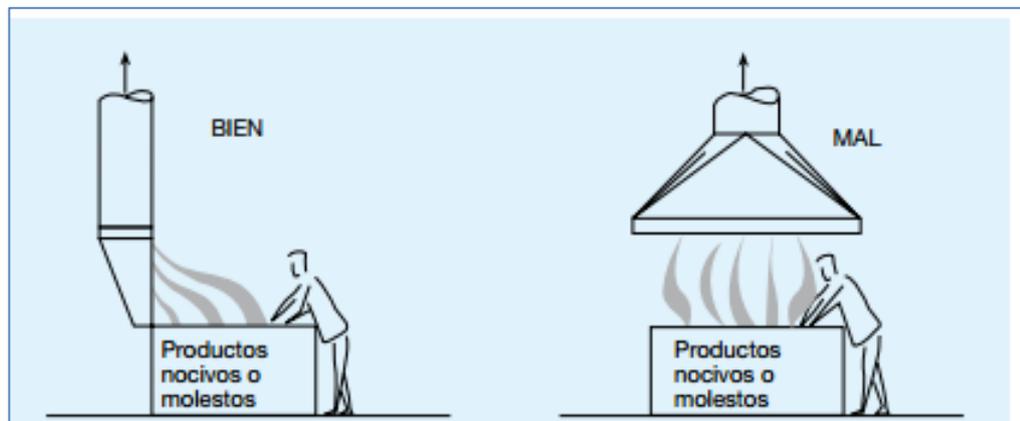


Figura 2. 8. Sistema Extracción Campanas

2.5. Diseño de un reactor de electrodeposición

2.5.1. Elementos mecánicos

Materiales utilizados comúnmente para la cuba electrolítica

- **Madera**

En la actualidad su uso está descontinuado el costo de implementación es el mismo que otros materiales con mejores características.

- **Hierro y acero**

Son utilizados para soluciones fuertes alcalinas. Presentan la desventaja de ser conductores por lo que pueden producirse cortocircuitos durante el proceso; para evitar el problema de los cortocircuitos se puede aislar los tanques con hule o fibra de vidrio.

- **Barro cocido**

Este tipo de tanque es muy resistente a ácidos diluidos pero no a todos; para mejorar su resistencia se recomienda utilizar un forro de asfalto. Presenta la desventaja de ser frágiles

- **Concreto**

Son de fácil construcción en cualquier forma y medida. Presentan la desventaja de ser poco resistentes a ácidos; sin embargo esto puede solucionarse colocando un forro de asfalto. Otra desventaja que presentan es la fragilidad

- **Esteatita**

La esteatita es un tipo de cerámica muy resistente ácidos diluidos.

- **Vidrio**

Recomendado en tanques de poca capacidad. Baratos y prácticamente inmunes al ácido; además que permite la observación del proceso completo.

- **Hule**

Es bastante resistente a soluciones ácidas pero no a soluciones alcalinas; además, se suaviza con la temperatura por lo que no es seguro utilizarlo a temperaturas mayores a 40°C

- **PVC**

Es un material altamente resistente tiene buena resistencia mecánica y al impacto, lo que lo hace común e ideal para la edificación y construcción, es buen aislante térmico y tiene un bajo costo

La Tabla 2.2 resume las ventajas y desventajas de la utilización de los materiales antes mencionados en la construcción de tanques para electrodeposición

Tabla 2. 2.
Ventajas y desventajas de los materiales utilizados para construcción de tanques

Material	Ventajas	Desventajas
Madera	Impermeabilidad, ausencia de sustancias de fácil disolución	Necesita un constante mantenimiento y pudre fácilmente con el agua
Hierro y acero	Resistente a soluciones alcalinas	Son susceptibles a la corrosión y al pandeo
Barro cocido	Resistente a la mayoría de ácidos diluidos. Fácil construcción	Son frágiles y no se pueden someter a cambios bruscos de temperatura
Concreto	Fácil construcción	Excesivo peso y volumen
Esteatita	Resistente a la mayoría de ácidos diluidos	Su precio no es accesible
Vidrio	Prácticamente inmunes al ácido	No soportan saltos térmicos
Hule	Resistente a soluciones ácidas	Es fácil de quemar
PVC	Buen Aislante térmico	Inflamable

NOTA: Para la construcción de la cuba electrolítica se utilizara Hierro forrado por PVC.

El Hierro soportara la presión de todo el volumen de electrolito que se colara en la cuba, y el PVC ayudara al aislamiento térmico de la solución.

- **Dimensiones del tanque**

Las dimensiones de los tanques en la industria son muy variadas y dependen principalmente de la aplicación [2]. Al seleccionar las

dimensiones, es importante recordar que todas las variables de un proyecto están relacionadas por lo que la selección de las dimensiones afectará el costo de los insumos por concepto de cantidad y el tamaño de la fuente de poder

- **Sistema de agitación**

El sistema de recirculación está asociado al proceso de agitación del electrolito; la agitación del electrolito permite aumentar la uniformidad en la composición y utilizar una mayor densidad de corriente eléctrica [2]. Algunos métodos de agitación comunes se citan a continuación:

- **Agitación mediante aire**

Se logra mediante sopladores de baja presión o compresores pequeños (Figura 2.9); el grado de agitación puede controlarse mediante válvulas. El sistema es capaz de posicionarse en cualquier posición del tanque. Presenta la desventaja de crear una atmosfera oxidante y acelerar reacciones secundarias perjudiciales



Figura 2. 9. Agitador de aire

Fuente: [12]

- **Agitación mecánica**

Se realiza mediante el movimiento de los electrodos o por medio de revolvedores [2]; este proceso se muestra en la Figura 2.10

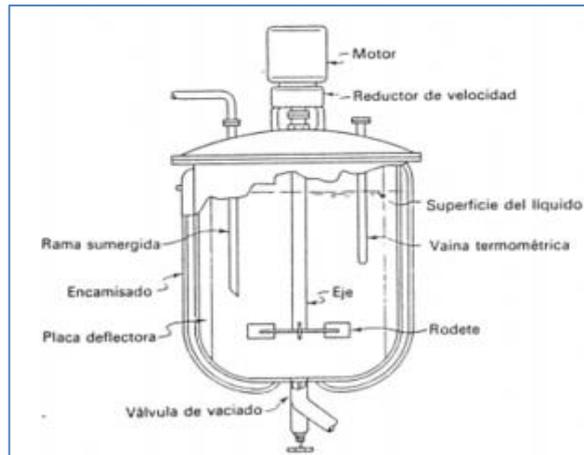


Figura 2. 10. Agitador mecánico

Fuente: [13]

- **Recirculación**

Como alternativa puede utilizarse un sistema de recirculación (Figura 2.11); las características de este sistema se estudian en el siguiente apartado

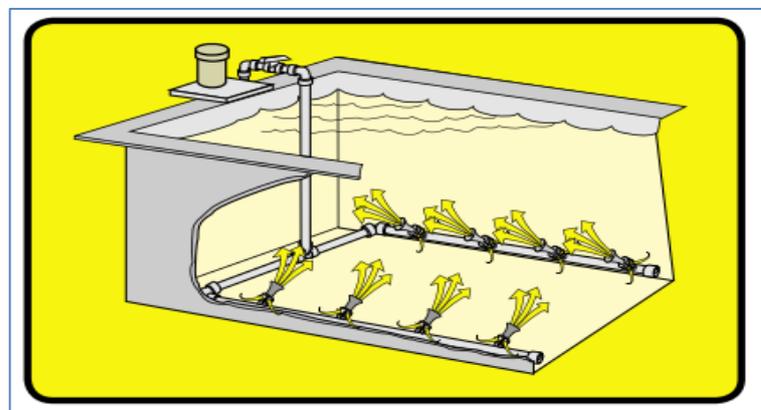


Figura 2. 11. Sistema de agitación por recirculación

Fuente: [14]

El sistema de Ser-Ductor de agitación y recirculación del electrolito proporciona una solución muy eficaz proporcionando la recirculación limpia del electrolito, con eductores ubicados estratégicamente a lo largo del tubo rociador.

La agitación Ser-ductor ofrece 5 veces la potencia de la bomba en cada boquilla. Se distribuye efectivamente el nivel deseado de agitación a las áreas críticas en el tanque de proceso.

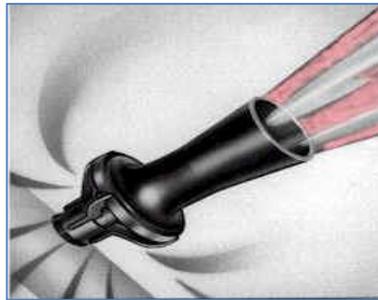


Figura 2. 12. Eductor de agitación

Fuente: [14]

Con los sistemas de Ser-ductor, el electrolito se agita sin la entrada de materias extrañas tales como suciedad que conlleva la preparación de la pieza a niquelar como es a menudo en este caso.

La agitación Ser-ductor en un tanque de proceso mantiene las partículas extrañas en el fondo del tanque donde puede formar una capa de lodo que acorta la vida del electrolito, requiere vertederos caros, y costoso tiempo de inactividad en el medio para la limpieza manual del fondo del tanque.

Al mantener efectivamente la "suciedad" en suspensión, el sistema de Ser-ductor hace que sea más fácil para un sistema de filtración en el tanque para eliminar las partículas. Esto extiende la vida de la bañera y reduce en gran medida la posibilidad de contaminación.

Al instalar este sistema es necesario también implementar un filtro para que el electrolito no afecte a la bomba, también para que la solución se mantenga libre de impurezas, estas afectan a la calidad del acabado en las piezas.

2.6. Sistema de recirculación

El sistema de recirculación utiliza un circuito hidráulico que consta de una bomba centrífuga, un sistema de cañerías y un juego deeductores

- **Bomba centrífuga**

Es una bomba de tipo rotativo; la Figura 2.13. Muestra el esquema de este tipo de bombas. El funcionamiento es cuando el fluido entra al cuerpo de la bomba donde un juego de alabes la hacen girar a gran velocidad; la fuerza centrífuga expulsa el agua fuera de la bomba o hacia la siguiente etapa de la bomba

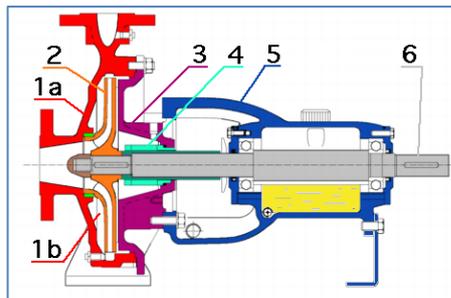


Figura 2. 13. Corte esquemático de una bomba centrífuga.

Tabla 2. 3.

Partes de la bomba

1a	carcasa
1b	cuerpo de bomba
2	soporte de cojinetes
3	tapa de depresión
4	apertura del eje
5	cierre del eje
6	eje

Fuente: [15]

- **Eductores**

Dispositivo mecánico que utiliza el efecto Venturi para multiplicar la cantidad de fluido transferido por una bomba

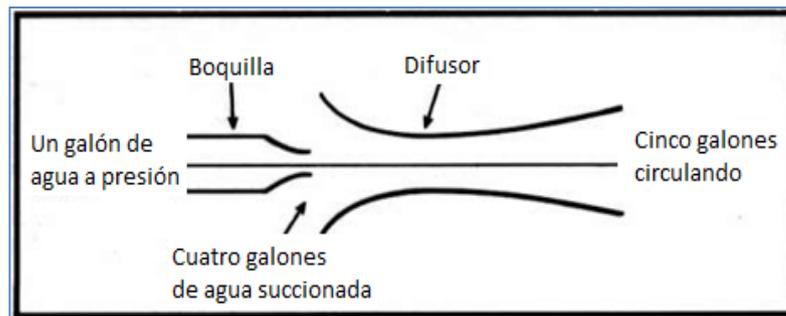


Figura 2. 14. Principio de funcionamiento de un eductor

Fuente: [16]

- **Cañerías**

Las cañerías deben ser seleccionadas de un material apropiado dependiendo del electrolito a ser utilizado y la capacidad de flujo que se requiera

- **Accesorios**

Adicional a los elementos principales, se puede utilizar accesorios tales como filtros, este dispositivo es necesario para liberar de impurezas el electrolito y también protege a la bomba.

- **Filtro**

Por este dispositivo pasa el fluido, en el cual se limpiara y eliminará impurezas que se encuentran en el fluido, muy necesario en el proceso de niquelado. Antes de abordar el proceso de electrodeposición el objeto o elemento a niquelar necesariamente tiene que pasar por el proceso de

pulido mecánico para igualar la superficie de estas, se lo ejecuta con polvo de lija. Se tiene que limpiar antes de introducir al baño, pero las impurezas no son eliminadas en su totalidad. Por eso es la jerarquía del filtrado de la sustancia para que se limpie la sustancia extrañas que se hallen en el electrolito

2.7. Elementos eléctricos

- **Cálculo de la potencia requerida para el proceso de electrodeposición**

La potencia requerida para calentar el baño, P_w , puede calcularse con la Ecuación 2.2

$$P_w = \frac{Q_T}{t} \quad \text{Ecuación 0.2}$$

Dónde:

P_w ,	Potencia requerida para calentar el baño	$[\frac{J}{seg}]$
Q_T ,	Calor Transferido	$[J]$
t ,	segundos	

Donde el calor transferido se calcula con la formula

$$Q_T = P_V * C_E * \Delta t \quad \text{Ecuación 0.3}$$

Dónde:

Q_T ,	Calor Transferido	$[kJ]$
P_V ,	Masa de la solución	Kg
C_E ,	calor especifico	$[KJ * kg^{-1} * ^\circ K^{-1}]$
Δt ,	variación de la temperatura	$[^\circ K]$

- **Resistencia eléctrica**

Una vez determinada la potencia pedida por el proceso se puede determinar el tipo de resistencia más conveniente para la celda electrolítica. Es necesario que el material de la resistencia no altere el proceso químico por lo que se encarga utilizar titanio, tantalio, cuarzo, teflón y vidrio [2]



Figura 2. 15. Resistencia eléctrica de cuarzo

- **Sensor de temperatura**

Un sensor de temperatura permite conocer la temperatura de un determinado proceso, dependiendo de la aplicación se pueden encontrar sensores de pequeñas prestaciones (que vienen incorporados en circuitos integrados) hasta sensores de capacidad industrial. Algunos sensores utilizados en la industria se mencionan a continuación:

- **RTD**

El detector de temperatura resistivo está constituido por materiales que cambian su resistencia eléctrica con la temperatura, dependiendo del material será el rango y la apreciación del instrumento. Los materiales preferidos para la implementación son platino, níquel, cobre, hierro-níquel

Termistor

Al igual que las RTDs, los termistores basan su funcionamiento en la propiedad de ciertos elementos de variar su resistencia eléctrica con la temperatura; sin embargo, a diferencia de las RTD que se construyen con metales, los termistores están hechos de materiales semiconductores. Algunos materiales comúnmente utilizados son óxidos de metales como níquel, cobalto, cobre, titanio, manganeso, etc.

- **Termocuplas**

Basan su funcionamiento en diferentes propiedades termoeléctricas de los materiales. Está conformado por dos metales que al encontrarse juntos, generan una corriente proporcional a la diferencia entre la temperatura de los metales

- **Pirómetro**

“También denominado termómetro de radiación, es un instrumento que permite medir la temperatura de una superficie midiendo la radiación electromagnética (infrarroja o visible) emitida por un objeto” [17]

- **Fuente de energía**

El proceso de electrodeposición requiere una fuente de corriente directa. En el caso del niquelado este voltaje oscila entre 4 y 10 V; la potencia de la fuente dependerá de la reacción que se vaya a realizar. Algunas fuentes de uso común se citan a continuación:

- **Generadores**

Se utilizan cuando se maneja grandes cantidades de energía.

- **Rectificadores.**

Transforman la corriente AC de la red eléctrica en corriente DC. Los rectificadores más comunes se citan a continuación

- **Rectificadores no controlados.**

Estos rectificadores se construyen con elementos pasivos; tal es el caso de los diodos, estos rectificadores son los más utilizados en la industria porque tienen la capacidad de controlar grandes corrientes.

- **Rectificadores controlados.**

Están contruidos con interruptores activos, pudiendo ser estos MOSFETs, IGBTs, SCRs, etc.

- **Rectificadores de doce pulsos.**

Los rectificadores de doce pulsos son utilizados en aplicaciones en las que se requiera manejar grandes cantidades de energía

- **Baterías.**

Son una excelente opción para aplicaciones pequeñas u ocasionales donde la adquisición de un generador o rectificador de corriente no se justifica,

En este caso se utilizara un rectificador de corriente trifásica, el niquelado se lo realizara en grandes cantidades.

- **Accesorios de Automatización.**

La empresa ha dispuesto tener un control semiautomático para este sistema de niquelado, por lo tanto el diseño se lo realizara técnicamente buscando los elementos eléctricos que satisfagan los requerimientos y vida útil de la maquina evitando así problemas en su correcto funcionamiento

- **Fusible.**

Este elemento eléctrico permite la circulación de la corriente, si supera el valor establecido este se derrite y abre el circuito, impidiendo el paso de la corriente.



Figura 2. 16. Fusible

Fuente: [18]

- **Interruptor magneto-térmico breaker**

Interrumpe la circulación de corriente cuando esta excede de un valor ya determinado en catálogos y abre el circuito.

También lo interrumpe cuando ha ocurrido algún cortocircuito, para evitar daños en los equipos.



Figura 2. 17. Interruptor Magnetotermico

Fuente: [19]

- **Interruptor de encendido.**

Es un elemento de maniobra con dos posiciones estables. Interrumpe o establece la intensidad nominal. Dentro de los circuitos de control en baja tensión es posible encontrarlos como elemento de maniobra, aunque en estos casos se suele emplear otros términos como posicionador, selector, interruptor de posición o conmutador.

- **Interruptor de emergencia.**

Son de tipo hongo por lo general de color rojo, se los usa para detener el proceso en caso de emergencia.



Figura 2. 18. Pulsador de emergencia

Fuente: [20]

- **Contactor.**

Se utilizara este elemento electromagnético que es capaz de interrumpir la corriente en el circuito donde está instalado.



Figura 2. 19. Contactor electromagnético

Fuente: [21]

- **Temporizador On delay.**

Estos temporizadores inician su conteo al momento de energizar la bobina. Al llegar al tiempo dado, los contactos del temporizador cambian de posición.



Figura 2. 20. Temporizador On delay

Fuente: [22]

- **Sirena.**

Es un instrumento acústico que se utilizara para la alerta y aviso, que el proceso ha finalizado correctamente en el tiempo establecido.



Figura 2. 21. Sirena Acústica

Fuente: [23]

- **Botoneras o Pulsadores.**

Son elementos que tiene una sola posición estable. Esta posición estable permitirá el paso de corriente.

En este caso el pulsador a utilizar será un normalmente cerrado o pulsador de paro y un pulsador normalmente abierto o pulsador de marcha.



Figura 2. 22. Pulsador industrial

Fuente: [24]

- **Lámparas piloto.**

Una lámpara está constituida por un alojamiento para los elementos de conexión y laminación, está cubierta por una tapa que variara su color de acuerdo a las necesidades.

Se utilizara para indicar si el proceso se encuentra encendido o apagado en el tablero de control.



Figura 2. 23. Lámpara piloto

Fuente: [25]

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE NIQUELADO

3.1. Requerimientos técnicos para el diseño y construcción de un sistema de niquelado.

Existen métodos que permiten establecer los parámetros que tienen mayor importancia en la construcción de una máquina y las cuales se deben tener en cuenta para la construcción de la misma, entre los que se hallan: Diseño Concurrente, Casa de la Calidad y los mapas de ponderación.

3.1.1. Diseño Concurrente

La Ingeniería Concurrente es una filosofía orientada a integrar sistemáticamente y en forma simultánea el diseño de productos y procesos, para que sean considerados desde un principio todos los elementos del ciclo de vida de una máquina, desde la concepción inicial hasta su disposición final. Debe otorgar además una organización flexible y bien estructurada, proponer redes de funciones apoyadas por tecnologías apropiadas y arquitecturas comunes de referencia. [26]

3.1.2. Casa de la Calidad

Es una representación gráfica para el diseño para la Calidad que busca focalizar el diseño de los productos y servicios y cómo éstos se alinean con las necesidades de los clientes. Permite la documentación formal del proceso lógico a través de la superposición de matrices donde se traducen las necesidades de los clientes en características específicas de productos o servicios. Esta herramienta consiente entre otras cosas entender mejor las prioridades de los clientes y buscar cómo responder de forma innovadora a dichas necesidades. [27].

Requerimientos del Cliente:

El cliente necesita las siguientes características:

- Superficie Lisa
- Uniformidad
- Menor tiempo de entrega
- Resistente a la corrosión
- Resistente al desgaste
- Dureza de la Película

Características Técnicas

Con los requerimientos anteriores del usuario lo traducimos en características técnicas.

- Tiempo de Niquelado
- Agitación de Electrolito
- Temperatura del Electrolito
- Nivel de Desgaste de Níquel Aporte
- Pureza Electrolítica
- Densidad de corriente
- Extractor de gases

La casa de la calidad realizada arrojó los siguientes resultados:

Título: _____
 Autor: _____
 Fecha: _____
 Notas: _____

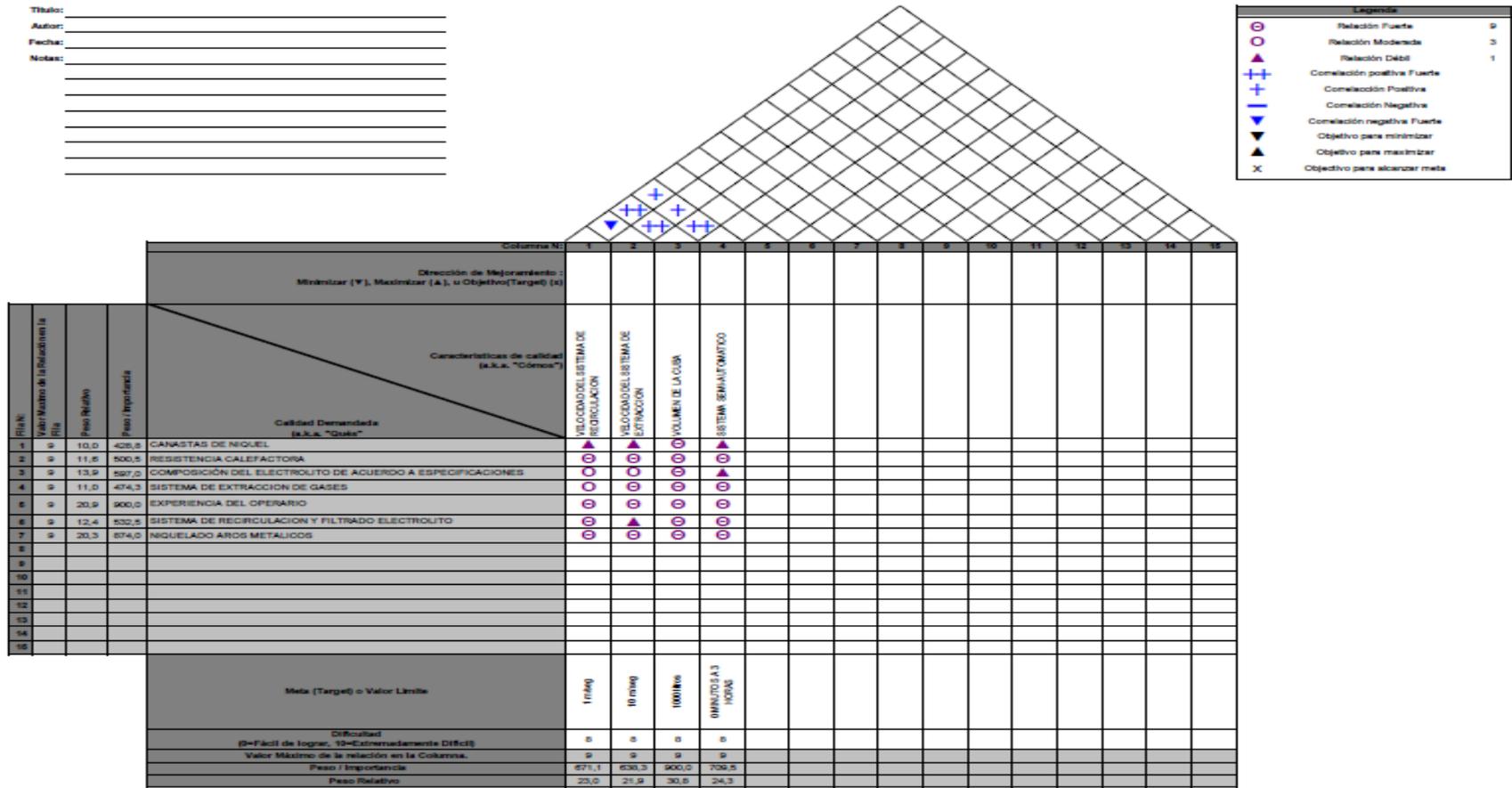


Figura 3. 4. Planeación de Producción.

3.1.3 Especificaciones técnicas

Con el apoyo de la casa de calidad se formó las especificaciones técnicas de la máquina, las cuales que aparecen en la siguiente tabla, utilizando siguiente formato:

Tabla 3. 1.
Especificaciones técnicas de la maquina

Empresa Cliente: Universidad de las Fuerzas Armadas	Producto: Niqueladora con agitación, recirculación del electrolito y extracción de los gases producidos en el proceso.	Fecha Inicial: 19/08/15 Última revisión:		
Diseñadores: Félix Gallo Castillo Patricio Ichina Muquinche		Página 1		
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función		C	R	Diseño de una maquina niqueladora con agitación del electrolito para mejorar el acabado superficial de las piezas metalizas.
Fuerzas		D	R	Fuerza que soporte en el tubo de cobre por la ubicación de piezas metálicas rango de masa 60-80 kg.
		D	R	Caudal de la bomba necesario para que se produzca agitación interna del electrolito rango 800 – 1000 <i>litros/hora</i>
		D	R	Caudal de gases que se genera en el proceso un rango 500-800 m^3/h
Calidad Superficial		D	R	Superficie Brillante y Liso
Automatización		C	R	Mando manual para encendido del sistema, de los distintos dispositivos. Mando automático para el apagado de la máquina y todo el proceso de niquelado, salvo el sistema de extracción de gases y el rectificador Industrial.
		C	D	La máquina funcionará con un operario
Energía		C	R	Energía eléctrica Rectificador Industrial de 500 A 12 Vcd
Mantenimiento		C	R	De fácil montaje y desmontaje para el mantenimiento
Propone: M = Márquetin, D = Diseño, F = Fabricación, C= Cliente.				
R/D: R = Requerimiento; D = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.				

3.1.4. Mapa Morfológico.

Es una tabla en la que se cualifican las diferentes alternativas con sus respectivas características, con el fin de seleccionar la mejor opción de diseño.

3.1.5. Mapa de Ponderación.

Es una tabla cuya diferencia es que realiza un análisis cuantitativo, es decir que valora las características de las diferentes alternativas para que se realice una selección exacta.

Los requerimientos previos al diseño y construcción de una Niqueladora se han determinado como:

- Menor tiempo de Niquelado.
- Mejor agitación de electrolito.
- Optimización o ahorro del Níquel de aporte.
- Mayor pureza del Electrolito.
- Temperatura exacta para la Electrodeposición.
- Sistema de extracción de Gases.
- Reducir espacio de contenedor electrolítico.

3.2. Diagramas funcionales

3.2.1. Función del sistema de Niquelado.

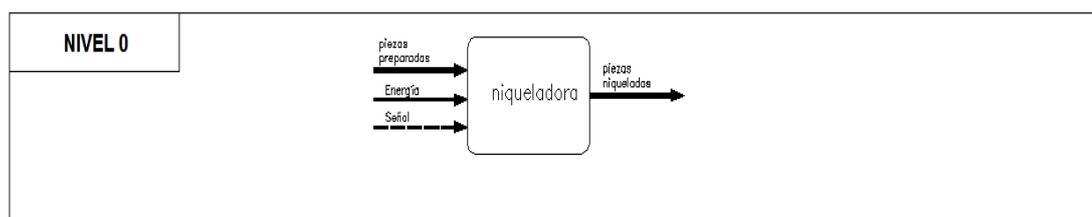


Figura 3. 5. Nivel 0 del sistema de Niquelado

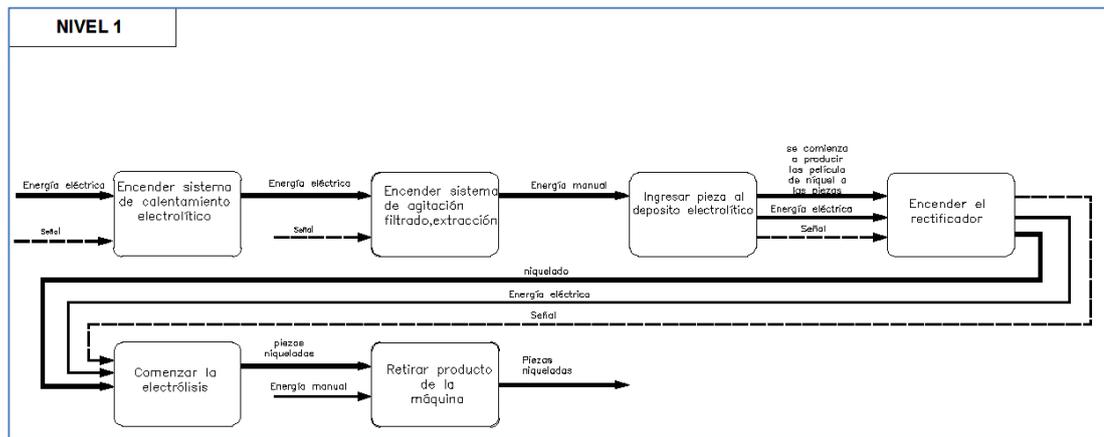


Figura 3. 6. Nivel 1 del sistema de Niquelado.

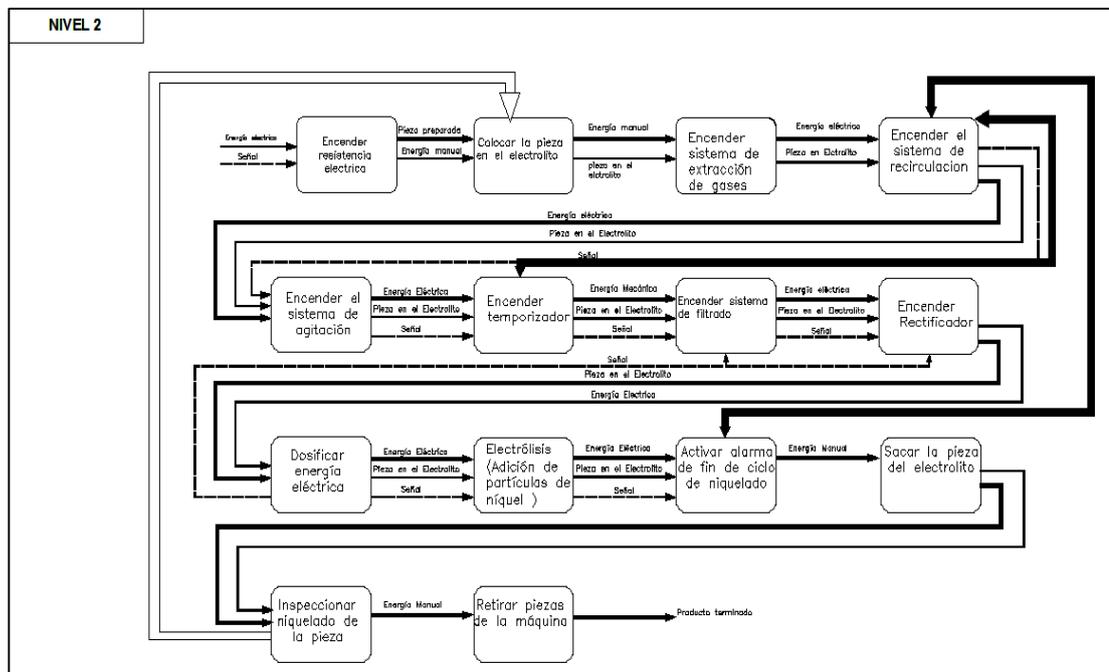


Figura 3. 7. Nivel 2 del sistema de Niquelado.

3.2.2. Análisis de Diagramas funcionales.

En el nivel 0, se presenta la función primaria, es realizar el niquelado de piezas metálicas. Evidentemente para que la máquina cumpla su función se requieren materiales, energía y señales de control.

El nivel 1 se especifica de manera general los diferentes procesos o funciones a realizarse para obtener el niquelado, también en el diagrama se toma en cuenta la semi-automatización, Ingreso de señales manuales y eléctricas, utilización de un rectificador.

En el nivel 2 aparecen varias acciones que en el nivel anterior no se especificaron, que son fundamentales para el funcionamiento de la máquina. Una de las principales funciones es el encendido de las resistencias eléctricas para establecer la temperatura adecuada, y el accionamiento de un sistema de recirculación con filtración del electrolito y otro de extracción de gases producidos en el proceso.

3.3. Módulos.

La modularidad consiste en dividir al producto en varios bloques funcionales o constructivos. El diseño de productos tomando en cuenta la modularidad ayuda enormemente en varios aspectos como la reducción de la facilidad de mantenimiento y facilidad de producción.

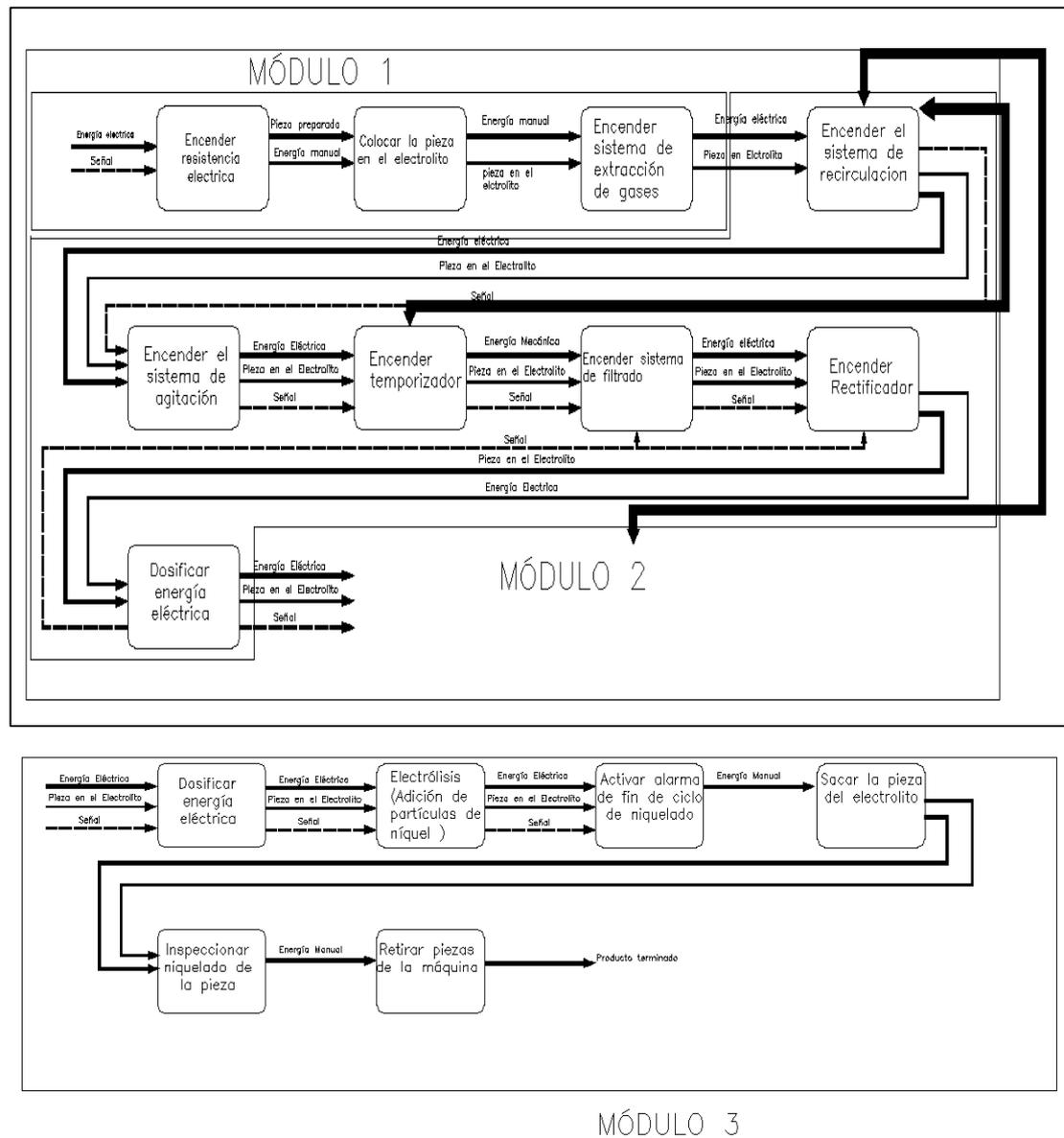


Figura 3. 8. Módulos del sistema de niquelado electrolítico.

3.3.1. División modular.

3.3.1.a. El módulo 1 cumple las siguientes funciones:

- Encender la resistencia eléctrica.
- Encendido manual.



Figura 3. 9. Encendido manual

Fuente: [28]

El encendido manual desde un tablero de control eléctrico, se lo realiza con tiempo de antelación para que pueda llegar hasta la temperatura deseada el electrolito.

Ventajas.

Ahorro de energía eléctrica.

Ahorro de dinero.

Control minucioso

Desventajas:

Calentamiento lento.

Mantenimiento laborioso.

Pérdida de tiempo

a) Encendido automático.

El encendido automático se lo realiza por medio de un sensor electrónico de temperatura a través de un PLC.

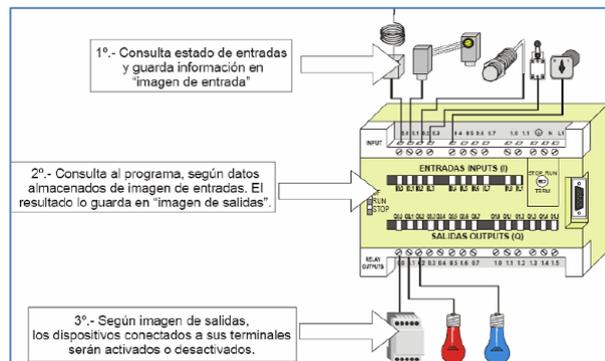


Figura 3. 10. Encendido automático.

Ventajas.

- Ahorro de tiempo.
- Ahorro de mano de obra.
- Control personalizado

Desventajas:

- Consumo de corriente eléctrica.
- Elementos sensibles a la corrosión.
- Mantenimiento costoso

b) Colocar la pieza en el electrolito.

Colocación Manual.



Figura 3. 11. Operario coloca pieza

Utilizando esfuerzo manual se colocan la pieza en el depósito electrolítico, con esto se tendrá una mejor ubicación de la pieza a niquelar.

Ventajas:

- Mejor Ubicación.
- Bajo consumo de energía.
- Ahorro de espacio.

Desventajas:

- Gran esfuerzo físico.
- Menor capacidad de producción.
- Mano de obra innecesaria.

c) Colocar la pieza a través de sistema de poleas

Se utiliza un sistema de poleas para piezas de gran peso que son difíciles de manejar.

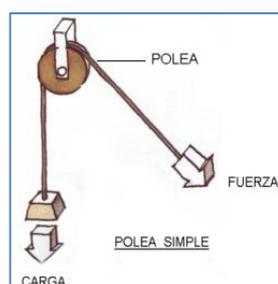


Figura 3. 12. Sistema de poleas

Fuente [29]

Ventajas:

- Menor esfuerzo físico.
- Bajo consumo de energía.

- Ahorro de mano de obra

Desventajas

- Disponibilidad de espacio.
- Innecesaria para la cuba a diseñar.
- Tiempos innecesarios de producción.

d) Encender el sistema de extracción de gases

Encendido manual.

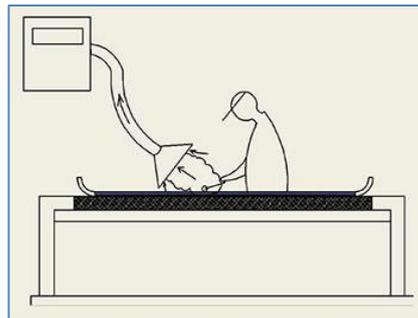


Figura 3. 13. Extracción Manual

Fuente: [30]

El encendido de del sistema manual por medio del tablero de control eléctrico, el operario de la maquina deberá considerar que tan contaminado se encuentre el ambiente para que encienda y apague el extractor.

Ventajas:

- Mejor ambiente de trabajo.
- Mínimo consumo eléctrico.
- Bajo precio.

Desventajas

- Utilización innecesaria del recurso humano.
- Pérdida de tiempo en el proceso.
- Espacio reducido para el uso de la Cuba.

e) Encendido automático



Figura 3. 14. Extractor Automático
Fuente [31]

Este encendido depende de variables de la máquina que serán transmitidas a través de sensores.

Ventajas:

- Supervisión personalizada.
- Control de calidad del ambiente.
- Ahorro de mano de obra.

Desventajas

- Consumo eléctrico.
- Alto precio.
- Dificultad en el mantenimiento.

3.3.1.b. El módulo 2 Cumple las siguientes funciones:

f) Sistema de agitación biela manivela



Figura 3. 15. Sistema biela Manivela

Este sistema permite convertir el movimiento giratorio continuo que da el motor en uno lineal el cual dará movimiento rectilíneo a la barra de cobre donde se encuentra ubicada la pieza a niquelar teniendo, este sistema se encuentra encendido en todo momento.

Ventajas:

- Mayor eficiencia mecánica.
- No precisa Lubricación.
- Relación de transmisión constante.

Desventajas

- La correa puede salirse de la polea y dejar de funcionar.
- Alto consume eléctrico.
- Costoso y ruidoso.

g) Sistema de agitación hidráulica

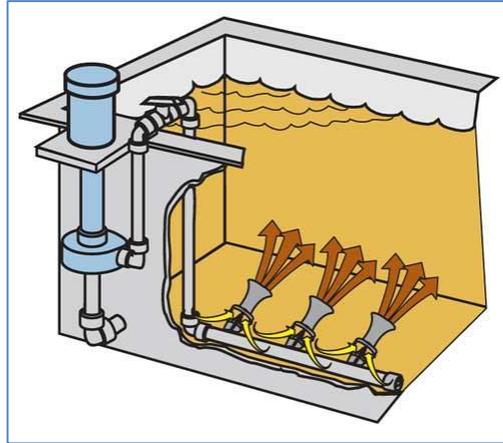


Figura 3. 16. Agitación hidráulica

Fuente: [32]

Este sistema aprovecha la recirculación del electrolito para eliminar sus impurezas a través de un filtro y la agitación en el interior del depósito electrolítico por medio de accesorios a lo largo de la tubería, y se apaga el sistema dependiendo del tamaño de la pieza metálica automáticamente.

Ventajas:

- El sistema aprovecha el sistema de recirculación para agitar el electrolito por medio de eductores.
- Bajo consumo eléctrico.
- Bajo ruido.
- Electrolito libre de impurezas.
- Rendimiento óptimo.

Desventajas:

- Mantenimiento con los sistemas de recirculación y agitación apagada.
- Mantenimiento periódico del filtro.

- Tubería interior puede romperse al caer piezas metálicas de gran peso.

h) Dosificar la energía eléctrica.

i) Encendido manual del rectificador.



Figura 3. 17. Encendido manual

Fuente: [33]

La dosificación de forma manual es por medio de palancas en el rectificador donde se regula el voltaje de acuerdo la necesidad.

Ventajas

- Ahorro de energía.
- Supervisión personalizada.
- Bajo Precio.

Desventajas:

- Pérdida de tiempo.
- Utilización innecesaria de mano de obra.
- Mantenimiento costoso.

a) Encendido automático del rectificador



Figura 3. 18. Encendido automático

Fuente: [33]

La dosificación automática es realizada por medio de sensores en el sistema interno del rectificador que da señales de variables del sistema

Ventajas

- Mejor control eléctrico.
- Rendimiento óptimo.
- Ahorro de mano de obra.

Desventajas:

- Alto precio.
- Mantenimiento laborioso.
- Consumo de energía

3.3.1.c. El módulo 3 cumple las siguientes funciones.

b) Electrolisis (Adición de partículas de Níquel)

Encendido los sistemas de recirculación, filtrado, agitación y el rectificador de corriente se produce la electrolisis que es el principio básico del niquelado.

c) Activar alarma de fin de ciclo de niquelado.

La activación de la alarma será automática y es la señal de fin del niquelado. Esta se activara cuando el temporizador se apague al igual que todo el sistema.

d) Sacar la Pieza del electrolito.

El operario procederá a sacar la pieza ya niquelada en forma manual una vez terminado el ciclo y apagado de los sistemas y este procederá a la inspección del acabado.

e) Inspeccionar Niquelado de pieza.

El operario con su nivel de experiencia procederá a la revisión de la calidad del niquelado electrolítico, tomando en cuenta este criterio el podrá darle su visto bueno o colocar otro tiempo prudencial en el depósito electrolítico.

f) Retirar pieza de la máquina.

Una vez inspeccionada la calidad de la superficie niquelada de la pieza metálica por el operario, se procede a retirarlo de la máquina para luego realizar el proceso de cromado siguiente.

3.3.2. Determinación de parámetros y criterios para el diseño.

El sistema de Niquelado brindara un producto de calidad que es lo que el cliente necesita, optimizara tiempos y ayudara a mantener una buena área de trabajo.

Al necesitar analizar las diferentes alternativas se determinara la función principal del sistema y por ende de la máquina.

La tabla muestra los objetivos que se derivan de la función principal del sistema, los mismos que ayudan a generar las restricciones y variables.

Tabla 3. 2.

Parámetros previos al diseño

FUNCIÓN PRINCIPAL	Niquelar piezas metalizas, eliminar impurezas en el electrolito, agitación uniforme del electrolito, optimización del níquel aportador, eliminación de gases tóxicos
RESTRICCIONES	Piezas metalizas largas, gran peso
OBJETIVOS	Minimizar tiempo y mejorar la calidad.
VARIABLES LIBRES	Selección de piezas metálicas

El sistema de Niquelado consta de las siguientes funciones o componentes para el correcto funcionamiento, estas son:

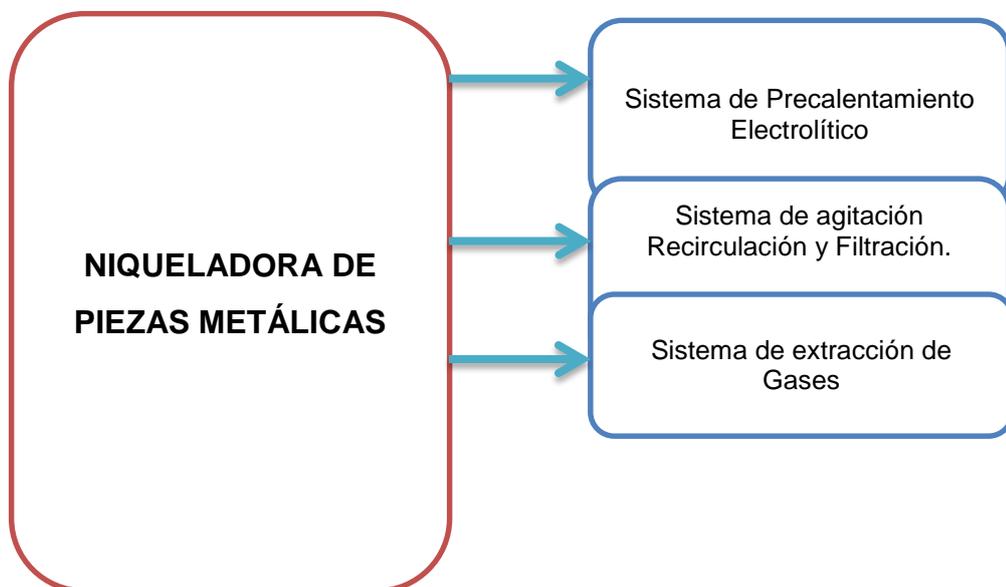
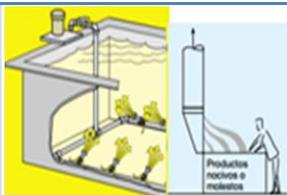


Figura 3. 19. Sistemas de la Niqueladora.

3.3.3. Análisis de alternativas del sistema estructural.

Al escoger la mejor alternativa, se analiza algunas opciones con sus respectivas características en un mapa de ponderación, como en la siguiente tabla.

Tabla 3. 3.
Mapa Morfológico Tipos Alternativas.

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Alternativa			
Características			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tiempo de Niquelado	Alta	Media	Baja
Agitación el electrolito	Biela Manivela	Biela Manivela	Agitación Hidráulica
Desgaste del Níquel de aporte	Alto	Alto	Bajo
Pureza electrolítica	Nula	Nula	Alta
Temperatura del electrolito	Alta	Media	Alta
Extracción de gases	Nula	Media	Alta
Dimensión e la pieza metálica	Alta	Alta	Media

Es necesario realizar un mapa de ponderación de las diferentes alternativas colocando su valoración y su calificación, tomando en cuenta el nivel de importancia y por ende el de mayor valor las características principales del sistema, las cuales tendrán mayor atención al momento de cumplir las expectativas de la máquina.

Tabla 3. 4.

Mapa de Ponderación de las alternativas.

Características	MAPA DE PONDERACIÓN						
	TIPO Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		Valoración	Calificación	Valoración	Calificación	Valoración	Calificación
Tiempo necesario de niquelado	0.2	5	1	3	0.6	9	1.8
Agitación del electrolito	0.2	4	0.8	4	0.8	8	1.6
Nivel de Níquel aportado	0.2	7	1.4	7	1.4	7	1.4
Pureza electrolítica	0.15	2	0.3	3	0.45	9	1.32
Temperatura del Electrolito	0.1	6	0.6	6	0.6	7	0.7
Extracción de Gases	0.1	3	0.3	2	0.2	8	0.8
Dimensión de la pieza	0.05	8	0.4	8	0.4	6	0.3
	TOTAL		4.8		4.45		7.95

En el análisis de las diferentes alternativas se selecciona como mejor opción un sistema hidráulico de agitación filtración y recirculación y un sistema de control de gases.

3.4. Criterios de diseño sistema de niquelado**3.4.1. Criterios diseño de la cuba**

En el diseño del depósito electrolítico se toma en cuenta el volumen aproximado de sales que se introducirá la misma, por esta razón se utilizara Planchas de toll ASTM A 36 que es la más comercial y usadas frecuentemente en estructuras, para que soporte la presión producida en las paredes por acción del volumen del electrolito.

Se toma en cuenta que las sustancias que componen el electrolito son corrosivas, por este hecho se utilizara unas planchas de PVC para forrarlo internamente y controle esta acción

Las dimensiones de la cuba tendrán una directa relación con las piezas a niquelar y la posición de las mismas. El sistema que se realizara es para el niquelado de 2 aros metálicos, cada aro tiene un diámetro de 0.55 m.

- **Características de los rines de vehículos pesados.**

Existen rines construidos en base a base de acero, aluminio y aleaciones.

Pesan de acuerdo al material que fueron construidos entre 24.5 y 31 kg.

El acero de temple total más comúnmente usado para los rodamientos es un acero al cromo rico en carbono, que contiene aproximadamente un 1% de carbono y un 1,5% de cromo según la normativa ISO 683-17:1999.

3.4.2. Criterios de diseño del sistema de Recirculación

En este diseño de igual manera como en el anterior trabaja con estas sustancias corrosivas, por este hecho la tubería usada para la recirculación será de PVC. La bomba centrífuga que accione el sistema de recirculación será plástica con los criterios ya señalados en la casa de la calidad y por ende el filtro tendrá características similares.

3.4.3. Seguridad del operario.

La seguridad del operario depende del ambiente de trabajo donde se encuentre. Esto lleva a que se diseñe un sistema de extracción de gases o vapores que se produce en el sistema, producto del calentamiento de las sales del electrolito necesario para la electrolisis.

Según norma NTE INEN 2 266:2000 del MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

3.4.4. Criterios sobre peso en el cátodo.

El cátodo es donde posaran las piezas metálicas que se van a niquelar.

Se utilizara barras de cobre que es un buen conductor de electricidad y esto ayudara a la electrodeposición. En el mercado existen barras de cobre de muchos tamaños y grosores, esto ayudara a elegir la correcta tiene que soportar un esfuerzo máximo de dos aros metálicos cuya masa es de 60 Kg cada uno y la flexión de la barra producida por la acción del aro debe ser moderada.

3.4.5. Criterios de selección de calentador electrolítico.

En el sistema el electrolito debe tener una temperatura constante de entre 40 y 60 grados centígrados [2], para que la solución llegue a esta temperatura debe someterse a un precalentamiento de 5 hora aproximadamente y calentar un volumen de alrededor de 1000 litros. El sistema debe ser controlado por un termostato que impida que variara esta temperatura durante la electrolisis.

3.4.6. Criterios de selección del rectificador industrial.

Los rectificadores son equipos convertidores de corriente alterna / continua con alimentación trifásica primaria en 220 Vca y salida en corriente continua hasta 10.000A, la empresa cuenta con un rectificador industrial que varía su voltaje entre 2 y 12 voltios de corriente continua que para el proceso de niquelado es importante, su voltaje debe variar dependiendo de la pieza que se introduzca al depósito electrolítico y siempre contante su corriente

La corriente continua obtenida es utilizada en distintos procesos electroquímicos que producen, entre otros, la deposición galvánica de metales (cincado, cromado, cobreado, niquelado, dorado etc.), el tratamiento superficial de me tales (desengrasado, anodizado, etc.), la deposición electrolítica de pinturas (Cataforesis) y la electro obtención de metales de máxima pureza (Cobre, plata, oro electrolítico [34]



Figura 3. 20. Rectificador Industrial

Su control manual se lo realiza por llaves selectoras de levas. Permite controlar el proceso por el parámetro Tensión y lo hace mediante una llave de selección gruesa (Mínima – Máxima). Se obtienen así tensiones distintas entre 2Vcc y 12Vcc con saltos de 1 Vcc.

El rectificador tiene incorporado en su frente dos instrumentos analógicos que indican tensión y corriente. Resulta así un rectificador de sencillo manejo, bajo costo y gran versatilidad para procesos no repetitivos o que no requieren de parámetros estabilizados.

El rectificador se basa en convertidores alterna /continua de seis pulsos, de aislación seca, refrigerados por un ventilador y por aire proveniente del exterior, con circuitos eléctricos de potencia protegidos en su interior.

3.4.6.a. Rectificador de Seis Pulsos

Son rectificadores trifásicos se utilizan normalmente en la industria para producir tensión y corriente continuas para grandes cargas. En el siguiente grafico se muestra el rectificador trifásico en puente completo.

El generador trifásico de tensión está equilibrado y la secuencia de fases es a-b-c. En el análisis inicial del circuito se supondrá que el generador y los diodos rectifican con eficacia la corriente alterna.

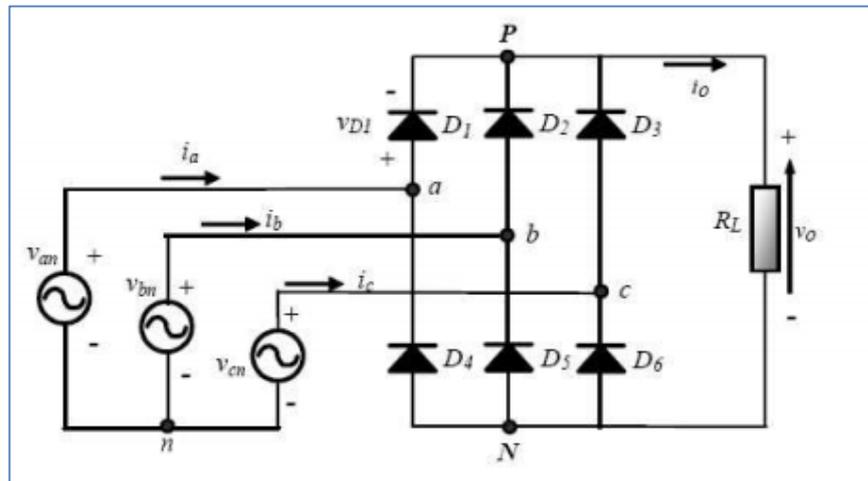


Figura 3. 21. Rectificador 6 Pulsos

3.5. Selección del material.

3.5.1. Material del depósito electrolítico.

Para la selección del material del electrolito necesitamos lo siguiente

Tabla 3. 5.

Características del material para la cuba.

Propiedades generales	
Resistencia a la fatiga	289 MPa
Densidad	7.5 e3 Kg/m ³
Durabilidad al Agua	aceptable
Composición	Acero al carbón .aluminio o hierro

Para la selección del material, se ha utilizado el software CES EduPack 2009, teniendo en consideración los requerimientos mecánicos que necesita la máquina.

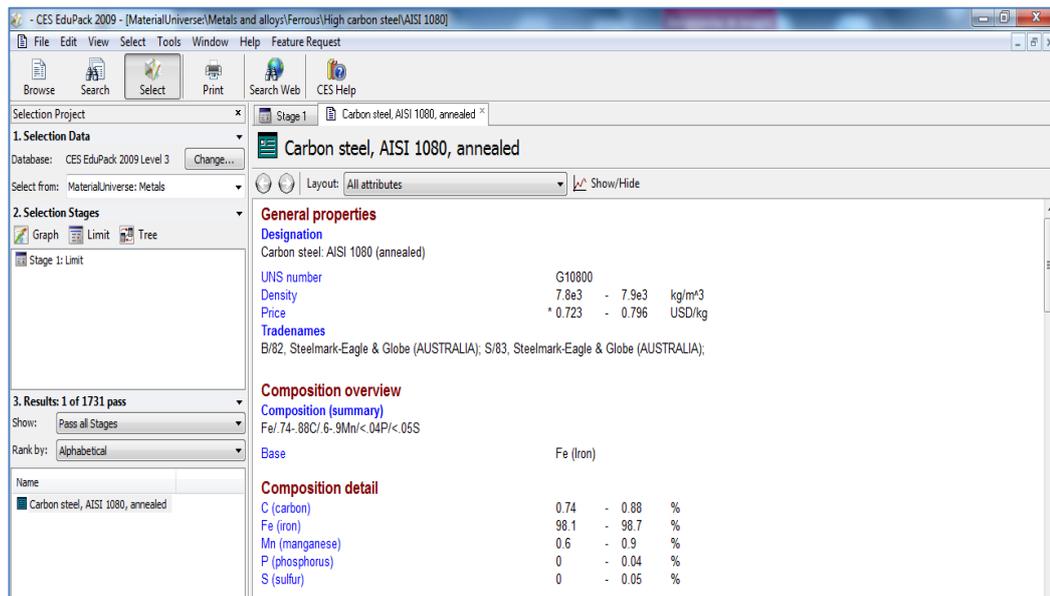


Figura 3. 22. Selección del Material de la estructura del Depósito Electrolytico

Se puede observar que en propiedades y en composición química, el acero AISI 1080 es muy similar al ASTM A36, el cual es más accesible en el mercado ecuatoriano.

Tabla 3. 6. Principales propiedades del Acero A36.

Propiedades Generales	Máxima
Densidad	7.8 e3– 7.9 e3 Kg/m ³
Composición	Acero al carbón
Módulo de Young	200 – 215 GPa
Límite Elástico	335 – 415 MPa
Temperatura máxima de servicio	286 – 340 Grados centígrados
Módulo de Ruptura	335 - 415 MPa
Durabilidad al Agua (sal)	Aceptable
Alcalinos Fuertes	Aceptable
Resistencia a la Fatiga	281 – 327 MPa

3.5.2. Material del recubrimiento interno de la cuba.

En este caso el recubrimiento debe soportar sales químicas.

Tabla 3. 7.

Características del material de recubrimiento de la cuba

Propiedades generales	
Alcalinos fuertes	Aceptable
Densidad	1.23 e3 Kg/m ³
Durabilidad al Agua	aceptable
Composición	Pvc o polimero

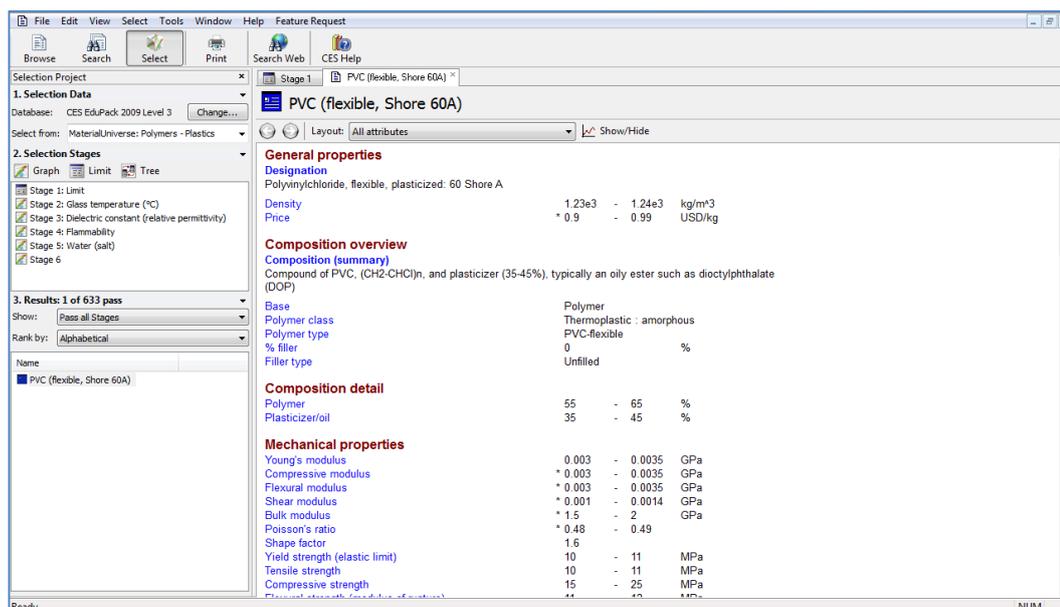


Figura 3. 23. Selección del Material de recubrimiento interno del Depósito Electrolytico

El resultado es PVC (flexible, shore 60 A), este tipo de polímero cumple las características requeridas en el recubrimiento de la cuba electrolítica

Tabla 3. 8.

Principales propiedades del PVC

Propiedades Generales	
Densidad	1.23 e3 – 1.24 e3 Kg/m ³
Módulo de Young	0.003 – 0.0035 GPa
Limite Elástico	10 – 11 MPa
Temperatura máxima de servicio	47 – 52 Grados centígrados
Módulo de Ruptura	11 - 12 MPa
Durabilidad al Agua (sal)	Aceptable
Alcalinos Fuertes	Aceptable
Tipo de Polímero	PVC Flexible

CONTINÚA →

3.5.3. Material de la barra para el ánodo y cátodo.

Debemos tomar en cuenta los siguientes valores:

Tabla condiciones iniciales para la sección de la barra de cobre

Tabla 3. 9.
Características de la barra de cobre

Propiedades generales	
Conductividad eléctrica	7 $\mu\text{ohm}\cdot\text{cm}$
Módulo de young	110 GPa
Módulo de ruptura	160 MPa
Porcentaje de cobre	95%

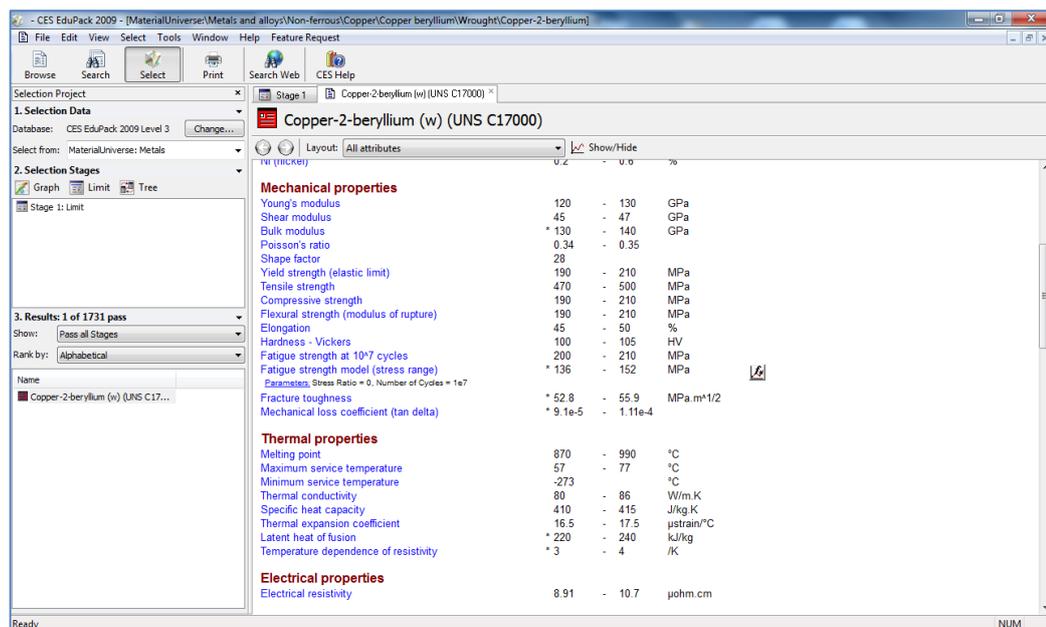


Figura 3. 24. Selección del Material conductor del Ánodo y Cátodo

Disminuida la lista de materiales, se ha elegido como el material más adecuado al **Cooper-2-berillium.(UNS C17000)**.

Tabla 3. 10.**Principales características del Cobre**

Propiedades Generales	
Densidad	8.24 e3– 8.26 e3 Kg/m ³
% Cobre	97.7 – 98.1 %
Módulo de Young	120 – 130 GPa
Limite Elástico	190 – 210 MPa
Temperatura máxima de servicio	57 – 77 Grados centígrados
Módulo de Ruptura	190 – 210 MPa
Durabilidad al Agua (sal)	Excelente
Alcalinos Fuertes	Excelente
Propiedad Eléctrica	8.91 – 10.7 $\mu\text{ohm.cm}$

3.6. Diseño de la cuba electrolítica**3.6.1. Dimensiones**

Las dimensiones de la cuba se toman del tanque del proceso que se pretende modernizar; estas dimensiones están de acuerdo con la necesidad de niquelar 2 aros por cada proceso de funcionamiento al mismo tiempo, el diámetro de un aro promedio es 0.55 metros, por lo tanto las dimensiones de la cuba serán:

- Largo: 1.65 m.
- Ancho: 0.90 m.
- Altura: 0.85 m.

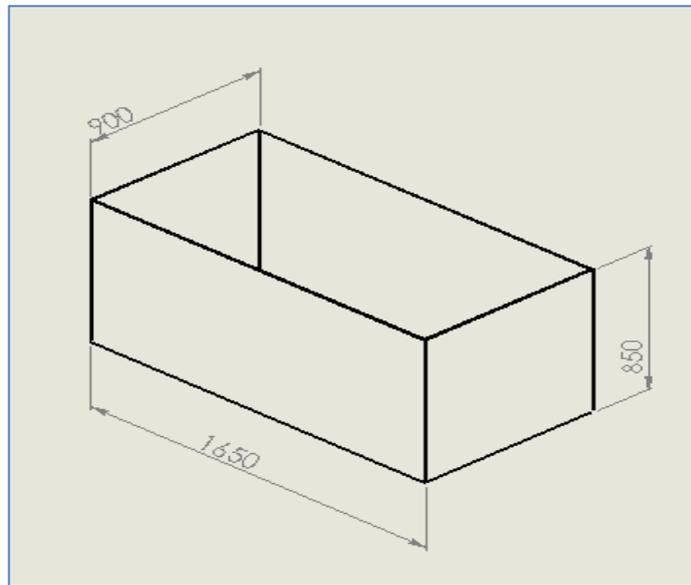


Figura 3. 25. Disposición Geométrica del Tanque a proyectar

3.6.2. Material de recubrimiento interno de la cuba

El electrolito se considera como una solución ácida de mediana concentración por lo que se recomienda la utilización de plástico para el material del tanque [35]

El material seleccionado para la cubierta del tanque reactor es el PVC. Algunas características del PVC se mencionan a continuación [36]:

- Rango de temperatura de trabajo -15°C $+80^{\circ}\text{C}$..
- Resistencia de rotura $S_u = 11 \text{ MPa}$.
- Buen aislante eléctrico.
- Elevada resistencia a sustancias químicas.
- Autoextingible.
- Impermeable a gases y líquidos.
- Mínima absorción de agua.
- Resistente a la acción de hongos, bacterias, insectos y roedores.
- Fácil de pegar y soldar.
- Resistente a las diferentes factores ambientales.

El PVC es un polvo blanco, inodoro e insípido, fisiológicamente inofensivo. Tiene un contenido teórico de 57% de cloro, difícilmente inflamable, no arde por sí mismo. La estructura de la partícula a veces es similar a la de una bola de algodón. El diámetro varía dependiendo del proceso de polimerización.

La configuración de las partículas de PVC, varía desde esferas no porosas y lisas hasta partículas irregulares y porosas.

El PVC especial para compuestos flexibles, debe poseer suficiente y uniforme porosidad para absorber los plastificantes rápidamente. Para compuestos rígidos, la porosidad es menos importante, debido a que a menor rango se obtiene mayor densidad aparente.

Para formular un compuesto de PVC, se requiere escoger la resina conforme a los requerimientos en propiedades físicas finales, como flexibilidad, procesabilidad y aplicación para un producto determinado.

La gran polaridad que proporciona el átomo de cloro transforma al PVC en un material rígido. El PVC acepta fácilmente diversos plastificantes, modificándolo en flexible y elástico. Esto explica la gran versatilidad que caracteriza a este polímero, empleado para fabricar artículos de gran rigidez y accesorios para tuberías, productos semiflexibles como perfiles para persianas y otros muy flexibles como sandalias y películas.

La estructura del PVC puede ser comparada con la del Polietileno. La diferencia radica en que un átomo de la cadena del Polietileno es sustituido por un átomo de cloro en la molécula de PVC. Este átomo aumenta la atracción entre las cadenas polivinílicas, dando como resultado un polímero rígido y duro [37].

3.6.3. Espesor de pared.

El electrolito debe disolverse en una cantidad proporcional de agua; la cantidad de agua está determinada por el volumen del recipiente donde se va a disolver las sustancias químicas.

Datos:

- Largo: 1.60 m.
- Ancho: 0.85 m.
- Altura: 0.8 m.

$$V = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Altura}$$

Ecuación 0.1

$$V = 1,6 \text{ m} * 0,85 \text{ m} * 0,8 \text{ m} = 1.088 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow 1000 \text{ litros}$$

$$1.088 \text{ m}^3 \rightarrow x$$

$$V = 1088 \text{ litros}$$

$$V = \text{volumen [litros]}$$

Este es volumen interno total de la cuba la cual se llenara hasta un 90%, la razón se encuentra explicado en el apartado 3.3.

$$V = 979.2 \text{ litros}$$

Área de la superficie de la Cuba

$$A = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

Ecuación 0.2

A: Área [m]

$$A = 0.85 \text{ m} * 1.6 \text{ m}$$

$$A = 1.36 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la presión en el fondo de la cuba se sobredimensionara, suponiendo que el deposito electrolítico está llena de la sustancia con una mayor densidad.

Tabla 3. 11.

Características de los Fluidos.

Componentes	Densidad $\frac{Kg}{m^3}$	Proporción $\frac{g}{l}$	Masa atómica $\frac{gr}{mol}$
Sulfato de Níquel	3700	220	237.71
Cloruro de Níquel	3550	60	262.85
Ácido Sulfúrico	1440	45	61.84

3.6.4. Calculo de la densidad del fluido analíticamente.

- **Calculo de la masa**

$$m = \text{proporcion} * \text{volumen cuba} \quad \text{Ecuación 0.3}$$

$$m_{\text{Sulfato}} = 220 \frac{g}{l} * 979.2 = 215424 g = 215.42 Kg$$

$$m_{\text{Cloruro}} = 60 \frac{g}{l} * 979.2 = 58752 g = 58.75 Kg$$

$$m_{\text{Acido}} = 45 \frac{g}{l} * 979.2 = 44064 g = 44.06 Kg$$

$$m_{\text{Agua}} = 979.2 Kg$$

$$m_{\text{total}} = 1297.43 Kg$$

- **Calculo de la densidad.**

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 0.4}$$

$$\rho = \frac{m_{\text{total}}}{V} = \frac{1297.43 Kg}{0.97 m^3} = 1337.55 \frac{Kg}{m^3}$$

3.6.5. Cálculo de la densidad del fluido en el laboratorio.

3.6.5.a. Determinación de densidad: método del picnómetro.

a) Materiales utilizados en el laboratorio:

- Picnómetros de 25 ml: 3
- Balanza: 1
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Vaso de precipitación 50 ml
- Cocineta: 1
- Termómetro: 1

b) Procedimiento.

Paso 1.- Se procede a pesar cada uno de los picnómetros donde se introducirá el electrolito analizar.

Paso 2.- Se coloca el electrolito en los vasos de precipitación para enseguida colocarlos en la cocineta y lo caliente hasta una temperatura de 50°C



Figura 3. 26. Calentar Electrolito.

Paso 3.- Una vez que el electrolito llegue a los 50°C se lo coloca en 2 de los picnómetros, en el tercer picnómetro se coloca el electrolito a temperatura ambiente para mirar si su peso y por ende su densidad varia.



Figura 3. 27. Electrolito en Picnómetros.

Paso 4.- A cada uno de los picnómetros con el electrolito en su interior se los pesa en la balanza independientemente.



Figura 3. 28. Masa del electrolito.

Paso 5.- Tomado todos los datos se obtuvieron la tabla 3.11:

Tabla 3. 12.

Datos obtenidos en el Laboratorio.

	Temperatura °C	Masa picnómetro g.	Volumen picnómetro ml	Masa picnómetro y electrolito g.
Picnómetro 1	50	16.78	25	44.82
Picnómetro 2	50	17.48	25	45.00
Picnómetro 3	20	16.27	25	45.21

Utilizando la Ecuación 3.4 para cada caso se tiene:

$$\rho_1 = \frac{44.82 - 16.78}{25} = 1.12 \frac{g}{ml}$$

$$\rho_2 = \frac{45 - 17.48}{25} = 1.10 \frac{g}{ml}$$

$$\rho_3 = \frac{45.21 - 16.27}{25} = 1.15 \frac{g}{ml}$$

Se tiene una media aritmética de:

$$\frac{1.12 + 1.10 + 1.15}{3} = 1.13 \frac{g}{ml}$$

El análisis realizado tanto analítico y práctico muestra una densidad parecida a la del agua.

3.6.6. Calculo de la Presión

$$P = \rho g h$$

Ecuación 0.5

Dónde:

ρ ; Densidad $\left[\frac{Kg}{m^3} \right]$

g ; Gravedad $\left[9.81 \frac{m}{seg^2} \right]$

h ; Altura $[m]$

$$P = 1337.55 \frac{Kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{seg^2} * 0.8 m$$

$$P = 10486.39 Pa = 10.48 KPa [1.51 Psi]$$

Entonces la fuerza que ejerce sobre el fondo de la cuba es:

$$F = P * A \quad \text{Ecuación 0.6}$$

$$F = 10.48 KPa * 1.36 m^2$$

$$F = 14.26 KN$$

El esfuerzo máximo en la placa se halla en sus ejes diagonales. El esfuerzo máximo en estas diagonales (área crítica) se la determina por la fórmula. [38]

$$S = \frac{1}{2} * \frac{a^2}{a^2+b^2} * \frac{w b^2}{t^2} \quad \text{Ecuación 0.7}$$

Dónde:

S= Es el esfuerzo de trabajo realizado en la placa y deberá ser mayor que el esfuerzo de diseño sugerido. El material del fondo y de las paredes se ha especificado como ASTM A-36.

De la norma del INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO API-Standard 650, 10^{ma} edición, en su página 3.8 en la Tabla 3.10 se especifica como datos de diseño para el Acero ASTM A36 lo siguiente:

Tabla 3. 13.

Datos de diseño para el Acero ASTM A36.

Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo último (MPa)	Esfuerzo de diseño(MPa)
250	400	<u>160</u>

Fuente: [39]

t : Es el espesor de placa expresada en metros para la consistencia de unidades. Este dato dentro de la metodología de los cálculos, será un dato iterativo, del cual se determinará vía fórmula el esfuerzo resultante dado por este espesor.

w : Es la carga distribuida por unidad de área determinada anteriormente, 10.48 KPa

a : Es el lado mayor de la placa expresada en metros. = 1.65 m

b : Es el lado menor de la placa expresada en metros. = 1.9 m

Despejando t de la fórmula 3.7 se tiene:

$$t = \sqrt{\frac{1}{2} * \frac{a^2}{a^2 + b^2} * \frac{w b^2}{s}}$$

$$t = \sqrt{\frac{1}{2} * \frac{(1.65 \text{ m})^2}{(1.65 \text{ m})^2 + (0.9 \text{ m})^2} * \frac{(10.48 \text{ Kpa}) (0.9 \text{ m})^2}{160 \times 10^3 \text{ Kpa}}}$$

$$t = 5.52 \times 10^{-3} \text{ m} \rightarrow 5.5 \text{ mm}$$

El espesor de la placa de acero será de 6 mm la que se ocupara, que es la más comercial.

3.6.7. Espesor de la base superior de la Cuba

Es donde va a estar ubicados algunos elementos necesarios para el funcionamiento del sistema, siendo la base del cátodo donde se producirá la mayor tensión.

Teniendo en cuenta esta situación se procede a calcular el espesor de esta base.

t : Es el espesor de placa [m]

w : Es la carga distribuida por unidad de área [KPa]

a: Es el lado mayor de la placa expresada en metros.= 0.15 m

b: Es el lado menor de la placa expresada en metros.= 0.08 m

$$A = 0.08 * 0.15 = 0.012m^2$$

F: Peso del aro 588.6 [N]

$$w = \frac{F}{A}$$

$$w = \frac{588.6 N}{0.012m^2} = 49050 N$$

$$w = 49.05 KPa$$

$$t = \sqrt{\frac{1}{2} * \frac{a^2}{a^2 + b^2} * \frac{w b^2}{s}}$$

$$t = \sqrt{\frac{1}{2} * \frac{(0.15 m)^2}{(0.15m)^2 + (0.08 m)^2} * \frac{(49.05 Kpa) (0.08 m)^2}{160 \times 10^3 Kpa}}$$

$$t = 1.23 \times 10^{-3} m \rightarrow 1.23 mm$$

El espesor de la placa de acero será de 2 mm.

3.6.8. Simulación del depósito electrolítico

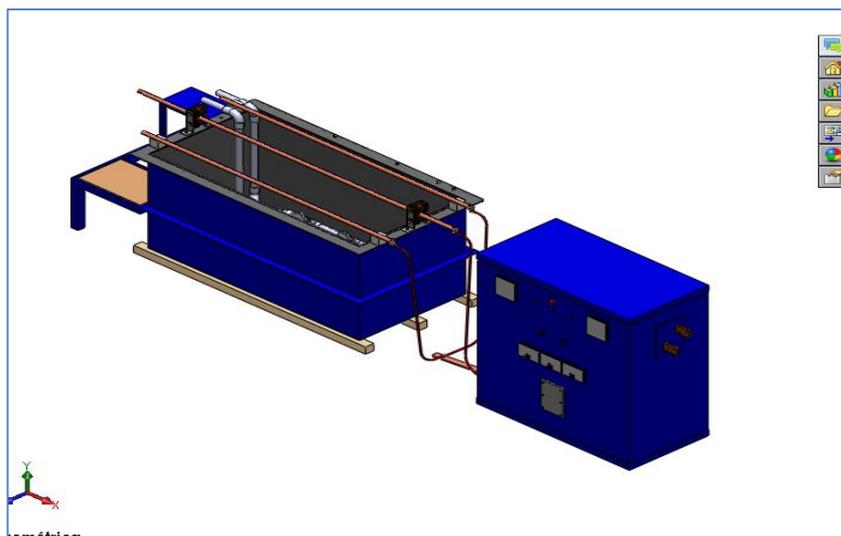


Figura 3. 29. Deposito Electrolítico

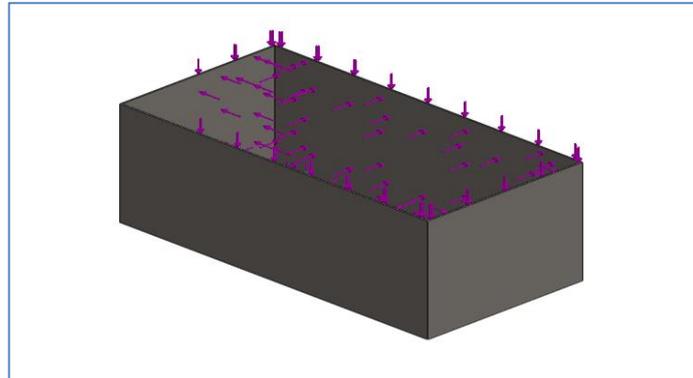


Figura 3. 30. Disposición de las Fuerzas en las paredes de la cuba

3.6.8.a. Análisis de esfuerzos de la cuba

Tabla 3. 14.

Propiedades del depósito electrolítico

Propiedades volumétricas	
Masa:	221.015 kg
Volumen:	0.0281548 m ³
Densidad:	7850 kg/m ³
Peso:	2165.95 N

Tabla 3. 15.

Propiedades del material del Acero

Nombre:	ASTM A36 Acero
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²
Límite de tracción:	4e+008 N/m ²

Tabla 3. 16.

Sujeción de la cuba electrolítica

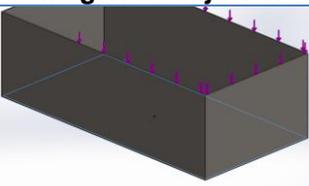
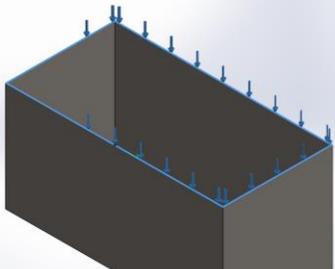
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 Cara Tipo: Geometría Fija

Tabla 3. 17.
Sujeción de la cuba electrolítica

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 1177.2 N

Resultados del Estudio

El resultado obtenido por Solid Works de la tensión de von mises generó una tensión máxima de 0.106019 N/m^2 que se encuentra dentro del límite elástico del material que es de 58584.3 N/m^2

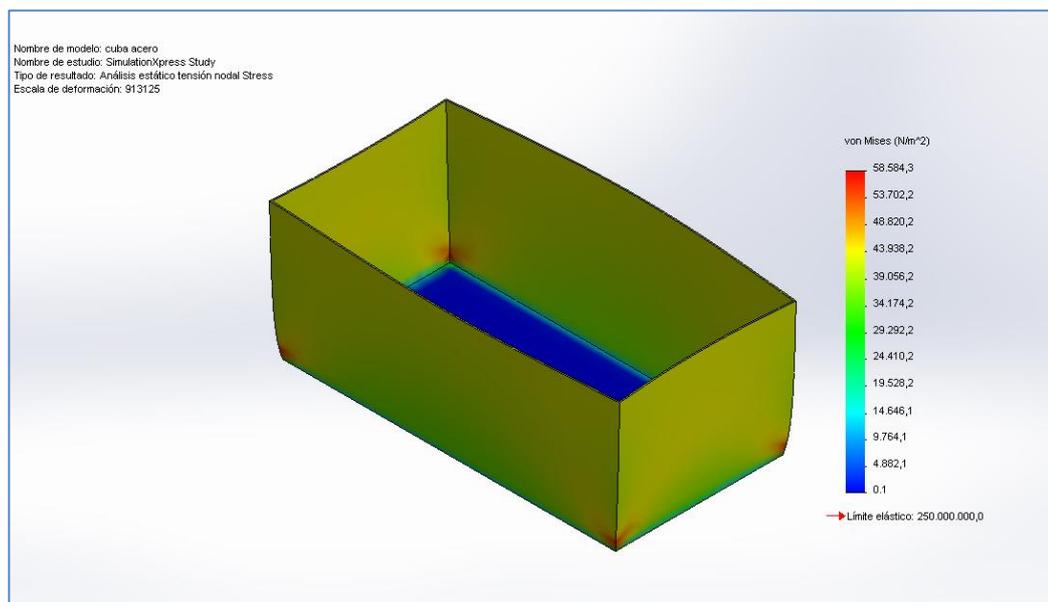


Figura 3. 31. Tensión de Von Mises del depósito electrolítico

El desplazamiento estático dio como resultado desplazamientos en las diferentes caras de la cuba electrolítica un máximo desplazamiento de 0.000174622 mm , a causa de las cargas que está expuesto.

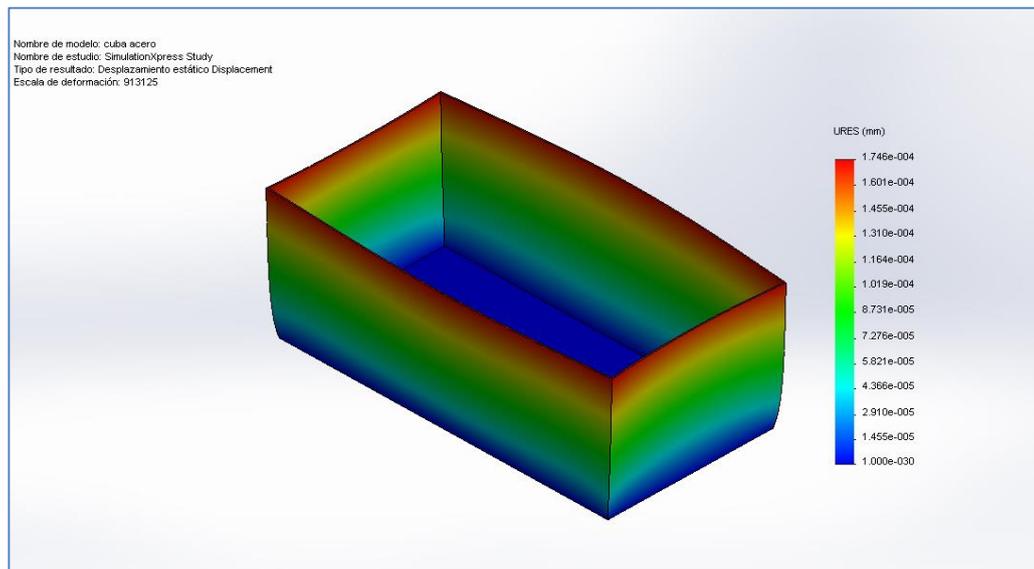


Figura 3. 32. Desplazamiento estático del depósito electrolítico

El resultado obtenido para el factor de seguridad dio como resultado un valor mínimo de 3 a lo largo de las caras de la cuba, es el punto más crítico y se encuentra dentro del factor de seguridad mínimo admitido.

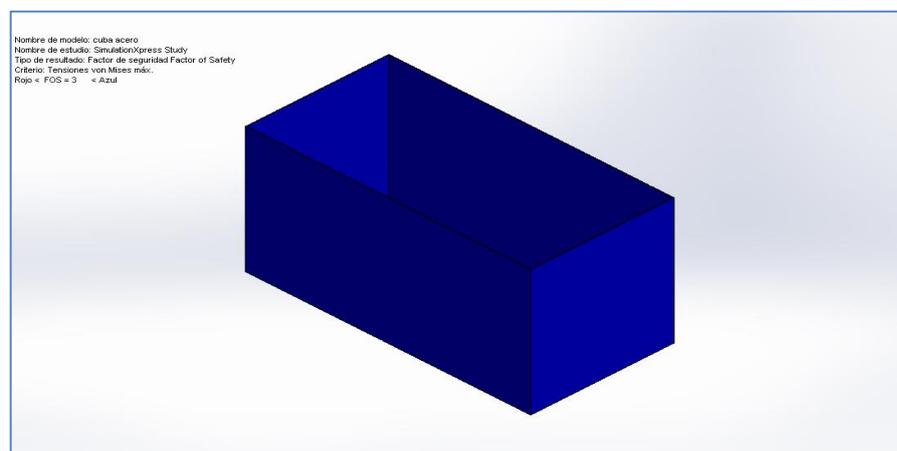


Figura 3. 33. Factor de seguridad del cabezal extrusor

Las conclusiones basadas en el análisis realizado por este software es dable la construcción de la cuba, se analizó con las fuerzas que intervendrán en el proceso, esta se deformara de forma aceptable y lo cual no afectara al proceso.

Se acondiciona a las diferentes fuerzas que intervendrán en la cuba al utilizar este material.

Espesor de PVC

Como se mencionó en el apartado anterior, el PVC es un material rígido por lo que el espesor de pared se diseñará tomando en cuenta únicamente el esfuerzo cortante experimentado en la base del recipiente que, de acuerdo al principio de Arquímedes, es el que soporta la mayor fuerza

La figura 3.13 muestra la acción del peso de la solución sobre la base del tanque:

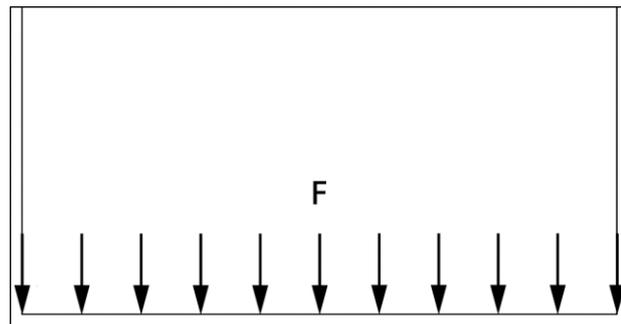


Figura 3. 34. Fuerza ejercida sobre la base del tanque

En el apartado anterior se determinó que la resistencia a la rotura del PVC:

$$S_u = 11 \text{ MPa}$$

$$S_u = \text{Resistencia a la Rotura}$$

3.6.9. Calculo de espesor de PVC

El cálculo de espesor del PVC está dada por la fórmula para TANQUES RECTANGULARES SOMETIDOS A PRESIÓN ESTÁTICA [40]

$$t_{PVC} = 2.45 * Largo \sqrt{\frac{\alpha * Altura * 0.036 G}{S_u}}$$

Ecuación 0.8

Dónde:

t_{PVC} ; Espesor de Placa de PVC (pulg)

Largo: 1.60 m.; 62.99 pulg.

Altura: 0.8 m.; 31.5 pulg.

G: Gravedad especifica del Electrolito (adimensional)

$$G = \frac{\delta_{Fluido}}{\delta_{agua}} = \frac{1337.55 \frac{Kg}{m^3}}{1000 \frac{Kg}{m^3}} = 1.33$$

$$S_u = 160 MPa + 11MPa = 171MPa = 24801.45 Psi$$

α = Factor que depende de relacion $\frac{altura}{largo}$

$$\frac{H}{L} = \frac{altura}{largo} = \frac{0.8}{1.6} = 0.5$$

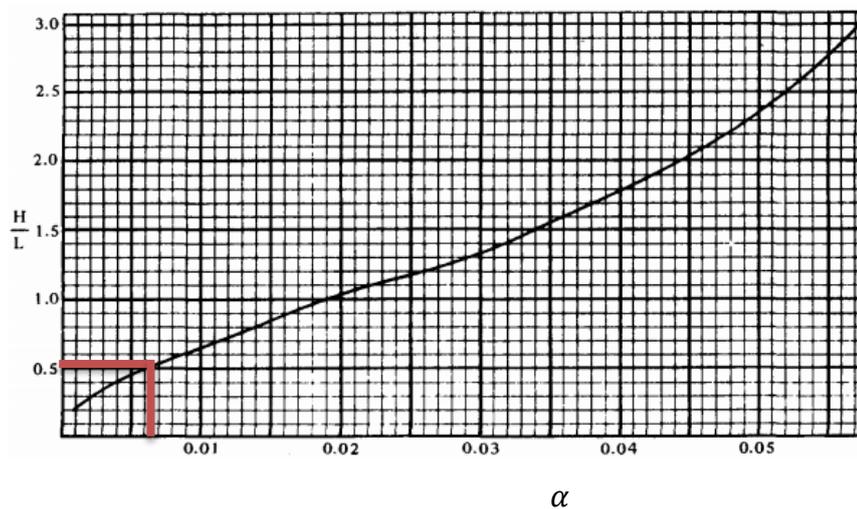


Figura 3. 35. Relación entre Longitud y altura

$$\alpha = 0.006$$

Entonces:

$$t_{PVC} = 2.45 * 62.99 \sqrt{\frac{0.006 * 31.5 * 0.036 * 1.33}{24801.45}}$$

$$t_{PVC} = 0.15 \text{ pulg} \rightarrow 0.004m. \rightarrow 4mm.$$

El espesor del PVC debe ser de al menos 4 mm

3.7. Determinación del electrolito.

3.7.1. Electrolito

Las composiciones químicas de electrolitos para baños de níquel brillante se encuentran patentadas. La fórmula propuesta para el desarrollo de este proyecto se muestra en la Tabla 3.17

Tabla 3. 18.

Proporciones de los aditivos para un baño de níquel brillante

COMPONENTES	PROPORCIÓN [g/l]
sulfato de níquel	220 g/l
cloruro de níquel	60 g/l
ácido bórico	45 g/l

Fuente: [2]

3.8. Selección de los componentes químicos

En la selección del electrolito para la piscina de níquel se toma en cuenta el volumen de electrolito exacto y los porcentajes de cada una de las sales que se colocara en la cuba.

$$V_p = 1.088 \text{ m}^3$$

$$V_p = 1088 \text{ litros}$$

El aro más común y comercial tiene un diámetro de 0.55 metros y un peso aproximado de 80 Kilogramos.

La densidad del acero al carbono para fines prácticos es:

$$\delta = 7850 \frac{kg}{m^3}$$

Por lo que el volumen del aro contenido en la cuba corresponde a:

$$m = \delta * V \quad \text{Ecuación 0.9}$$

$m;$	Masa	$[Kg]$
$\rho;$	Densidad	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
$V;$	Volumen	$[m^3]$

$$\begin{aligned} \text{Volumen del aro} &= \frac{\text{masa aro}}{\text{Densidad Hierro}} \\ \text{Volumen del aro} &= \frac{60 \text{ kg}}{7874 \frac{kg}{m^3}} = 0.010 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen del aro} = 10 \text{ litros}$$

Se introducirán 2 aros su volumen total seria 20 litros

En la piscina solo se llenara hasta un 90% del volumen, para que al momento de introducir los aros que se niquelaran y por la acción de turbulencia de la agitación interna, las sales no desborden la cuba por efecto del volumen de dichos elementos

$$1088 \text{ litros} \rightarrow 100\%$$

$$x \quad \rightarrow 90\%$$

$$\mathbf{V_{p1} = 979.2 \text{ litros}}$$

En el apartado 3.4.3 se calculó las masas de cada uno de los componentes electrolíticos

$$m_{Sulfato} = 220 \frac{g}{l} * 979.2 l = 215424 g = 215.42 Kg$$

$$m_{Cloruro} = 60 \frac{g}{l} * 979.2 l = 58752 g = 58.75 Kg$$

$$m_{Acido} = 45 \frac{g}{l} * 979.2 l = 44064 g = 44.06 Kg$$

- **Sulfato de Níquel= 215.42 Kg**
- **Cloruro de Níquel= 58.75 Kg**
- **Ácido Bórico= 44.06 Kg**

3.9. Diseño del sistema de recirculación del electrolito

3.9.1. Agitador

La agitación de la solución se logrará mediante la recirculación del fluido; el sistema de agitación constará por lo tanto de una bomba centrífuga, cañerías y eductores

El principal requerimiento del sistema de agitación es que el fluido se mueva muy lentamente a fin que los iones de níquel tengan tiempo de fijarse, por esta razón se utilizara eductores. Este elemento permite la agitación del electrolito en todo el volumen de la cuba de forma correcta para el proceso del niquelado. [41]

3.9.2. Filtro

Los baños de electrodeposición están siempre sometidos a la presencia de partículas suspendidas; la filtración es necesaria en baños de electrodeposición para asegurar los siguientes efectos:

- Mejoramiento de la calidad del producto final a través de la eliminación de asperezas
- Reducción de tiempo de limpieza y mantenimiento del sistema

- Protección de los elementos del sistema

Los tipos de filtros utilizados en electrodeposición son los siguientes:

- **Filtro de manga**

Utiliza camisas de tejido de polipropileno envolviendo un tubo agujerado de PVC o polipropileno; tiene la ventaja de ser fácil de limpiar y reemplazar pero son necesarios muchos elementos para conseguir un área suficiente para una buena filtración

- **Filtro de disco**

Este tipo de filtros utilizan discos de papel o polipropileno; el uso de papel es muy limitado para soluciones con concentraciones muy bajas por lo que es usual la utilización de polipropileno

- **Filtro de cartucho**

Son aquellos compuestos por un elemento contenedor llamado “**portacartucho**” también como vaso, “**housing**” o carcasa, y un elemento filtrante llamado cartucho, también conocido como bujía, usualmente desechable aunque en algunos casos puede ser lavable y reutilizable.

Gracias a la amplia variedad de materiales de fabricación de los portacartuchos y cartuchos, pueden ser aplicados en muy amplios rangos de temperatura, presión, pH y para una amplia variedad de productos químicos [42]

En electrodeposición es común utilizar filtros con aberturas entre 1 μm y 15 μm dependiendo del grado de limpieza requerido [43]

Para la presente aplicación se utilizará un filtro con las características mostradas en la Tabla 3.18.

Tabla 3. 19.
Características del filtro para el baño

Marca	EMAUX
Modelo	MFV20
Material	PVC
Abertura (um)	5
Caudal máximo (LPM)	167
Presión máxima (psi)	80
Caída de presión (psi)	3.5
Dimensiones (mm)	70x250
Aplicaciones	Agua potable, aceites, productos químicos, tinta, tratamiento desechos

Fuente: [44]

3.9.3. Caudal

Gabe recomienda que para sistemas de electrodeposición con agitación mediante eductores, una cantidad equivalente al volumen de la solución debe fluir cada hora [45]; por lo tanto el caudal requerido es:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación 0.10}$$

Dónde:

Q ; Caudal $\left[\frac{\text{litros}}{\text{hora}}\right]$

V ; Volumen $[\text{litros}]$

t ; Tiempo $[\text{hora}]$

GPM ; Galones por Minuto

$$Q = \frac{979.2 \text{ l}}{1 \text{ h}} = 979.2 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

$$Q = 16.32 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 3.59 \text{ GPM}$$

3.9.4. Pérdidas por fricción

De acuerdo con las dimensiones de la cuba, se estima que se requerirán 10 metros de tubería, 10 codos a 90°, 2 codos de 45° y 7 T; la disposición y longitudes de tubería se muestran en la figura 3.35.

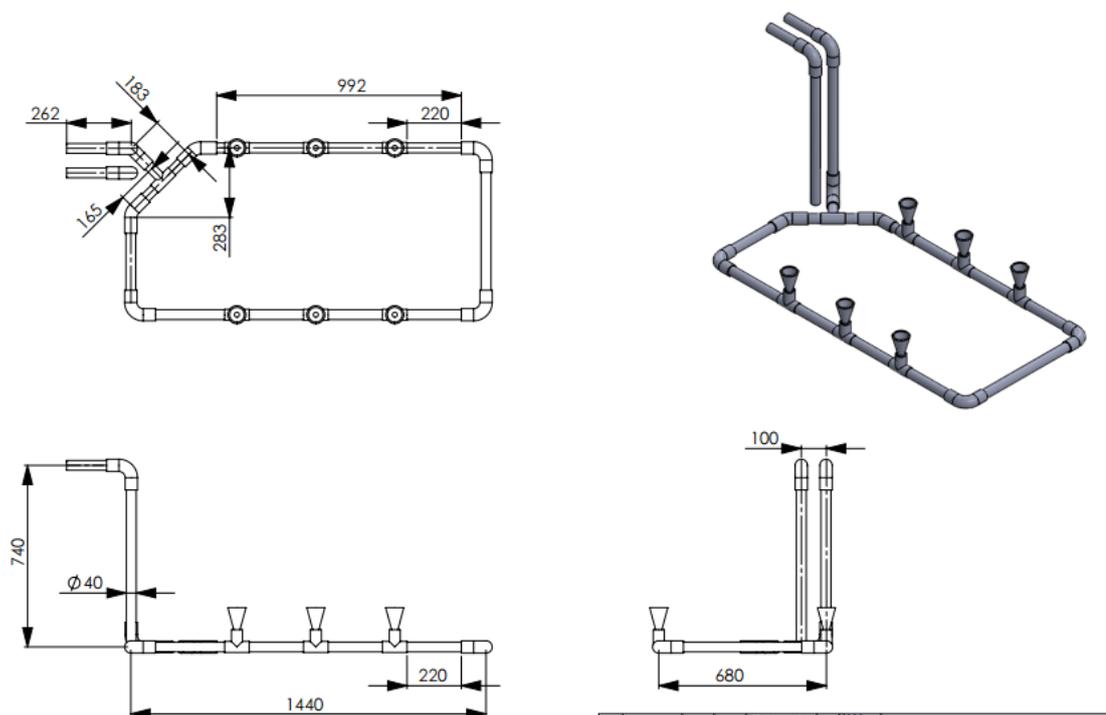


Figura 3. 36. Dimensiones de la tubería.

Se utilizara tubería que satisfaga los siguientes parámetros:

- Velocidad con que circule el electrolito sea: $0.15 \frac{m}{seg}$
- El caudal a recircular es $Q = 2.72 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}$

$$Q = v * A$$

Ecuación 0.11

Dónde:

v ; Velocidad $\left[\frac{m}{seg}\right]$

A ; Area $[m^2]$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{2.72 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}}{0.15 \frac{m}{seg}}$$

$$A = 2.72 \times 10^{-4} m^2$$

$$A = \pi * \frac{d^2}{4}$$

Ecuación 0.12

Dónde:

d ; Diámetro del Tubo m.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 2.72 \times 10^{-4} m^2}{\pi}}$$

$$d = 0.048 m = 48 mm$$

En el mercado existe Medidas estándar y en este caso se seleccionara una tubería de 1 ½ pulgada.

Los eductores son de ¼ de pulgada, es correcta la selección de la tubería porque toca acoplar dichos eductores y por ende la tubería debe tener un diámetro más grande.

Tabla 3. 20.

Datos técnicos de Tubería

Diámetros Nominal		Espesor de pared
plg	mm	mm
1/2	21.3	3.4
3/4	26.9	3.9
1	33.7	4.9
1 1/4	42.2	5.7
1 1/2	48.3	6.3
2	60.3	7.5



Tanto la tubería como los accesorios se seleccionan de media pulgada, el diámetro interno de esta tubería es de 48.3 mm.

Antes de determinar las pérdidas por fricción es necesario calcular el número de Reynolds; la expresión que permite calcularlo es:

$$Re = \frac{v_s * D}{\nu} \quad \text{Ecuación 0.13}$$

Dónde:

Re ;	Numero de Reynolds	[Adimencional]
v_s ;	Velocidad del Fluido	$\left[\frac{m}{seg} \right]$
ν ;	Viscosidad cinemática del Fluido	$\left[\frac{m^2}{seg} \right]$

Rodríguez recomienda utilizar los valores del agua como aproximación confiable a fin de evitar complicación el los cálculos [2]

El número de Reynolds será:

$$Re = \frac{0.15 * 0.0127}{0.474 \times 10^{-6}} = 15189.8$$

De acuerdo con el número de Reynolds el flujo es turbulento

Con la ayuda de la Tabla 3.20 es posible determinar la longitud equivalente de los accesorios para una y media pulgada

Tabla 3. 21.

Longitud equivalente de accesorios del sistema de tuberías

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud total
Codo 90°	10	0.63	6.3
T	7	1.26	8.82
Codo 45°	2	0.34	0.68

Fuente: [46]

Entonces la longitud total es:

$$L_T = 10 + 6.3 + 8.82 + 0.68 = 25.8 \text{ m}$$

$$L_T = \text{Longitud Total [m]}$$

Para la determinación de las pérdidas por fricción se va a utilizar el método de Hazen-Williams, cuya expresión es la siguiente

$$f = \frac{4.52 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}} \quad \text{Ecuación 0.14}$$

Dónde:

- f , Pérdidas por fricción Adimensional
- Q , Caudal (gpm)
- d , Diámetro interior (pulgadas)
- C , Coeficiente de pérdidas que de acuerdo con [47] es 140

Por lo tanto las pérdidas por fricción serán:

$$f = \frac{4.52 * 3.59^{1.85}}{140^{1.85} * 1.5^{4.87}} = 0.0007 \frac{\text{psi}}{\text{pie}}$$

Para encontrar la presión debida a las pérdidas es necesario calcular la longitud total en pie

$$L_T = 25.8 \text{ m} = 84.65 \text{ pie}$$

Por lo que la pérdida de presión debida a la fricción equivale a:

$$P = f * L_T \quad \text{Ecuación 0.15}$$

$$P = 0.0007 * 84.65 = 0.05 \text{ psi}$$

3.9.5. Dimensionamiento de la bomba

La bomba seleccionada deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Presión: 14.06 psi, teniendo en cuenta la presión requerida por los eductores y las pérdidas de carga debidas al filtro y a la fricción en tuberías y accesorios.

$$Presion = P_{cuba} + P_{Filtro} + P_{perdidas} + P_{Eductores} \quad \text{Ecuación 0.16}$$

$$Presion = 1.51 \text{ Psi} + 3.5 \text{ Psi} + 0.05 \text{ psi} + 9 \text{ Psi}$$

$$Presion = 14.06 \text{ Psi}$$

- Caudal: $16.32 \frac{l}{min}$ [3.59 GPM]
- Bomba para soluciones químicas

Con estos datos se busca en los catálogos de una casa fabricante de bombas para soluciones químicas tal como se puede apreciar en la figura 3.36

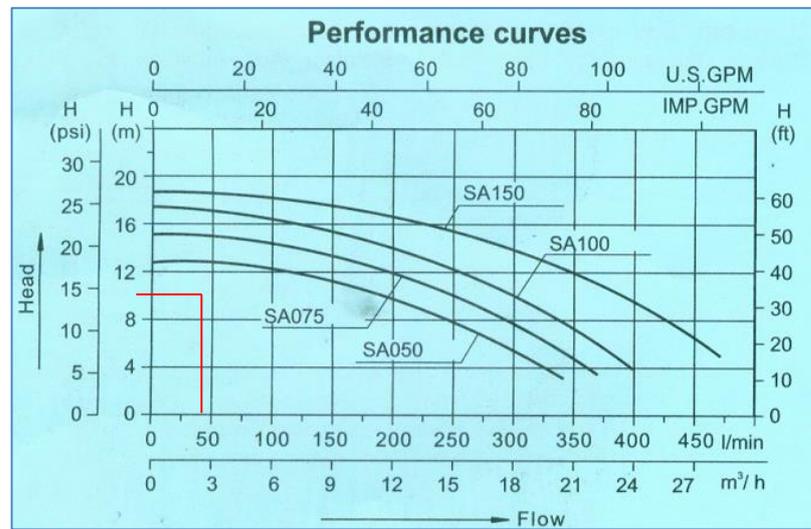


Figura 3. 37. Selección de la serie de la bomba.

Fuente: [44]

Una vez seleccionada la serie de la bomba se selecciona un modelo adecuado en la tabla de la Figura 3.37

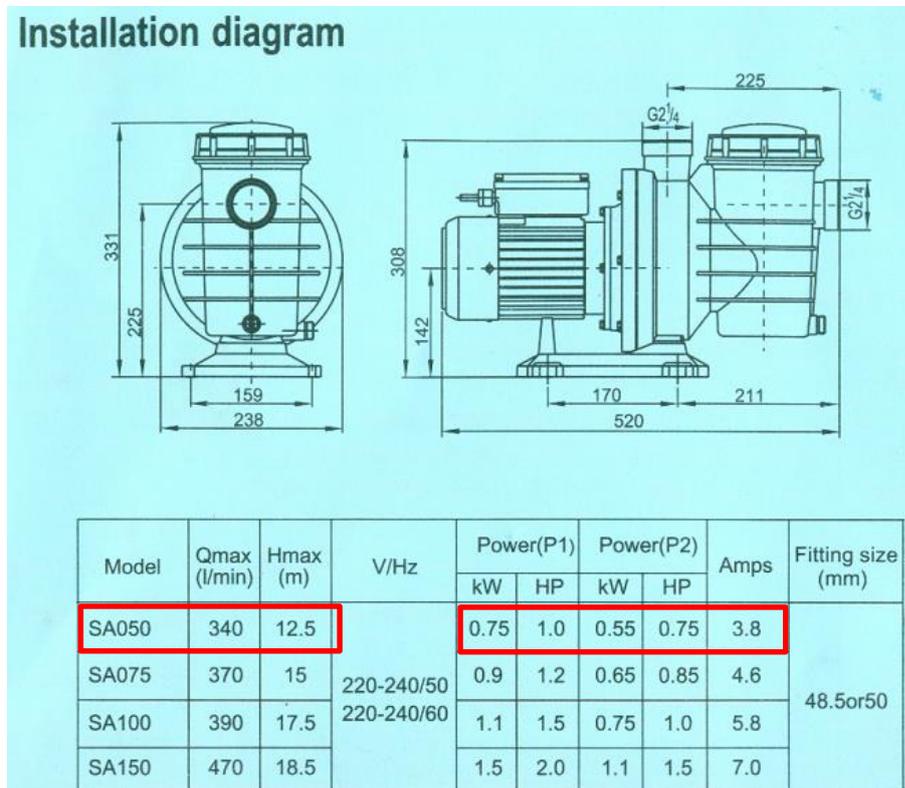


Figura 3. 38. Selección de la bomba para sistema de agitación.

Fuente: [44]

Los datos de la bomba seleccionada se reproducen a continuación:

- Marca: EMAUX
- Modelo: SA050
- Procedencia: EEUU
- Conexión: 1 1/2 pulgada
- Potencia: 1 HP
- Velocidad: 3400 RPM
- Corriente: 4.6 A
- Caudal máximo: 370 l/min
- Presión máxima: 42.7 PSI
- Masa: 13.2 libras

Selección del cable eléctrico que se usara en la bomba.

$$S = \frac{2 * L * P}{e * U * \gamma} \quad \text{Ecuación 0.17}$$

Dónde:

S ;	Sección del Conductor	[mm.]
L ;	Longitud del conductor	[m]
P ;	Potencia de la Bomba	[Watts]
U ;	Voltaje Nominal	[V]
γ ;	Conductividad del Conductor de cobre	$\frac{1}{0.018 \frac{\Omega mm^2}{m}}$
e ;	% Caída de Voltaje	2% = 2.2V

$$S = \frac{2 * 10 * 750}{\frac{1}{0.018} * 110 * 2.2} = 1.11 \text{ mm}^2$$

De acuerdo al Anexo puede utilizarse cable # 12 para la conexión a la bomba

3.9.6. Selección Eductores.

La presión que el Eductor debe superar es igual a la presión de descarga o la presión del líquido estático menos la presión motriz P_m . [48].

$$P_d = \frac{\rho V^2}{2g}$$

Dónde:

P_d :	Presión Dinámica	[Pa]
ρ ;	Densidad	$\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$
V ;	Velocidad	$\left[\frac{m}{seg}\right]$
g ;	Gravedad	$\left[9.81 \frac{m}{seg^2}\right]$

$$V = \frac{A_{tub}}{Q}$$

Dónde:

A_{tub} :	Área de la Tubería	[m ²]
Q :	Caudal	$\frac{m^3}{seg}$

$$V = \frac{1.83 \times 10^{-3} \text{ m}^2}{0,006 \text{ 166 666 7 } \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}} = 0.9 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Entonces

$$P_d = \frac{1337.55 \frac{Kg}{m^3} \left(0.9 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 \left(9.81 \frac{m}{seg^2}\right)}$$

$$P_d = 61.35 \text{ Pa}$$

$$P_m = 10486.39 \text{ Pa}$$

$$Presion \text{ eductor} = 10486.39 - 61.35 = 10425.034 \text{ Pa}$$

$$Presion \text{ eductor} = 10.42 \text{ Kpa} * 6 \text{ eductores} = 62.55 \text{ Kpa}$$

$$P_{Entrada \text{ eductor}} = 9.7 \text{ PSI}$$

Tamaño - orificio y conexión NPT	Presión (PSI) - Para convertir a TDH se multiplica por 2,31							
	8	10	15	20	25	30	35	40
	Boquilla de flujo (USGPM)							
0,20 1/4 NPT	3.2	3.5	4.3	5.0	5.5	6.1	6.6	7.0
0.30 " 3/8 " **	6.2	7.5	9.2	10.7	11.9	13.1	14.1	15
0.37 " 3/4 "	11.8	13.5	17	19	21	23	25	27
0.48 " 1 "	18.7	21	25	29	33	36	39	42
0.62 " 1 1/2 "	-	33	41	47	53	58	63	67

Figura 3. 39. Polipropileno o PVDF sólo eductores [49]

La boquilla del Eductor ejerce un flujo de 3.5 GPM

Para el sistema de expulsión del electrolito se utilizarán seis eductores de 1/4" dispuestos en dos ramales paralelos idénticos.

3.9.7. Presión de salida

El análisis de tuberías en paralelo dice que en cada ramal el caudal se divide y es la misma presión; por lo tanto, en cada ramal el caudal deberá ser de 1.79 GPM debido a que se tiene dos ramales; este caudal es el correspondiente a cada eductor. Con ayuda de la Figura 3.20 es posible determinar la presión requerida por cada eductor

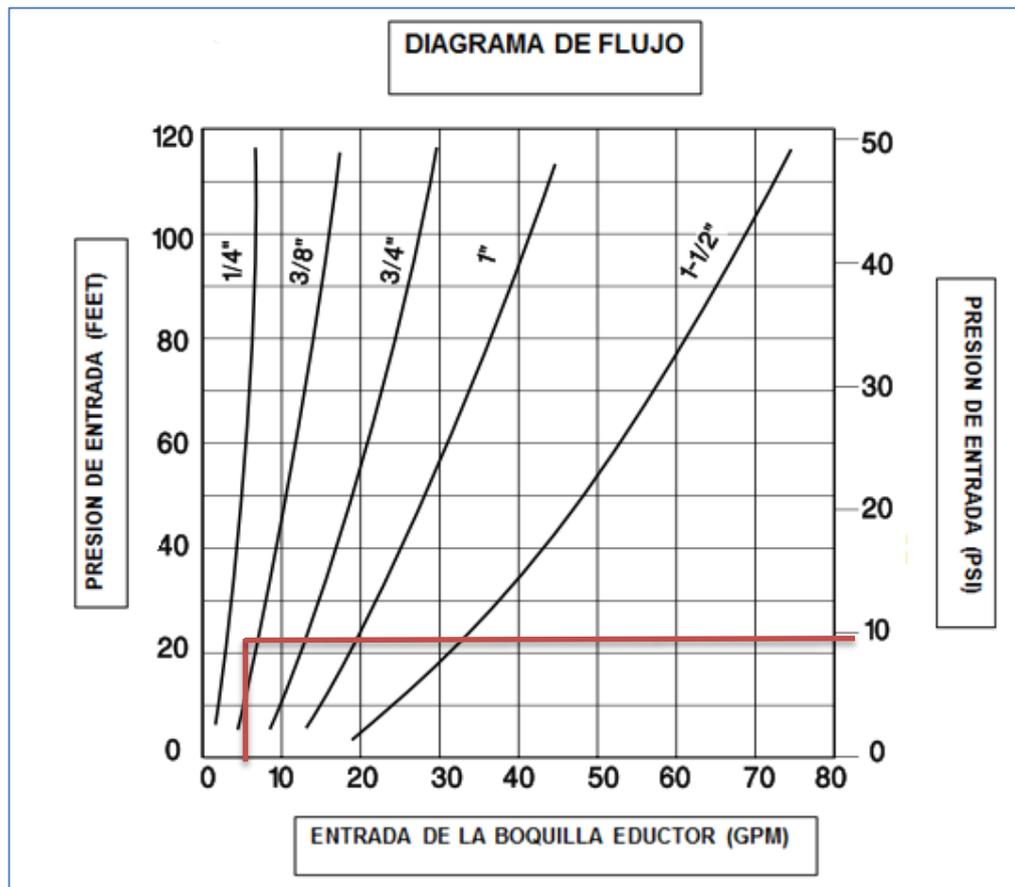


Figura 3. 40. Cuadro Caudal-Presión para eductores típicos

Fuente: [45]

La presión requerida por un eductor para proporcionar 1.79 GPM es 9 psi aproximadamente.

3.10. Cátodo

Para este sistema se utilizara barras de cobre como cátodo porque son ligeras, económicas y funcionales en su instalación y es un buen conductor de la electricidad y no interfiere en la calidad del resultado

En estas barras se sujetara los aros y se conectara el terminal negativo del rectificador.

3.10.1. Análisis de esfuerzos de tubo sólido de cobre 1.85 m.

Para el análisis del tubo sólido de cobre se utiliza el software Solid Word

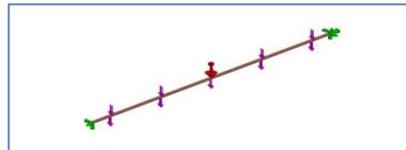


Figura 3. 41. Tubo de cobre 1.85

Tabla 3. 22.

Propiedades del tubo de cobre

Propiedades volumétricas	
Masa:	6.14091 lb
Volumen:	20.6036 in ³
Densidad:	0.29805 lb/in ³
Peso:	6.13675 lbf

Tabla 3. 23.

Propiedades del cobre Beryllium UNS C17200

Propiedades del material

Nombre:	Cobre Beryllium, UNS C17200
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	1.72e+008 N/m ²
Límite de tracción:	4.69e+008 N/m ²
Módulo elástico:	1.25e+011 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.3
Densidad:	8250 kg/m ³
Módulo cortante:	5e+010 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1.7e-005 /Kelvin

Tabla 3. 24.

Sujeciones del tubo solido de cobre

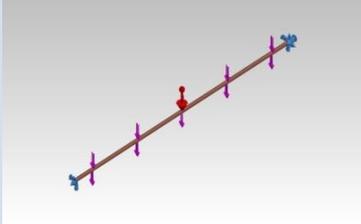
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 Arista 1 Cara Tipo: Geometría Fija

Tabla 3. 25.

Fuerzas resultantes Tubo solido de cobre

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.0250244	739.599	0.0313187	739.599
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

Tabla 3. 26.

Cargas y sujeciones del tubo solido de cobre

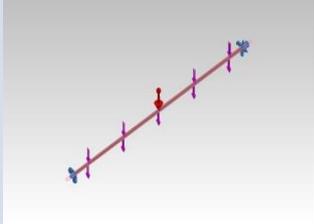
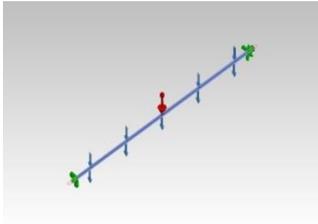
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Gravedad-1		Referencia: Valores: Unidades:	Planta 0 0 -9.81 SI
Fuerza-1		Entidades: Referencia: Tipo: Valores:	1 cara(s), 1 plano(s) Planta Aplicar fuerza 160 lbf

Tabla 3. 27.

Fuerzas resultantes de las cargas y sujeción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0250244	739.599	0.0313187	739.599

Resultado del Análisis

El resultado obtenido por Solid Works de la tensión de von mises generó una tensión máxima de 0.356551N/mm² (MPa), que se encuentra dentro del límite elástico del material que es de 573.33 N/mm² (MPa)

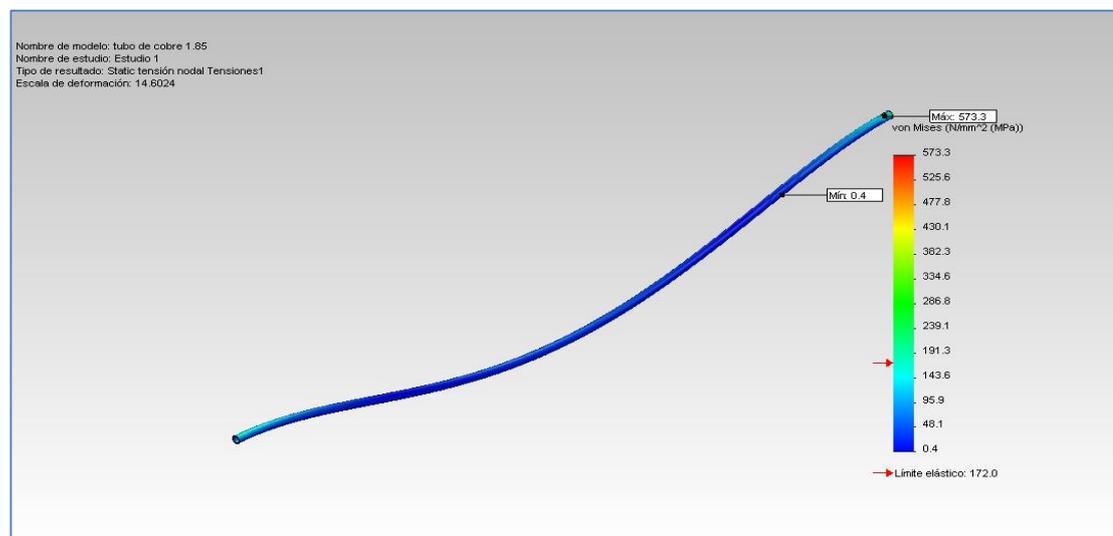


Figura 3. 42. Tensión de Von Mises del tubo sólido de cobre

El desplazamiento estático dio como resultado desplazamientos en las diferentes partes del cañón y un máximo desplazamiento de 15.75 mm, a causa de las cargas que está expuesto.

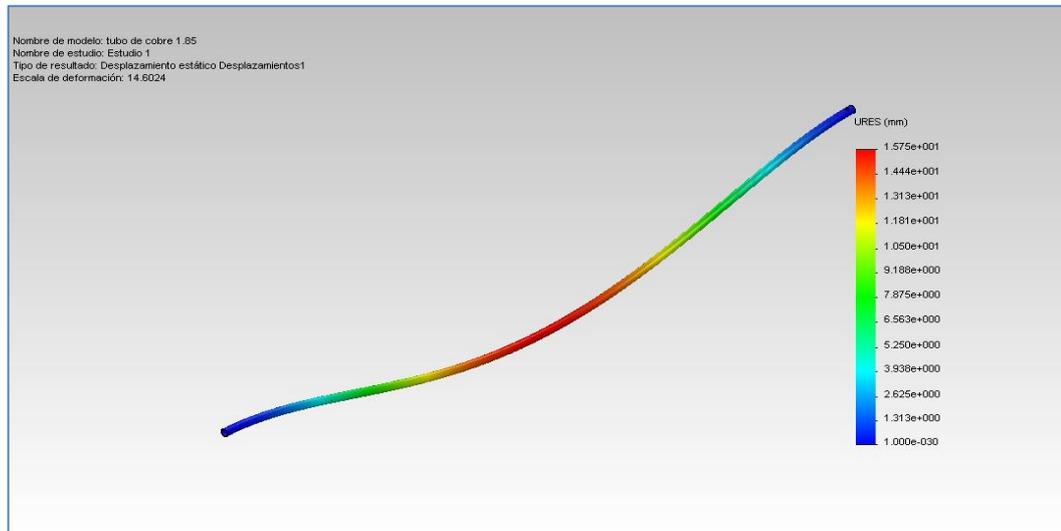


Figura 3. 43. Desplazamiento estático del tubo de cobre

El resultado obtenido por Solid Works en el punto más crítico se encuentra dentro del factor de seguridad mínimo admitido que es de 2.

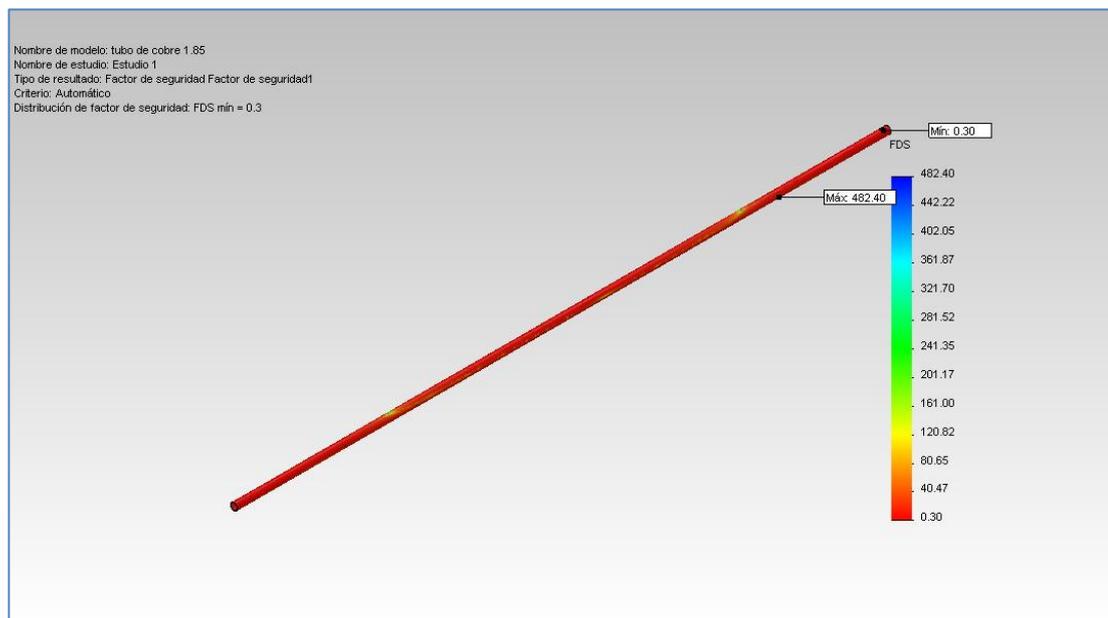


Figura 3. 44. Factor de seguridad del cañón

Con los análisis realizados se concluyó que el material seleccionado es adecuado para el ánodo y cátodo y que cumple todo los requerimientos que se necesita

3.10.2. Tubo sólido de cobre

Para el ánodo se tubo sólido de cobre de 1 pulgada de diámetro y se utiliza un factor de seguridad de 3 como indica en la Tabla 3.27.

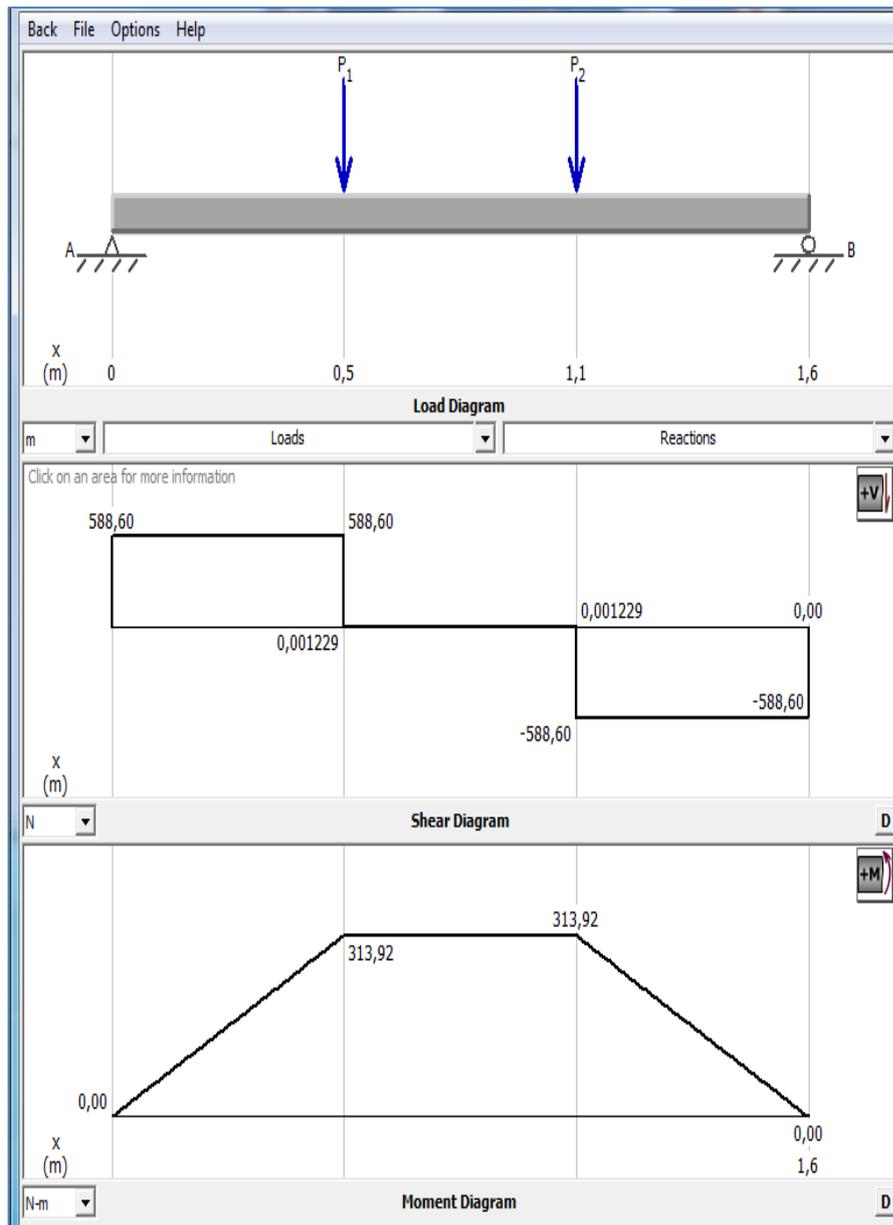


Figura 3. 45. Diagrama de Esfuerzos del Cátodo de cobre

Peso del aro:

$$P = m \times g$$

Ecuación 0.18

$$Peso_{Aro} = 60 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$Peso_{Aro} = 588.6 \text{ N}$$

Calculo de Momentos:



$$\sum M_A = 0$$

$$[(0.53\text{m}) * (588.6\text{N})] + [(1.06\text{m}) * (588.6\text{N})] - R_D * (1.6\text{m}) = 0$$

$$R_D = \frac{[(0.53\text{m}) * (588.6\text{N})] + [(1.06\text{m}) * (588.6\text{N})]}{1.6\text{m}}$$

$$R_D = 584.910\text{N}$$

$$R_A = R_D = 584.91 \text{ N}$$

$$Distancia_{A \rightarrow B} = 0.5\text{m}$$

$$Distancia_{A \rightarrow B} = Distancia_{C \rightarrow D}$$

Entonces:

$$M_A = M_D$$

$$M_A = R_A * Distancia_{A \rightarrow B}$$

$$M_A = 584.91 * 0.533$$

$$M_A = 311.95 \text{ Nm}$$

Calculo para Determinar Deflexión del tubo solido de cobre

$$S = \frac{\pi * D^3}{32}$$

Ecuación 0.19

Dónde:

S; Módulo de sección $[m^3]$

D; Diámetro $[m]$

$$\sigma = \frac{S_y}{N_D}$$

Ecuación 0.20

Dónde:

σ ; Esfuerzo Flexionante $[MPa]$

N_D ; Factor de Diseño 3
 S_y ; Límite de Cedencia de cobre= 310 MPa

Tabla 3. 28.
Factores de seguridad Valores mínimos recomendados

Tipo o clase de carga	Acero, Materiales Dúctiles	Hierro Fundido metales frágiles	Madera de construcción	
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia	Basado en la resistencia Máxima	
Carga Muerta o Carga Variable Bajo Análisis por Fatiga	3-4	1,5-2	5-6	7

Fuente: Artículo Cargas estáticas [50] de la Universidad Técnica de Pereira

$$\sigma = \frac{310MPa}{3} = 103.98MPa$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Ecuación 0.21

Dónde:

M ; Momento [N.m]

Ecuación 3.19 en Ecuación 3.20

$$\sigma = \frac{32M}{\pi * D^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi * \sigma}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32(311.95Nm)}{\pi * (103.98E^6) \frac{N}{m^2}}} = 0.027m$$

1 pulgada = 0,0254 metros

El diámetro del tubo solido de cobre debe ser de 1 pulgada

$$I = \frac{\pi * D^4}{64}$$

Ecuación 0.22

Dónde:

I : Momento de Inercia [m⁴]

$$I = \frac{\pi * (0.0254)^4}{64} = 2.04E^{-8}m^4$$

$$\gamma = \frac{P_{aro} * L^3}{48 * E * I}$$

Ecuación 0.23

Dónde:

γ ; Flexión [mm.]

P_{aro} ; Peso del aro [N]

L ; Longitud del Tubo de Cobre [m]

E ; Módulo Elasticidad del cobre [$\frac{N}{m^2}$]

$$\gamma = \frac{588.6N * (1.6m)^3}{48 * (125E^9 \frac{N}{m^2}) * 1.02E^{-7}m^4} = 0.019 m$$

$$\gamma = 19 mm.$$

El tubo solido de cobre tendrá una deflexión de 19 mm.

3.10.3. Base del Cátodo

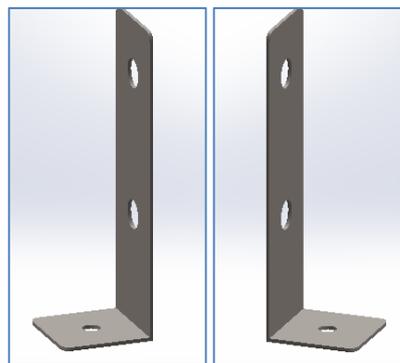


Figura 3. 46. Base del cátodo

3.10.3. a. Electrodo E-7018



Figura 3. 47. Electrodo E 7018

Fuente: [51]

Este electrodo está diseñado para producir soldaduras de alta calidad, están disponibles ya sea con las características de solidificación rápida o llenado rápido, se recomienda mantener un arco corto para mejores resultados. Nos permite soldar en las siguientes posiciones:

Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente. Una de las aplicaciones principales que se da a este tipo de electrodo es el acero de mediano y bajo carbono, baja aleación.

3.10.3.b. Factor de seguridad de elementos soldados

En los elementos que se va a unir mediante suelda es importante realizar el respectivo cálculo de factor de seguridad de manera de garantizar la resistencia de la estructura el momento de llevarla a su límite de capacidad de carga para la que está diseñada.

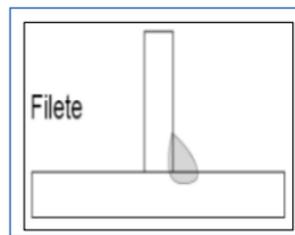


Figura 3. 48. Soldadura a Filete

Tabla 3. 29.

Tamaño mínimo de soldadura de filete

Espesor de la parte más gruesa unida (mm)	Dimensión nominal mínima del filete (mm)
Hasta 6	3
Mayor que 6 hasta 13	5
Mayor que 13 hasta 19	6
Mayor que 19	8

Para soldaduras del soporte, la dimensión nominal mínima del filete es 3 porque el espesor de la parte más gruesa unida es 6 mm (Avila, 2007)

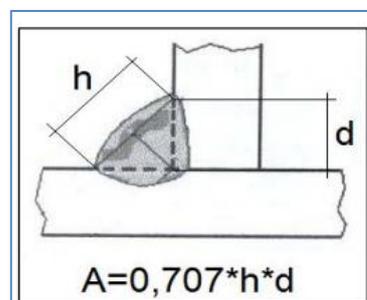


Figura 3. 49. Dimensiones para área de garganta

Datos:

$$S_y = 480 \text{ MPa} = 480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Para E70XX

$$h = 3 \text{ mm}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

$$A_w: \text{Área efectiva del cordón de soldadura} \quad [\text{mm}^2]$$

$$F_w: \text{Resistencia nominal del metal de aporte} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$A_w = 0.707 x h x d$$

$$A_w = 0.707 \times 3 \times 5 = 10.60 \text{ mm}^2 = 0.010 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{F}{A_w} = \frac{588 \text{ N}}{10.60 \text{ mm}^2} = 55.47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{480 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{55.47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 8.65$$

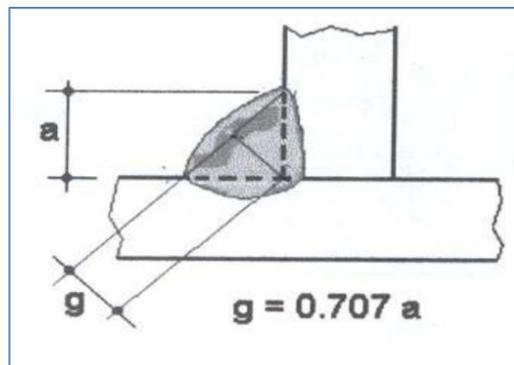


Figura 3. 50. Dimensión del área del cordón

Espesor de la garganta

$$g = 0.707 * a$$

$$g = 0.707 * (0.03 \text{ cm}) = 0.021 \text{ cm}$$

Resistencia de diseño

$$R_D = f * A_w * F_w$$

Con $f = 0.75$

$$F_w = 0.6 * S_y$$

$$R_D = 0.75 * 0.010 * 0.6 * 4800 = 226.8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

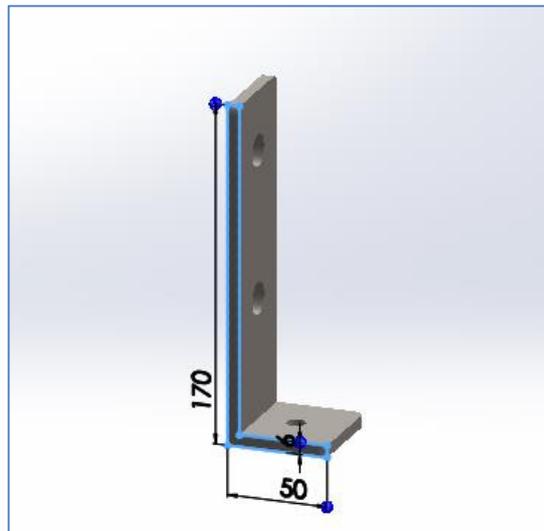


Figura 3. 51. Dimensiones de la base

Peso del aro:

$$P = m \times g$$

$$Peso_{Aro} = 60 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{seg^2}$$

$$Peso_{Aro} = 588.6 \text{ N}$$

Calculo de Momentos:

$$\sum M_A = 0$$

$$[(0.075m) * (588.6N)] - R_D * (0.15m) = 0$$

$$R_D = \frac{[(0.075 \text{ m}) * (588.6N)]}{0.15 \text{ m}}$$

$$R_D = 294.3 \text{ N}$$

$$M_D = R_D * \frac{0.15}{2} \text{ m}$$

$$M_D = 294.3 * \frac{0.15}{2} \text{ m}$$

$$M_D = 22.07 \text{ Nm}$$

Resistencia transversal del aislante cerámico es 13.3 KN y el peso que necesita soportar en el punto más crítico es 294.3 N por esta razón se garantiza que la selección es correcta del aislante.

3.10.4. Diseño y Cálculo de los tornillos y agujeros en la base del cátodo

Todas las uniones tendrán una resistencia de cálculo tal que la estructura se comporte satisfactoriamente y sea capaz de cumplir todos los requisitos básicos para el cálculo.

Para la designación de los tornillos se comienza definiendo el tipo de tornillo seguido por el diámetro del vástago en la zona de rosca, la longitud total del vástago, y por último una cifra para indicar la calidad del acero.

3.10.4.a. Clases de tornillos

La calidad del acero empleado en la fabricación de los tornillos marca el tipo de tornillo.

En la siguiente tabla se muestran los valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia última atracción f_{ub} del acero empleado en la fabricación del tornillo, los cuales se deben adoptar como valores característicos en los cálculos siendo el más común y comercial el tipo 4.6 [52]

Tabla 3. 30.

Valores nominales del límite elástico f_{yb} y de la resistencia a tracción última f_{ub} de tornillos

Tipo de tornillo (clase de resistencia)	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Fuente: [52]

El coeficiente de seguridad γ_{Mb} para tornillos es 1.25

3.10.4.b. Agujeros para tornillos

Preferiblemente, los agujeros para alojar los tornillos se realizarán mediante taladros. El diámetro del agujero es de mayor dimensión que el espesor de la pieza.

Las dimensiones del diámetro de los agujeros serán igual, en cada caso, al del vástago del tornillo más:

- 1 mm para tornillos de 12 y 14 mm de diámetro;
- 1 ó 2 mm para tornillos de 16 a 24 mm;
- 2 ó 3 mm para tornillos de diámetro de 27 mm o mayores.

El diámetro del tornillo es 16 mm, por este hecho el diámetro de agujero será 18 mm aproximadamente.

3.10.4.c. Distancias a los bordes

La distancia e_1 desde el centro del agujero al extremo frontal según la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $1,2 \cdot d_0$

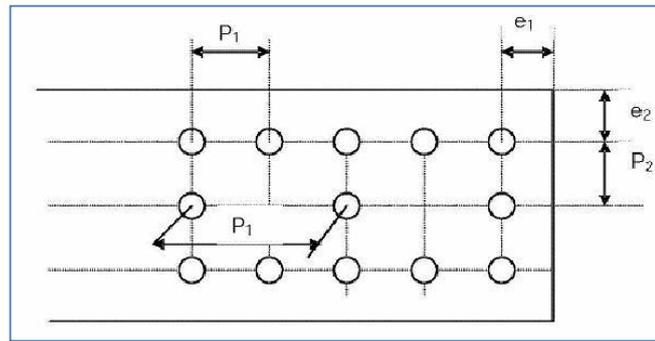


Figura 3. 52. Distancia de los agujeros y bordes

$$e_1 \geq 1,2 * d_o$$

Siendo d_o el diámetro del agujero.

$$e_1 \geq 1,2 * 18mm$$

$$e_1 \geq 21.6 mm$$

La distancia e_2 del centro del agujero al borde lateral medida normalmente a la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $1,5*d_o$

$$e_2 \geq 1,5 * d_o$$

$$e_2 \geq 1,5 * 18mm$$

$$e_2 \geq 27mm$$

La pieza está expuesta a un ambiente agresivo e influencias corrosivas, entonces las máximas distancias e_1 serán al menos de: $40mm + 4*t$ (siendo t el espesor de la pieza más delgada a unir 6mm).

$$e_1 = 40mm + (4 \times 6mm) = 64mm$$

3.10.4.d. Separación entre agujeros

La distancia p_1 entre centro de tornillos en la dirección de la transmisión de la carga será al menos de $2,2 * d_0$

$$p_1 \geq 2,2 * d_0$$

$$p_1 \geq 2,2 * 16mm$$

$$p_1 \geq 35.2 mm$$

Siendo d_0 el diámetro del agujero.

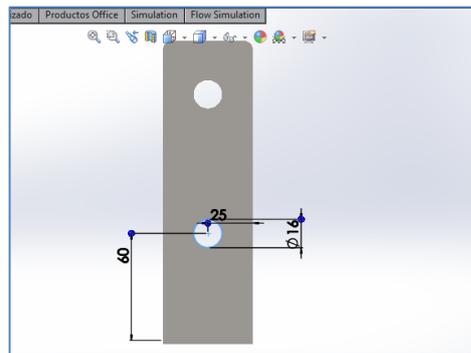


Figura 3. 53. Diámetro del agujero

El valor de e_1 aumenta a 60mm para que el aislante cerámico no tope con la cabeza de la cuba.

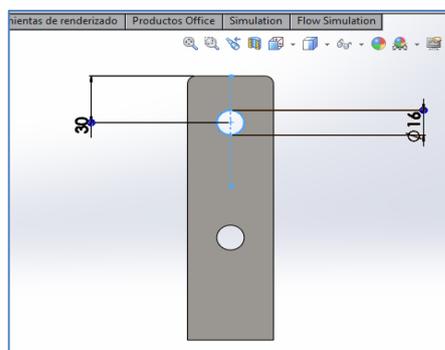


Figura 3. 54. Distancia de entre agujeros

La distancia entre agujeros aumenta a 90 mm para que no choque entre los aislantes cerámicos

3.10.4.e. Calculo de reacciones en la base del cátodo.

Peso del aro:

$$P = m \times g$$

$$Peso_{Aro} = 60 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{seg^2}$$

$$Peso_{Aro} = 588.6 \text{ N}$$

Calculo de Momentos:

$$\sum M_A = 0$$

$$[(0.075m) * (588.6N)] - R_D * (0.15m) = 0$$

$$R_D = \frac{[(0.075 \text{ m}) * (588.6N)]}{0.15 \text{ m}}$$

$$R_D = 294.3 \text{ N}$$

$$M_D = R_D * \frac{0.15}{2} \text{ m}$$

$$M_D = 294.3 * \frac{0.15}{2} \text{ m}$$

$$M_D = 22.07 \text{ Nm}$$

Resistencia transversal del aislante cerámico es 13.3 KN y el peso que necesita soportar en el punto más crítico es 294.3 N por esta razón se garantiza que la selección es correcta del aislante. [53]

Calculo para Determinar Deflexión tornillo

$$S = \frac{\pi * D^3}{32}$$

Dónde:

S; Módulo de sección [m³]

D; Diámetro [m]

$$\sigma = \frac{S_y}{N_D}$$

Dónde:

σ ;	Esfuerzo Flexionante	[MPa]
N_D ;	Factor de Diseño	3
S_y ;	Límite de Cedencia de acero=	680 MPa

$$\sigma = \frac{680 \text{ MPa}}{3} = 226.66 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Ecuación 0.24

Dónde:

M ;	Momento	[N.m]
-------	---------	-------

Ecuación 3.19 en Ecuación 3.20

$$\sigma = \frac{32M}{\pi * D^3}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi * \sigma}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32(22.07 \text{ Nm})}{\pi * (226.66 \text{ E}^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}} = 0.009 \text{ m}$$

$$D = 9 \text{ mm}$$

El diámetro del tornillo de acero será de 9 mm, pero el diámetro del aislante térmico es de 18 mm, por esta razón sobredimensionamos el tornillo con un diámetro de 16 mm

$$I = \frac{\pi * D^4}{64}$$

Dónde:

I ;	Momento de Inercia	[m ⁴]
-------	--------------------	-------------------

$$I = \frac{\pi * (0.016)^4}{64} = 3.21E^{-9}m^4$$

$$\gamma = \frac{P_{aro} * L^3}{48 * E * I}$$

Dónde:

γ ; Flexión [mm.]

P_{aro} ; Peso del aro [N]

L ; Longitud del Tubo de Cobre [m]

E ; Módulo Elasticidad del cobre $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

$$\gamma = \frac{588.6N * (0.15m)^3}{48 * (207E^9 \frac{N}{m^2}) * 1.02E^{-7}m^4} = 1.96^{-6} m$$

$$\gamma = 1.9^{-3}mm.$$

3.10.4.f. Categorías de uniones atornilladas

Las uniones atornilladas se clasifican, en función de la manera de trabajar de los tornillos, en cinco categorías. Tres de ellas corresponden a uniones en las que los tornillos están solicitados en dirección normal a su eje (categorías A, B y C); y otras dos (categorías D y E), a uniones en las que los tornillos están solicitados en la propia dirección de su eje, esto es, a tracción.

Categoría A: Son uniones en las que los tornillos, bien sean de tipo ordinarios o de alta resistencia, trabajan a cortante y aplastamiento. Si los tornillos son de alta resistencia, calidades 8.8 ó 10.9, no es preciso que estén pretensados, ni que las superficies en contacto estén preparadas de manera especial. Su cálculo se efectuará de acuerdo con lo dispuesto en los apartados siguientes como se verá.

Por evidentes razones de economía, se emplearán habitualmente uniones de esta categoría cuando los tornillos vayan a estar solicitados en dirección normal a su eje.

Cuando la pieza esté sometida a fatiga, a impactos o a esfuerzos alternativos, se recomienda que se empleen tornillos de alta resistencia, los cuales estarán pretensados hasta alcanzar el tensado del tornillo el valor N_0 indicado en el apartado 8, aunque los tornillos pueden seguir calculándose a cortante y aplastamiento.

En la siguiente tabla se muestran las distintas categorías de uniones atornilladas vistas anteriormente:

Tabla 3. 31.

Categorías de uniones atornilladas

	Cortante y aplastamiento en T, TR (sin pretensado)
Categoría A	$F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
	Resistentes al deslizamiento en ELS (sólo TR)
Categoría B	$F_{v,Sd,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
	Resistentes al deslizamiento en ELU (sólo TR)
Categoría C	$F_{v,Sd} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$
Categoría D	Tracción en tornillos ordinarios $F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$
Categoría E	Tracción en tornillos de alta resistencia $F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$

Fuente: [52]

3.10.4.g. Cálculo de la resistencia de un tornillo

Resistencia a cortante y aplastamiento de un tornillo

Cuando un tornillo está solicitado en dirección normal a su eje por un esfuerzo cortante $F_{v,Ed}$, este esfuerzo que lo solicita, $F_{v,Ed}$ no podrá ser mayor que el menor de los dos valores siguientes:

- La resistencia a cortante del tornillo, $F_{v,Rd}$
- La resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$

a) Cálculo de la resistencia a cortante ($F_{v,Rd}$):

Si el plano de corte pasa por la parte roscada del tornillo, la resistencia a cortante $F_{v,Rd}$ viene dada por la expresión siguiente.

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 * f_{ub} * A_s}{\gamma_{Mb}}$$

Donde,

- A_s : es el área resistente a tracción del tornillo $[mm^2]$
 f_{ub} : es la tensión última a tracción del tornillo $[N/mm^2]$
 γ_{Mb} : es el coeficiente parcial de seguridad $[N/mm^2]$

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 * 400 * 84.3}{1.25}$$

$$F_{v,Rd} = 16185.6$$

Cálculo de la Resistencia al aplastamiento ($F_{b,Rd}$):

La resistencia a aplastamiento de la pieza en la zona contigua al tornillo, $F_{b,Rd}$ viene dada por la siguiente expresión:

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 * \alpha * f_u * d * t}{\gamma_{Mb}}$$

Siendo α el menor valor de:

$$\alpha = \frac{e_1}{3 * d_o}$$

$$\alpha = \frac{21.6}{3 * 18} = 0.4$$

Dónde:

d :	diámetro del tornillo	[mm]
t :	espesor de la placa	[mm]
e ₁ :	distancia al extremo frontal	[mm]
d ₀ :	diámetro del agujero	[mm]
A _s :	área resistente a tracción	[mm ²]

Entonces:

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 * 0.4 * 400 * 21.71 * 6}{1.25} = 41683.2$$

Resistencia a tracción

Cuando un tornillo está solicitado en la dirección de su eje por un esfuerzo de tracción, $F_{t,Ed}$, éste no será mayor que el menor de los dos valores siguientes:

La resistencia a tracción del tornillo, $F_{t,Rd}$

La resistencia a punzonamiento de la pieza bajo la tuerca o bajo la cabeza del tornillo, $B_{p,Rd}$

La resistencia a tracción $F_{t,Rd}$ de un tornillo viene dada por la expresión:

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 * f_{ub} * A_s}{Y_{Mb}}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 * 400 * 84.3}{1.25} = 24278.4$$

Donde,

A _s :	Es el área resistente a tracción del tornillo	[mm ²]
f _{ub} :	Es la tensión última a tracción del tornillo	[N/mm ²]
Y _{Mb} :	Es el coeficiente parcial de seguridad	[N/mm ²]

La resistencia a tracción de elementos, tales como pernos de anclaje, en los que la rosca se fabrique mediante procedimientos que impliquen arranque de viruta, será igual a la dada por la expresión anterior multiplicada por 0,85.

Asimismo, para tornillos de cabeza avellanada, la resistencia a tracción será igual al 70% de la dada por la expresión anterior.

En la siguiente tabla se indica la resistencia a tracción de los tornillos con cabeza normal de diámetros y grados más usuales.

Tabla 3. 32.

Resistencia a tracción de los tornillos con cabeza norma

DIÁMETRO (mm)	A_s (mm ²)	GRADO			
		4.6	5.6	8.8	10.9
12	84,3	24,28	30,35	48,56	60,70
16	157	45,22	56,52	90,43	113,04
20	245	70,56	88,20	141,12	176,4
22	303	87,26	109,08	174,53	218,16
24	353	101,66	127,08	203,33	254,16
27	456	131,33	164,16	262,66	328,30

Resistencia a tracción en kN

Fuente: [52]

Comprobación Final

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{40210}{16185.6} + \frac{37270}{1.4 * 24278.4} \leq 1$$

$$0.82 \leq 1$$

Donde,

$F_{v,Ed}$ es el esfuerzo cortante que actúa sobre el tornillo $[N/mm^2]$

$F_{v,Rd}$ es la resistencia a cortante del tornillo $[N/mm^2]$

$F_{t,Ed}$ es el esfuerzo axil que actúa sobre el tornillo $[N/mm^2]$

$F_{t,Rd}$ es la resistencia a tracción del tornillo $[N/mm^2]$

Esfuerzo cortante (normal al eje de los tornillos)= 4.100 *kgf* (40,21 *kN*)

Esfuerzo axil (paralelo al eje de los tornillos)= 3.800 *kgf* (37,27 *kN*)

3.11. Ánodo

Se utilizara al igual que en el cátodo tubo solido de cobre por las características ya mencionadas, al cual se le conectara el terminal positivo del rectificador.

Se utilizara canastas para la ubicación del níquel, las cuales estarán sujetadas a la barra de cobre, porque puede moverse de acuerdo a la necesidad del aro que esta sujeto en el cátodo y por ende la adherencia del níquel será más directa

Dimensiones de la canasta:

Largo = 0.15m

Alto = 0.6 m

Ancho = 0.05m

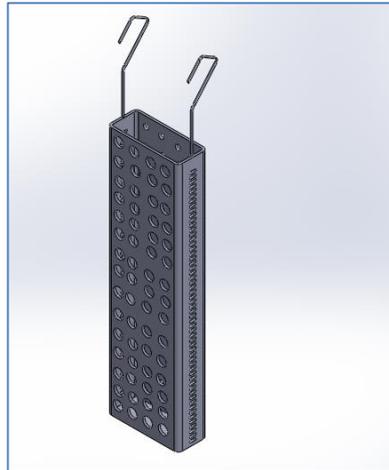


Figura 3. 55. Muestra la forma de la canastilla

En la Figura 3.27 se muestra una selección de materiales comúnmente utilizados en procesos de electrodeposición. [2]

<i>Electrodepósito</i>	<i>Metal base</i>
<i>Cobre-Níquel-Cromo</i>	<i>Materiales ferrosos</i>
<i>Níquel-Cromo</i>	<i>Materiales ferrosos</i>
<i>Cinc</i>	<i>Materiales ferrosos</i>
<i>Cadmio</i>	<i>Materiales ferrosos</i>
<i>Cobre-Níquel-Cromo</i>	<i>Aleaciones de Cinc</i>
<i>Níquel-Cromo</i>	<i>Cobre y sus aleaciones</i>
<i>Plata</i>	<i>Cobre y sus aleaciones</i>
<i>Oro</i>	<i>Cobre y sus aleaciones</i>
<i>Oro</i>	<i>Aleaciones de Cinc</i>
<i>Estaño</i>	<i>Cobre y sus aleaciones</i>
<i>Estaño</i>	<i>Materiales ferrosos</i>
<i>Níquel</i>	<i>Materiales ferrosos y Sus aleaciones</i>
<i>Níquel</i>	<i>Cobre y sus aleaciones</i>
<i>Cromo</i>	<i>Materiales ferrosos</i>

Figura 3. 56. Electrodepósitos comunes

El material de los aros que trata la empresa I.L.N es una aleación ferrosa por lo que el material más adecuado para el baño electrolítico es el níquel. Algunas características del níquel se citan a continuación:

El níquel ofrece una buena resistencia a la corrosión. Resiste muy bien a los álcalis (sosa y potasa), a las sales alcalinas (carbonato sódico, sulfato potásico) y a las soluciones de sales orgánicas (ácido acético, ácido tartárico, etc.). En caliente prácticamente no se oxida antes de alcanzar temperaturas en el orden de 700°C.

Las propiedades físicas del níquel se citan a continuación:

Tabla 3. 33.

Propiedades físicas del níquel

Densidad (kg/dm ³)	8,9
Punto de fusión (C)	1450
Calor específico (cal/gr°C)	0,11

Fuente: Díaz del Castillo F. (2008) FACULTAD DE ESTUDIOS

3.11.1. Aislante de Nylon

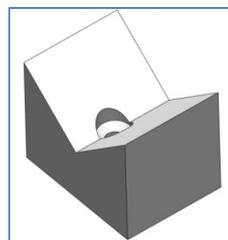


Figura 3. 57. Aislante de nylon

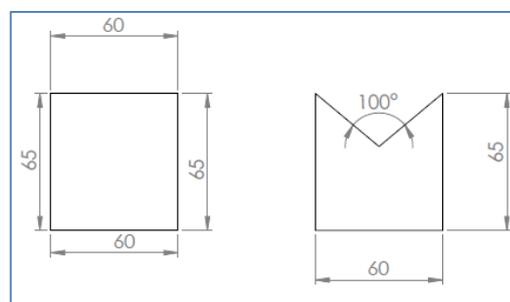
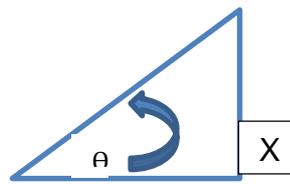


Figura 3. 58. Dimensiones del aislante de nylon

Las dimensiones del aislante están dadas para que en el interior del ángulo se coloque el tubo de cobre de una pulgada.



30 mm

$$\theta = \frac{180 - 100}{2} = 40^\circ$$

$$\text{tag}\theta = \frac{x}{30}$$

$$x = 30 * \text{tag}(40) = 21.79 \text{ mm}$$

El diámetro del tubo de cobre es 25.4 mm

El ángulo inscrito de 100° cubre aproximadamente 86% del tubo de cobre garantizando que el mismo no se desubique de su posición y

3.12. Simulación de las cargas de depósito

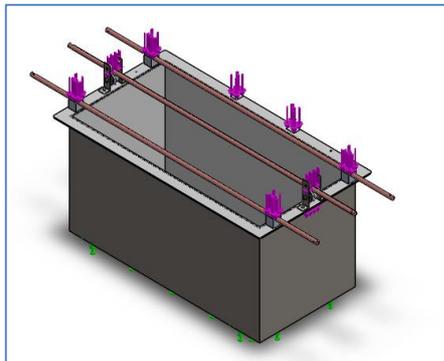


Figura 3. 59. Cargas de depósito

3.12.1. Análisis de esfuerzos de la cuba

Tabla 3. 34.

Propiedades del Elemento atesizador arriba

Propiedades volumétricas	
Masa:	24.0218 kg
Volumen:	0.00306011 m³
Densidad:	7850 kg/m³
Peso:	Peso:235.414 N

Tabla 3. 35.

Propiedades del material del Acero

Nombre:	ASTM A36 Acero
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico:	2.5e+008 N/m²
Límite de tracción:	4e+008 N/m²

3.12.2. Cargas y sujeciones

Tabla 3. 36.

Cargas y sujeción

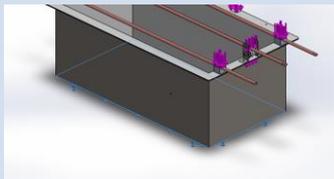
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

Tabla 3. 37.

Fuerzas Resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0.53208	1350.81	1.53262	1350.81
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Resultados del Estudio

El resultado obtenido por Solid Works de la tensión de von mises generó una tensión máxima de $9.64224e+006 \text{ N/m}^2$ que se encuentra dentro del límite elástico del material que es de 58584.3 N/m^2

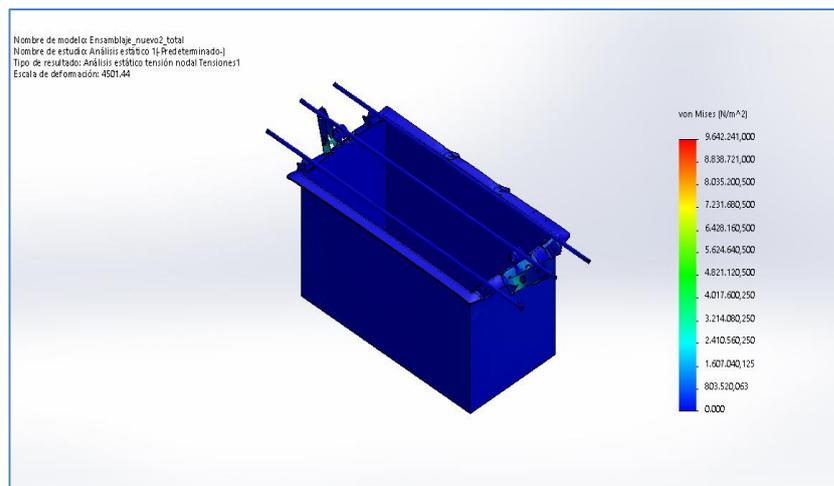


Figura 3. 60. Desplazamiento estático

El desplazamiento estático dio como resultado desplazamientos en las diferentes caras de la cuba electrolítica un máximo desplazamiento de 0.0593886 mm , a causa de las cargas que está expuesto.

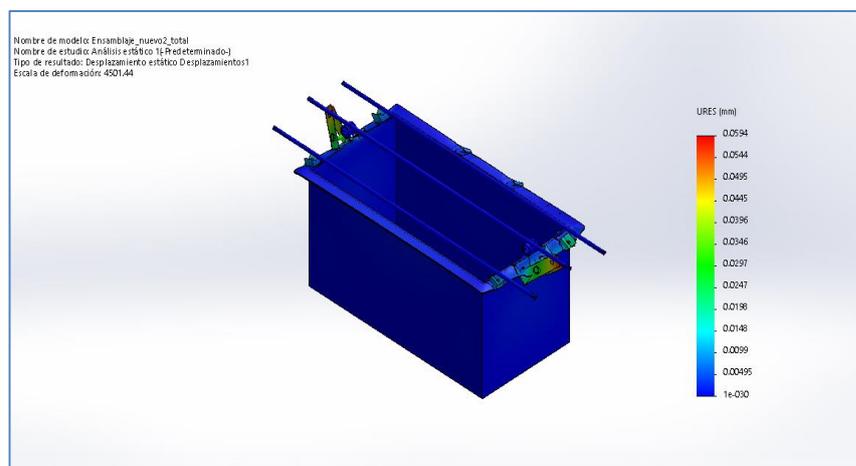


Figura 3. 61. Factor de Seguridad

El factor de seguridad dio como resultado un valor mínimo de 18.4969 a lo largo de las caras de la cuba, es el punto más crítico y se encuentra dentro del factor de seguridad mínimo admitido.

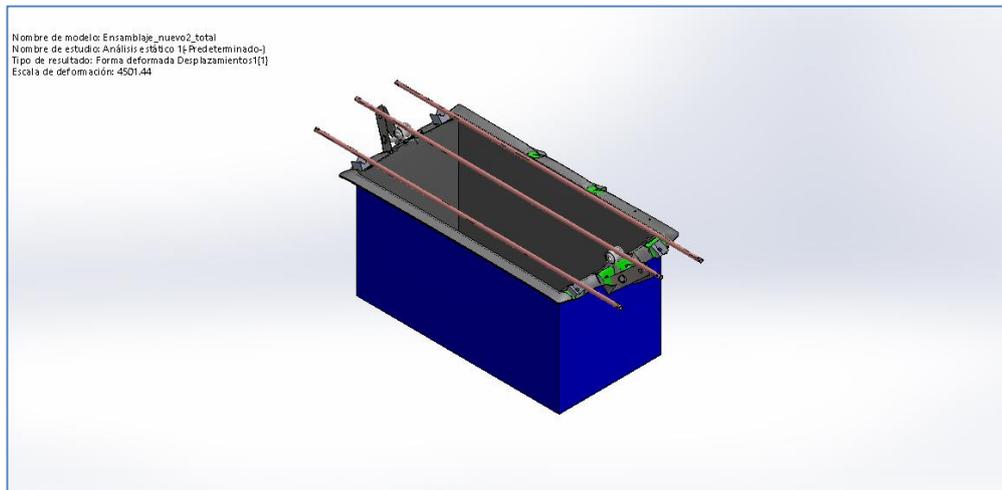


Figura 3. 62. Deformación me la Base

Conclusiones

Es dable la construcción del atesiador, se analizó con las fuerzas que intervendrán en el proceso

3.13. Fuente eléctrica

La fuente eléctrica disponible para el proceso de niquelado es un rectificador con las siguientes características:

- Tipo: Trifásico
- Frecuencia: 60Hz
- Primario: $220 V_{ca}$, $50 A_{ca}$
- Secundario: $12V_{cc}$, $1000 A_{cc}$

EL voltaje y corriente que ingresa hacia el rectificador es alterno trifásico, en su interior lo rectifica y a su salida se tiene Voltaje y corriente directa la necesaria para el proceso de deposición electrolítica.

Este voltaje y corriente será conducido hacia el ánodo el terminal positivo y cátodo el terminal negativo de la fuente.

3.13.1. Corriente eléctrica

Como regla general se tiene que la fuente debe proporcionar al menos un amperio por cada dos litros de solución [54]; esta afirmación conlleva al siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} 2 \text{ litros} &\rightarrow 1 \text{ amperio} \\ 1088 \text{ litros} &\rightarrow x \text{ amperio} \end{aligned}$$

Donde $x = 544 \text{ amperios}$; como la cantidad requerida por el sistema es menor a la ofrecida por la fuente, los requerimientos de corriente del sistema se encuentran cubiertos

Es una regla de tres directa porque el voltaje y corriente que se utiliza en la electrodeposición es directa es decir V_{cc} y I_{cc}

3.13.2. Voltaje

El voltaje requerido por el baño electrolítico de niquelado oscila entre los cuatro y diez voltios esto depende del tiempo que se demore la electrodeposición [2]; sin embargo; si se toma en cuenta que existen caídas de tensión a lo largo de todo el sistema, la decisión de colocar doce voltios a la entrada es acertada.

La salida del rectificador lo hace con un alambre conductor 2/0 y se utilizara 6 metros de este conductor.

$$T = I_{cc} * R_{conductor}$$

Ecuación 0.25

Dónde:

T ; Voltaje [Voltios = V]

I_{cc} ; Corriente Continua [Amperios = A_{cc}]

$R_{conductor}$; Resistencia del Conductor [Ω]

$$\text{Conductor 2/0: } R_{conductor} = 0.265 \frac{\Omega}{Km} \rightarrow 2.56E^{-4} \frac{\Omega}{m}$$

$$R_{conductor} = 2.56E^{-4} \frac{\Omega}{m} * 6m = 1.536E^{-3}\Omega$$

$$T = 1000 A_{cc} * 1.536E^{-3}\Omega = 1.53 V$$

$$12 V - 1.54V = 10.4V$$

Entonces el voltaje se reducirá a 10.4V. Con este voltaje la electrodeposición se lo realizara más rápida que es lo que necesita.

3.13.3. Densidad de corriente

La densidad de corriente depende en gran medida del área de la superficie de las canastas ubicadas en el ánodo.

Se utilizara 3 canastas en cada lado mayor de la cuba electrolítica, en total se utilizara 6 canastas.

$$\text{Area canasta} = \text{Base} \times \text{Altura}$$

$$A_{canasta} = 0.15 * 0.60 = 0.09m^2$$

La densidad de corriente recomendada para baños de niquelado es de 5 a 12 A/dm² [55, p. 58]; si se tiene en cuenta que el sistema requiere 544 amperios, la superficie del ánodo debería ser:

$$A = \frac{I_{sistema}}{\rho_I} \quad \text{Ecuación 0.26}$$

Dónde

$$A = \text{Area} = 9 \text{ dm}^2$$

$$I_{sistema} = \text{Corriente del sistema} = 544 \text{ A}$$

$$\rho_I = \text{Densidad de Corriente (Amperios)}$$

$$\rho_I = \frac{544 \text{ A}}{6 * 9 \text{ dm}^2} = 10.07 \frac{\text{A}}{\text{dm}^2}$$

La densidad de corriente se mantiene en el rango recomendado para la electrodeposición de níquel

3.14. Calentador

Para baños de niquelado es recomendable calentar la solución a 50°C. La potencia requerida para calentar el baño, PW, se calculara de la siguiente manera.

$$Q_T = P_V * C_E * \Delta t \quad \text{Ecuación 0.27}$$

Dónde:

$$Q_T, \quad \text{Calor Transferido} \quad [kJ]$$

$$P_V, \quad \text{Masa de la solución} \quad Kg$$

$$C_E, \quad \text{calor especifico} \quad [KJ * kg^{-1} * ^\circ K^{-1}]$$

$$\Delta t, \quad \text{variación de la temperatura} \quad [^\circ K]$$

$$m = \text{Masa} \quad [Kg]$$

Por lo que la masa del agua contenida en la cuba corresponde a:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ecuación 0.28

Dónde:

ρ ;	Densidad	$\left[\frac{kg}{cm^3} \right]$
v ;	Volumen	$[cm^3]$
m ;	Masa	$[Kg]$

$$m = v \times \rho$$

$$m = 0.979cm^3 * 1000 \frac{kg}{cm^3} = 979 kg$$

A esta masa debe añadirse la masa proporcional de los compuestos químicos mencionados en la tabla 3.10

Para el sulfato de níquel se tiene:

$$m_1 = 220 \frac{g}{l} * 979 l = 215380g = 215,38 kg$$

Para el cloruro de níquel se tiene:

$$m_2 = 60 \frac{g}{l} * 979 l = 587.40 g = 58.74 kg$$

Para el ácido bórico se tiene:

$$m_3 = 45 \frac{g}{l} * 979 l = 44055 g = 44.055 kg$$

Los demás compuestos se presentan en cantidades pequeñas por lo que serán fácilmente absorbidos por el factor de seguridad

La masa total de la solución en el tanque es:

$$m_T = 979kg + 215.38kg + 58.74kg + 44.055kg = 1297.17 kg$$

La masa de la solución ya fue calculada y corresponde a 1297.17 Kg

Para determinar el calor específico de la solución, Rodríguez recomienda utilizar el calor específico del agua [2]; por lo tanto el calor específico de la solución es $4.18 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K}$

La variación de la temperatura se calcula tomando como temperatura ambiente $20^{\circ}C$, la temperatura final es $50^{\circ}C$ por lo que la diferencia de temperatura es $30^{\circ}C$; la diferencia se mantiene en la escala Kelvin

La potencia requerida para calentar la solución será por tanto:

Se utiliza la Ecuación 3.25.

$$Q_c = 1297.17Kg * 4.18 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K} * 30^{\circ}K = 162665.11 KJ$$

$$P_w = \frac{Q}{t}$$

Ecuación 0.29

El electrolito necesitara un precalentamiento de 5 horas

$$t = \text{Tiempo [seg]} = 5 \text{ horas} = 18000 \text{ seg}$$

$$P_w = \text{Potencia [Watts]}$$

$$P_w = \frac{162665.11 KJ}{18000 \text{ seg}} = 9.08 KWatts$$

Se utilizara un calefactor de 9000 Watts

3.15. Diseño del extractor de gases

3.15.1. Tipo de extractor

Existen dos formas principales de ventilar un sistema: ambiental y localizada; para procesos de galvanizado es ampliamente recomendada la segunda

Los componentes principales de un sistema de ventilación localizado son el dispositivo de captación y el canal de evacuación del contaminante

El dispositivo de captación será una campana simple elevada, el proceso requiere ser monitoreado contantemente

Al diseñar extractores de campana elevada se ha de tener especial cuidado en colocarlos lo más cercanos posible al proceso a fin de reducir el caudal de aire necesario para la extracción

3.15.2. Caudal

El caudal requerido por el sistema se calcula con la siguiente expresión [56]:

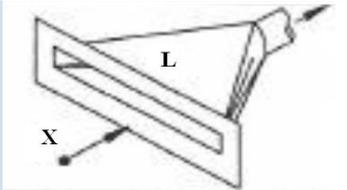
$$Q_E = 2.6 * L_C * V_C * X \quad \text{Ecuación 0.30}$$

Dónde:

Q_E ;	Caudal requerido por el sistema para la extracción	$\frac{m^3}{seg}$
L_C :	Lado más largo de la Cuba	[m]
V_C :	Velocidad de captación	[m/s]
X :	Distancia desde cuba al extractor	[m]

Tabla 3. 38.

Tipo de campana

Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Rendija con Pestaña	$Q_E = 2.6 * L_C * V_C * X$

Fuente: [57]

La velocidad de captación es suficiente 1 m/s La velocidad de captación recomendada para procesos galvánicos es 5 m/s [56]

La distancia X es un valor sobre el que debe decidir el diseñador; en este caso se selecciona una distancia de 0.015 m.

El caudal requerido por el sistema con la Ecuación 3.28 es:

$$Q = 2.6 * 1 * 5 * 0.015 = 0.195 \frac{m^3}{s} = 702 \frac{m^3}{h}$$

3.15.3. Presión

Para que el aire dentro del ventilador alcance los 10 m/s es necesario que se genere una presión dinámica de 6 mm C. D. A. tal como se muestra en la Figura 3.28

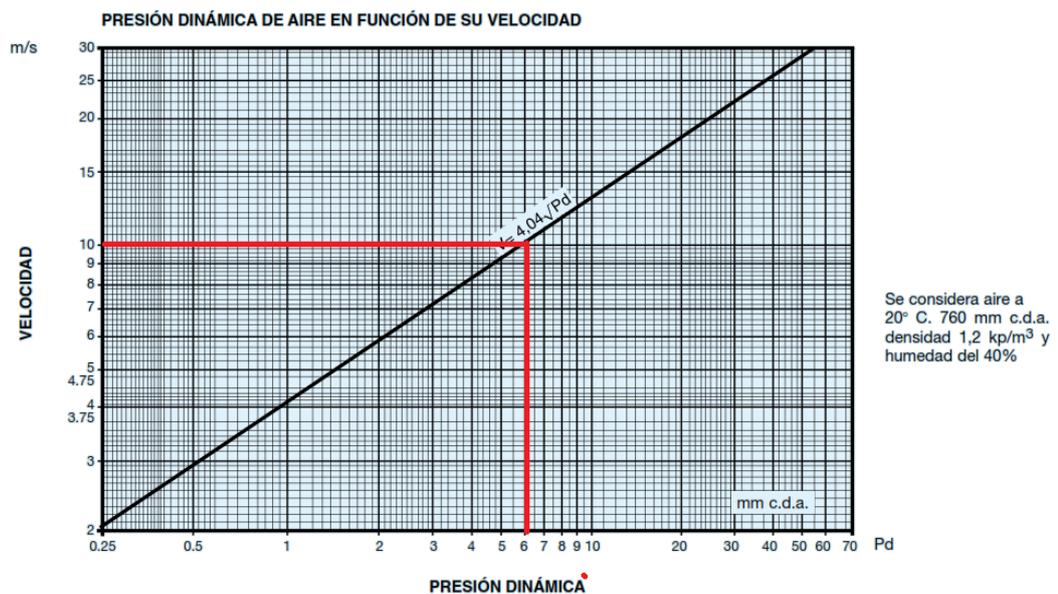


Figura 3. 63. Relación entre la velocidad y la presión dinámica para ventiladores

Fuente: [56]

$$P_d = 6 \text{ mm. c. d. a}$$

$P_d = \text{Presion Dinamica [mm. c. d. a = milímetros de columna de agua]}$

$$1 \text{ mm. c. d. a.} = 9.80665 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm. c. d. a.} = 0.00142 \text{ PSI}$$

3.15.4. Pérdidas

El dimensionamiento de la tubería que llevará el aire hacia el exterior se realiza asumiendo una velocidad de descarga; la velocidad de descarga se fija en 10 m/s

Con 10 m/s y aproximadamente 702 m³/h, se utiliza la figura 3.29 para aproximar el diámetro de la tubería y las pérdidas generadas por fricción

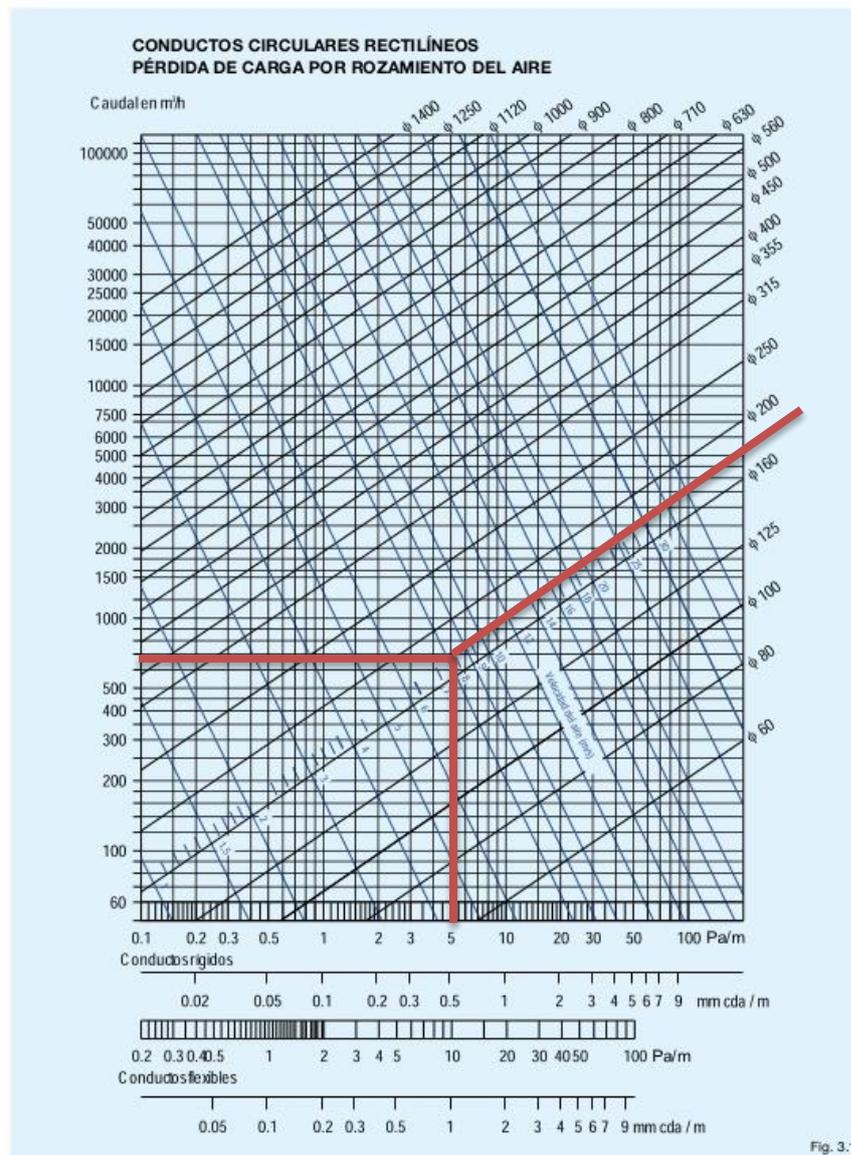


Figura 3. 64. Pérdidas por fricción generadas en el sistema de ventilación

De la Figura 3.29 se destaca que el diámetro recomendado para la tubería es 175 mm y las pérdidas debidas a la fricción son de 0,5 mm C.D.A. por cada metro de tubería

Se fija la longitud de tubería en 3 m, necesaria para que los gases salgan del lugar de trabajo.

$$Perdidas\ de\ tuberia = 3 * 0.5 = 1.5\ mm.\ c.\ d.\ a$$

Otro factor importante es la pérdida de presión debida a la forma de la campana; esta puede determinarse en función de la presión dinámica y un coeficiente que depende de la morfología de la campana y que puede determinarse con ayuda de la Figura 3.63.

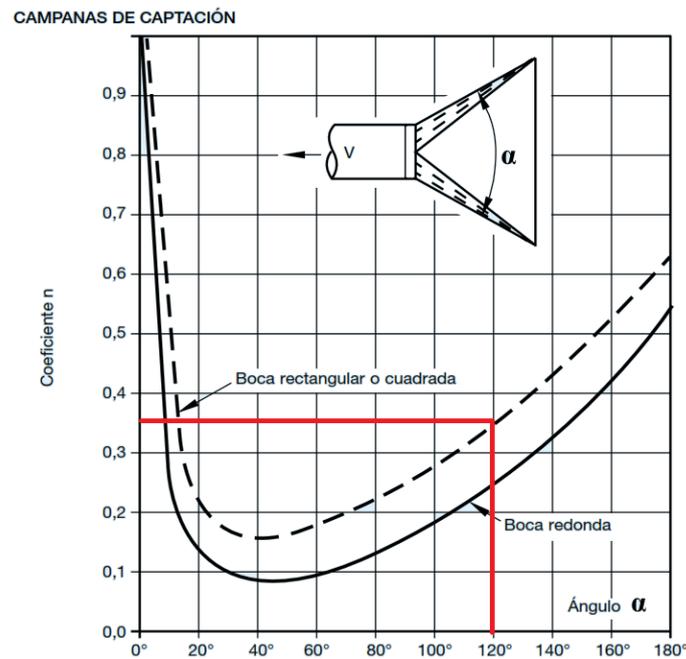


Figura 3. 65. Coeficiente de morfología del dispositivo extractor

Con base en la Figura 3.30 puede aproximarse el factor n a 0,37; por lo tanto la pérdida de presión debida a la morfología del dispositivo se multiplicara por seis que es la presión dinámica (P_d), entonces las pérdidas será:

$$P_2 = 0.37 * 6 = 2.22\ mm.\ c.\ d.\ a$$

Perdidas por accesorios:

$$P_{accesorios} = P_d * n$$

Ecuación 0.31

Dónde:

$n =$ Coeficiente de pérdida de carga

$P_d =$ Presión dinámica

Coeficientes n de pérdida de carga, referidos a la velocidad del aire en D

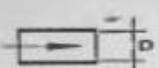
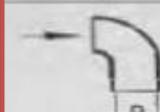
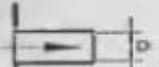
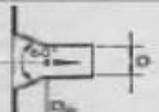
Figura	Coeficiente n	Figura	Coeficiente n																																													
	Conducto : Circular $n = 0,87$ Rectangular $n = 1,25$		$n = 1,6$																																													
	Conducto : Circular $n = 0,5$ Rectangular $n = 0,7$		$n = 1,78$																																													
	$n = 0,2$		Conducto : Circular $n = 0,48$ Rectangular $n = 0,7$																																													
	$n = 0,66$		$n = 0,06 \pm 0,1$																																													
	Sin rejilla o con rejilla de malla $\geq 50 \text{ mm } \varnothing$																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">α°</th> <th colspan="2">Coeficiente n</th> </tr> <tr> <th>Circular</th> <th>Rectangular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0,42</td> <td>0,53</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0,3</td> <td>0,38</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0,24</td> <td>0,31</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>0,2</td> <td>0,29</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>0,29</td> <td>0,39</td> </tr> </tbody> </table>	α°	Coeficiente n		Circular	Rectangular	10	0,42	0,53	20	0,3	0,38	30	0,24	0,31	45	0,2	0,29	60	0,29	0,39		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">α</th> <th colspan="2">Coeficiente n</th> </tr> <tr> <th>Circular</th> <th>Rectangular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15°</td> <td>0,15</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>0,08</td> <td>0,16</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>0,06</td> <td>0,15</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>0,08</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>90°</td> <td>0,15</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>120°</td> <td>0,26</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>150°</td> <td>0,40</td> <td>0,48</td> </tr> </tbody> </table>	α	Coeficiente n		Circular	Rectangular	15°	0,15	0,25	30°	0,08	0,16	45°	0,06	0,15	60°	0,08	0,17	90°	0,15	0,25	120°	0,26	0,35	150°	0,40	0,48
α°		Coeficiente n																																														
	Circular	Rectangular																																														
10	0,42	0,53																																														
20	0,3	0,38																																														
30	0,24	0,31																																														
45	0,2	0,29																																														
60	0,29	0,39																																														
α	Coeficiente n																																															
	Circular	Rectangular																																														
15°	0,15	0,25																																														
30°	0,08	0,16																																														
45°	0,06	0,15																																														
60°	0,08	0,17																																														
90°	0,15	0,25																																														
120°	0,26	0,35																																														
150°	0,40	0,48																																														

Figura 3. 66. Coeficiente de pérdida de carga

La pérdida por accesorios con la Ecuación 3.27

$$P_{\text{accesorios}} = 6 \text{ mm} \cdot c \cdot d \cdot a * 1,6 = 9,6 \text{ mm} \cdot c \cdot d \cdot a$$

La presión total es:

$$P_T = P_d + P_1 + P_2 + P_{\text{accesorios}}$$

$$P_T = 6 + 1,5 + 2,22 + 9,6 = 19,3 \text{ mm} \cdot c \cdot d \cdot a$$

3.15.5. Ventilador

El ventilador requerido por el sistema de extracción tiene las siguientes características:

- Caudal: $702 \frac{m^3}{h}$
- Presión: $19.3mm . c. d. a$

3.16. Sensores

En el sistema es indispensable la utilización de un sensor de temperatura de la solución; debido a que no se maneja una elevada temperaturas se dispone de un amplio catálogo de dispositivos. El dispositivo más recomendable para medir la temperatura de la solución es un termostato debido a que son dispositivos muy robustos capaces de trabajar durante mucho tiempo si presentar fallas.

Las características del termostato seleccionado para el proceso se muestran en la tabla

Tabla 3. 39.
Características del sensor de temperatura

Característica	Valor
Tipo	Termostato
Rango de temperatura (C)	0-200
Potencia (W)	1200
Voltaje admisible (V)	240
Corriente admisible (A)	30

3.17. Selección de fusibles

Para la selección del fusible del circuito de potencia hay que considerar la corriente nominal del motor de la bomba que es 2.8 A sumándole la corriente del calentador 17 amperios.

$$I_a = 1.8 \times (I_{bomba} + I_{calentador})$$

Ecuación 0.32

$$I_a = 1.8(2.8 + 17) = 35.64 \text{ A}$$

Tabla 3. 40.**Características del Fusible**

Punto de fusión	35 A
Datos eléctricos	220V

3.18. Selección de interruptor termo-magnético

En la selección de este dispositivo de protección de todo el sistema tanto de control y de potencia se tomara en cuenta las corrientes del calentador, del sensor o termostato y la corriente de la bomba en plena carga.

$$I_{ITM} = 1.5[I_{bomba} + I_{Sens} + I_{calen}]$$

Ecuación 0.33

$$I_{ITM} = 1.5 \left[2.8 + \left(\frac{30}{\sqrt{3}} \right) + 17 \right]$$

$$I_{ITM} = 55.68 \text{ A}$$

Dónde:

I_{ITM} ; Corriente que soporta interruptor termo-magnético

I_{Sens} ; Corriente del Sensor

I_{calen} ; Corriente del calentador

Tabla 3. 41.**Características del Interruptor termo-magnético**

Numero de polos	3
Datos eléctricos	55 A /220 V

3.19. Sistema de control**3.19.1. Circuito de mando**

El diseño del sistema de control deberá abarcar los siguientes puntos:

- El sistema de control se implementará sobre un tablero de control eléctrico industrial
- Todas las tareas de control serán gestionadas a través de un autómata programable
- El proceso iniciará con el encendido del calentador de la solución; su control se realizará a través de un botón verde para el encendido
- Al mismo tiempo se realizará el encendido de la bomba de agitación a fin de que la mezcla se caliente homogéneamente
- El encendido y apagado de la bomba debe controlarse independientemente del resto del proceso
- Cuando la solución alcance la temperatura deseada, el termostato empezará a regular el encendido y apagado del calentador a fin de mantener una temperatura constante
- A continuación se activará la fuente de energía a fin de inducir la electrolisis y mediante un temporizador la bomba y la fuente permanecerán encendidas mientras dure el proceso de niquelado
- Una vez concluido el proceso de niquelado el sistema debe regresar a su estado inicial
- Una sirena advertirá la finalización del ciclo
- El sistema debe contar con un paro de emergencia, un interruptor principal y fusibles en donde fuese necesario
- El esquema del circuito de control se ilustra en el Anexo G

3.20. Selección de los elementos de automatización

3.20.1. Contactor

En la selección del contactor se lo realizara utilizando los siguientes parámetros:

Tabla 3. 42.

Especificaciones del Contactor

Corriente	Alterna
Voltaje:	110V
Corriente:	11 A
Frecuencia:	60Hz
Potencia:	2.5 KW

3.20.2. Temporizador

Estos temporizadores inician su conteo al momento de energizar la bobina.

Al llegar al tiempo dado, los contactos del temporizador cambian de posición

En el sistema de control se utilizara este tipo de temporizador para la automatización utilizando los siguientes parámetros:

Tabla 3. 43.

Especificaciones del Temporizador

Corriente	Alterna
Voltaje:	110V
Contactos abiertos	2
Contactos cerrados	2
Frecuencia:	60Hz
Tipo	On delay

3.20.3. Sirena

Es un instrumento acústico que se utilizara para la alerta y aviso, que el proceso ha finalizado correctamente en el tiempo establecido

Tabla 3. 44.

Especificaciones de la Sirena

Corriente	Alterna
Voltaje:	110V
Sirena	Motor sirena

3.20.4. Botoneras o Pulsadores

En este caso el pulsador a utilizar será un normalmente cerrado o pulsador de paro y un pulsador normalmente abierto o pulsador de marcha.

Tabla 3. 45.

Especificación del Pulsador de Marcha

Corriente	Alterna
Voltaje:	110V
Color	Verde
Contactos	1NA
Frecuencia:	60Hz
Tipo	Pulsador de Marcha

Tabla 3. 46.

Especificación del Pulsador de Paro

Corriente	Alterna
Voltaje:	110V
Color	Rojo
Contactos	1NC
Frecuencia:	60Hz
Tipo	Pulsador de Paro

3.20.5. Lámparas piloto

Se utilizara para indicar si el proceso se encuentra encendido o apagado en el tablero de control.

Tabla 3. 47.

Especificación de Lámpara Piloto

Corriente	Alterna
Voltaje:	110V
Color	Rojo
Descripción	Led
Frecuencia:	60Hz

3.20.6. Selección de calibre de cable conductor

Para la selección del cable del circuito de fuerza es necesario recordar que por el sistema circularán como máximo alrededor de 550 amperios; con este amperaje es recomendable utilizar el calibre AWG 2/0 de dos hebras , la hebra simple soporta una corriente de 280 amperios

CAPÍTULO IV

4. TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, COSTOS Y MANTENIMIENTO DE UNA NIQUELADORA CON AGITACIÓN Y RECIRCULACIÓN DEL ELECTROLITO

4.1. Tecnología de la construcción.

La construcción de las partes constituyentes de la Niqueladora se las realizó en su mayoría en la empresa I. L. N. Cía. Ltda. , de la ciudad de Ambato.

Las máquinas y equipos que se utilizaron en la construcción de la Niqueladora están descritas en la tabla 4.1.

Tabla 4. 1.

Máquinas y Equipos

designación	maquina y/o equipo	características
M1	Cortadora de Plasma:	Tensión: 208 - 230 V Amperaje: 50 - 100 A Rango de corte: 1/8" a 1-1/4 "
M2	Soldadora MIG	Tensión: 115 V Amperaje: 30 140 A
M3	Pulidora	Velocidad: 8.500 r.p.m. Tensión: 120 V CA Amperaje: 10 A
M4	Esmeriladora	Tensión: 220 V Amperaje: 2 A Velocidad: 8000 r.p.m. Potencia: 1 hp Diámetro rueda: 7"
M5	Taladro de Pedestal	Velocidad: 300 – 2000 r.p.m. Potencia: 1 hp Giro de la mesa: 180°
M6	Talado Manual	Potencia 450 Watts Capacidad Acero 10mm (3/8") Madera 25mm (1") Velocidad 0 - 3000 RPM
M7	Dobladora de Tool	Longitud útil: 2000 mm Espesor de trabajo: 15 mm

En la siguiente tabla se indica las herramientas y accesorios auxiliares se emplearon en la construcción.

Tabla 4. 2.
Herramientas y Accesorios

DESIGNACIÓN	HERRAMIENTA y/ o accesorio
H1	Flexómetros
H2	Escuadras
H3	Tiza industrial
H4	Martillos
H5	Machuelo
H6	Sierra de mano
H7	Calibradores pie de rey
H8	Entenalla
H9	Llaves de boca
H10	Llaves de corona
H11	Brocas
H12	Cepillo de metal
H13	Cinzel
H14	Cortadora de alambre
H15	Destornilladores
H16	Pinzas
H17	Estilete

4.2. Operaciones tecnológicas

Para la obtención de cada uno de los elementos que comprenden la maquina comprende diferentes actividades u operaciones que se realizaran, para posteriormente proceder al montaje. Las principales operaciones tecnológicas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 4. 3.
Operaciones Tecnológicas

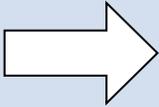
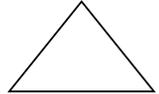
NUMERO	de operación	operaciones
1		Medición y trazado
2		Corte del material: plasma o sierra cortadora de alambre
3		Limpieza de rebabas: cinzel, amoladora o lima
4		Esmerilado
5		Doblado
6		Unión de partes (Soldadura)
7		Taladrado
8		Montaje
9		Nivelado
10		conexión de cables
11		Colocación de terminales cables
12		Machuelado
13		Pegado (pega pvc)

4.3. Cursograma sinóptico de la construcción

Para la representación de las operaciones tecnológicas que se realizara se utiliza cursogramas para cada etapa de la construcción, no tiene un orden específico y se lo realizara de acuerdo a las necesidades de avance de la maquina según los respectivos planos. Se ubica en la parte izquierda de la operación el tiempo empleado en minutos, se utilizara la siguiente nomenclatura para su comprensión.

Tabla 4. 4.

Nomenclatura del Cursograma

Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

4.3.1. Desarrollo de la cuba

Plancha de acero ASTM A36 6 mm

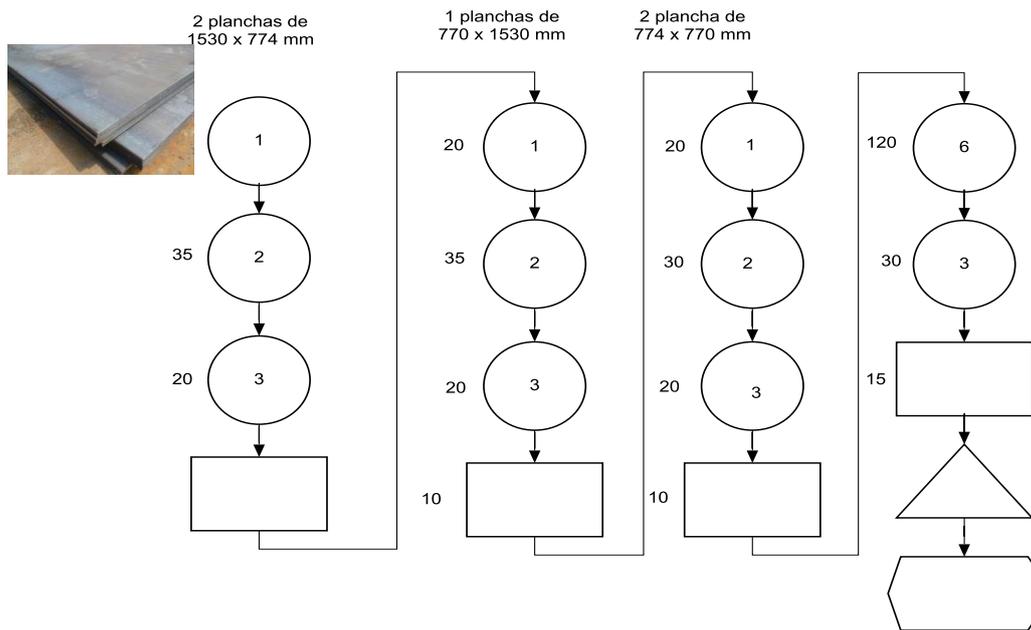


Figura 4. 1. Construcción de la cuba

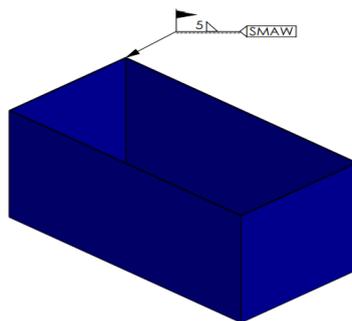


Figura 4. 2. Cuba electrolítica

4.3.2. Desarrollo Campana del Sistema de extracción

Planchas de acero galvanizado ASTM A36 de 2 cm

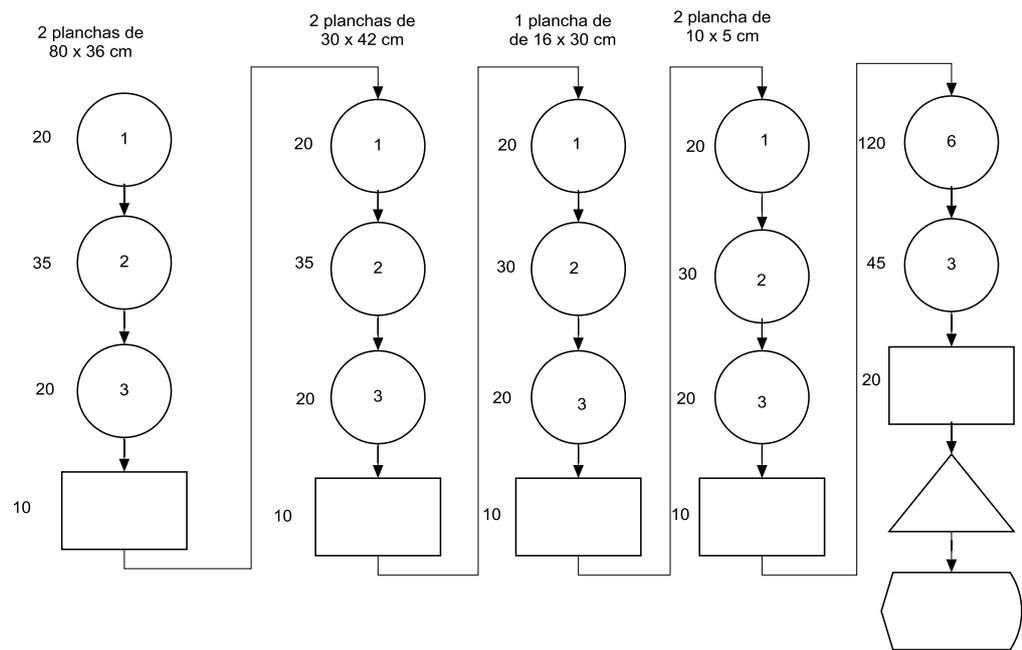


Figura 4. 3. Construcción de la Campana de extracción

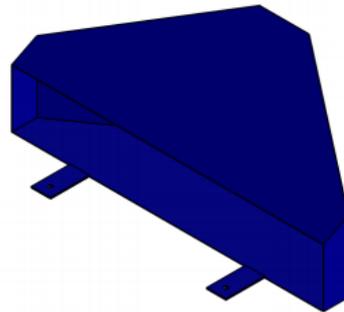


Figura 4. 4. Campana Extractora

4.3.3. Desarrollo de la base de tablero de control.

Angulo de media pulgada ASTM A36 4 cm

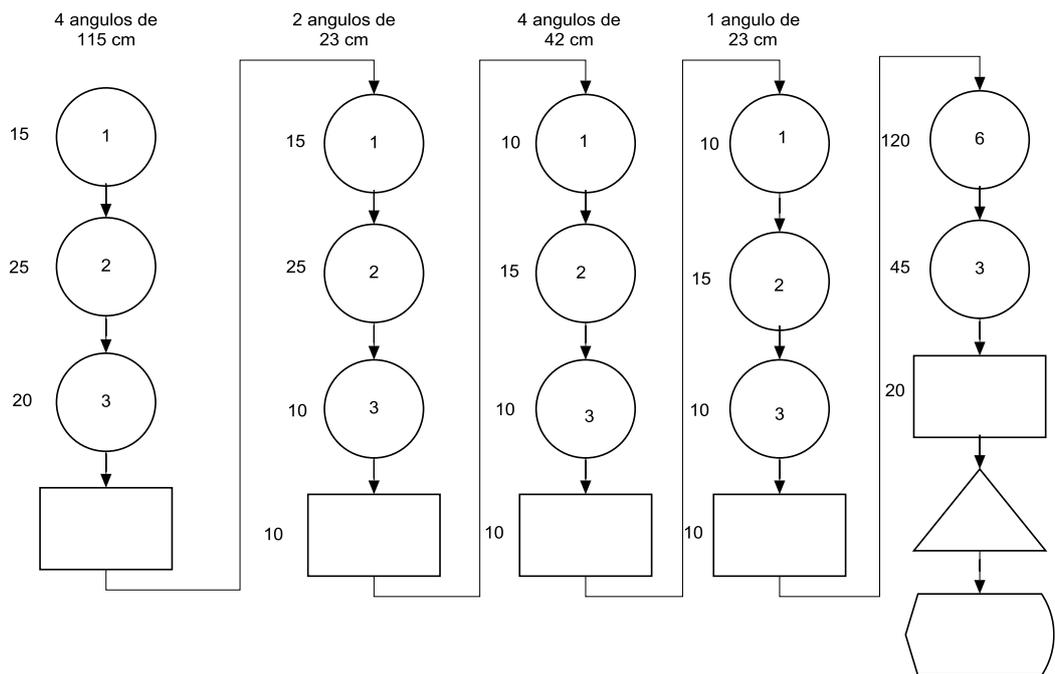


Figura 4. 5. Construcción de la base del tablero



Figura 4. 6. Soporte del Tablero de control

4.3.4. Desarrollo de soporte de nylon para ánodo y cátodo

4 piezas de Nylon

4 de piezas de Nylon de 12 x 12 cm

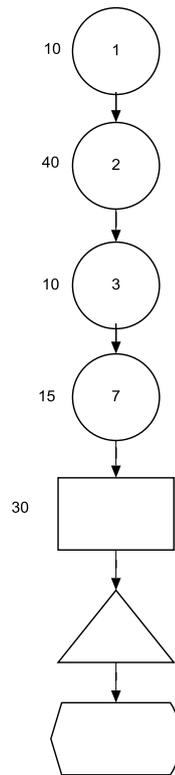


Figura 4. 7. Construcción soporte de Nylon

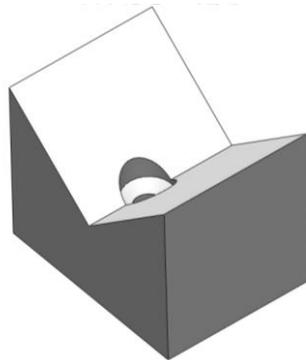


Figura 4. 8. Soporte de Nylon

4.3.5. Desarrollo sistema de tuberías

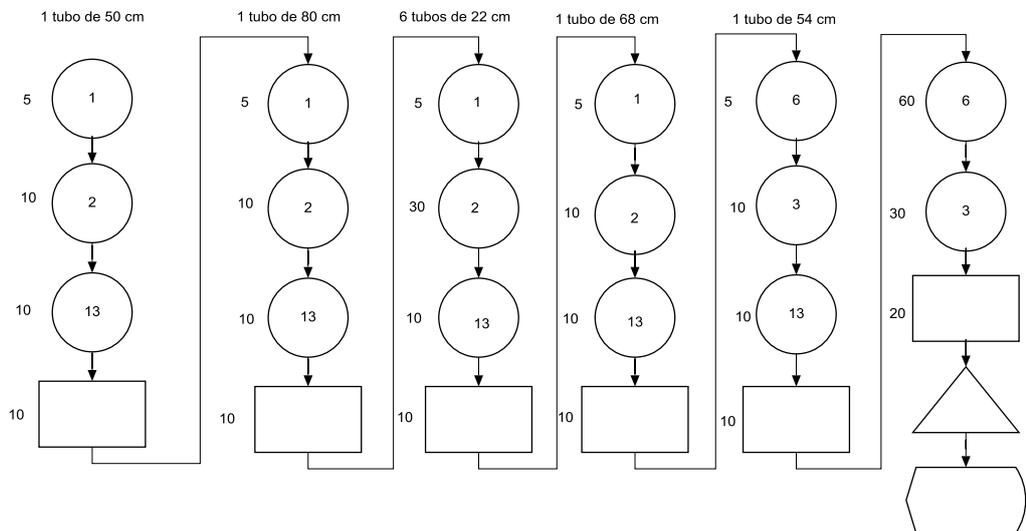


Figura 4. 9. Construcción del sistema de Tubería.



Figura 4. 10. Accesorios y Tuberías de PVC



Figura 4. 11. Construcción interna del sistema de Tuberías



Figura 4. 12. Pegado de Tuberías



Figura 4. 13. Acople de la tubería con la Bomba



Figura 4. 14. Estructura de la tubería de recirculación.

4.3.6. Desarrollo sistema de agitación

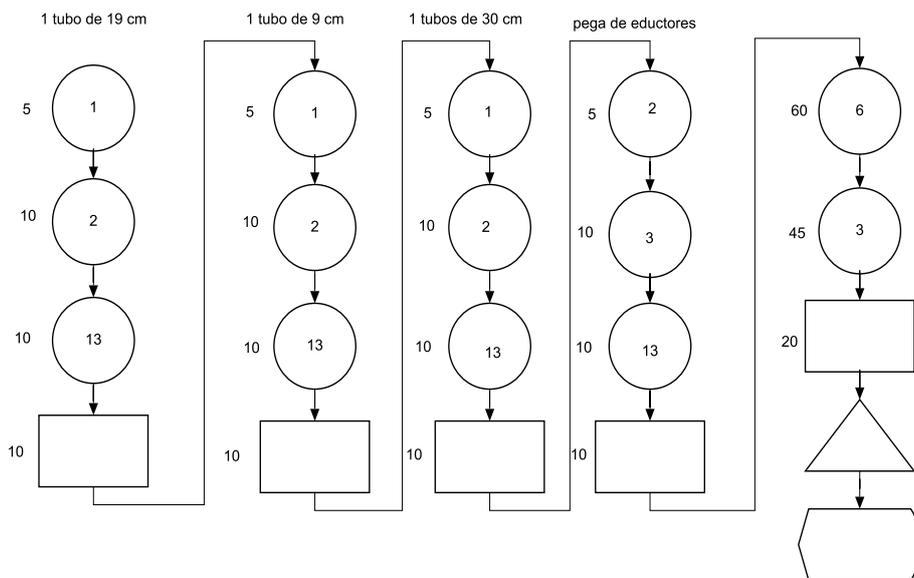


Figura 4. 15. Construcción del sistema de Agitación.



Figura 4. 16. Sistema de agitación



Figura 4. 17. Sistema de Filtrado.

4.3.7. Desarrollo del tablero de control

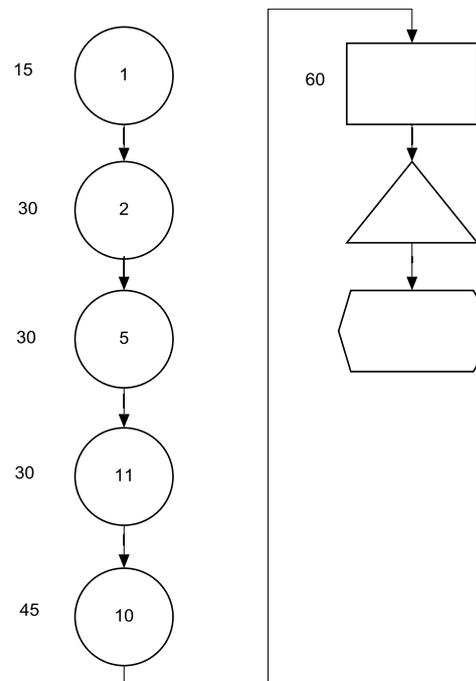


Figura 4. 18. Construcción del Tablero de Control

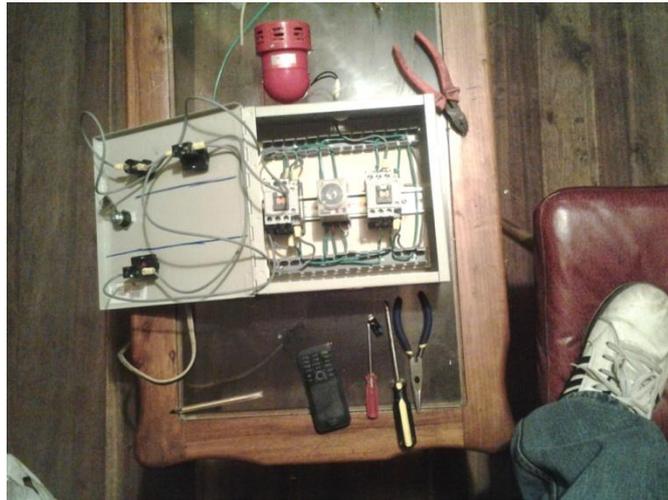


Figura 4. 19. Ensamblaje con los elementos internos de la caja de control

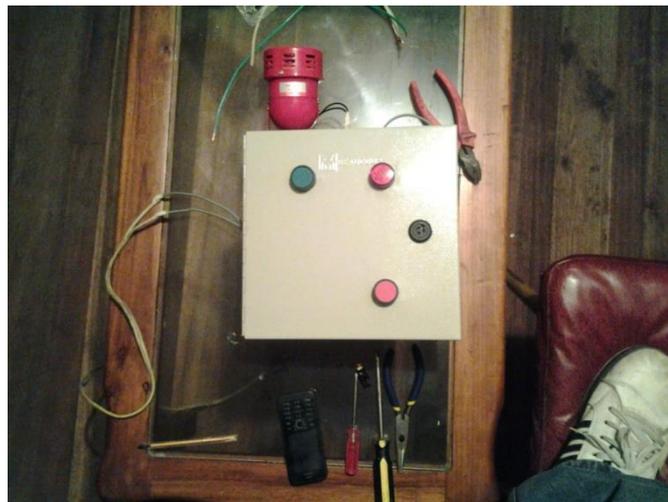


Figura 4. 20. Acople de los elementos externos de la caja



Figura 4. 21. Funcionamiento de la caja de control

4.4. Cursograma de montaje

Para realizar el montaje de la maquina se describe las operaciones en la tabla

Tabla 4. 5.

Operaciones de montaje.

Operaciones de montaje	codigo
Montaje deposito electrolítico	m1
Montaje calefactor	m2
Montaje soporte de ánodo y cátodo	m3
Montaje Campana de extracción	m4
Montaje base de tablero de control	m5
Montaje sistema de tuberías	m6
Montaje sistema de agitación	m7
Montaje Bomba y filtro	m8

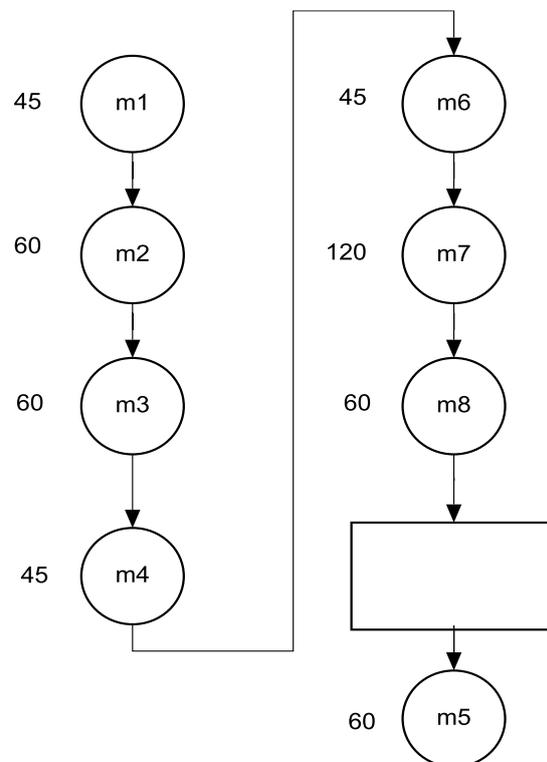
DIAGRAMA DE MONTAJE**Figura 4. 22. Montaje de la Maquina****Figura 4. 23. Montaje del sistema de recirculación y agitación en la Cuba**



Figura 4. 24. Montaje del Filtro



Figura 4. 25. Montaje Filtro Bomba



Figura 4. 26. Montaje Realizado

4.5. Análisis de costos.

Se consideran los costos directos, materiales, mano de obra, alquiler de máquinas, costos de operación y mantenimiento de la máquina.

4.5.1. Costos de materiales

En los costos totales se expresan en la tabla

Tabla 4. 6.

Costos Totales.

CANTIDAD	MATERIAL	P/ UNITARIO \$	P. TOTAL \$
1	Soporte de nylon	12	12
1	Tubos de cobre ½ pulg	30	30
2	Tubos de PVC	19	36
2	Poleas aislantes	5	10
1	T de PVC	2	2
10	Codos PVC	1.5	15
1	Bomba Centrífuga	250	250
1	Filtro	237	237
6	Neplos de Acero	36	36
4	Adaptadores Macho	1.2	4.8
4	Tapón Hembra	1	4
1	Pega de 8 onzas	10	10
1	Válvula de Pie	27	27
2	Universal pvc Lasco	12.60	25.20
1	Calefactor de cuarzo	700	700
1	Termocupla	50	50
1	Temporizados	25	25
2	Contactores	30	60
2	Pulsadores	2.5	5
1	Sirena	6	6
1	Ventilador Centrífugo.	50	50
1	Luz Piloto	3	3
3	Plancha de acero ASTM A36 1220x2440x6 mm	160	480
2	Angulo 40 x 40 x 3	20	40
4	Planchas acero galvanizado	50	200
1	Sierra Sandflex	1	1
10	Pernos diferentes medidas	0.6	6
30	Pernos	0.4	12
1½	Litros de thinner	1	1.5
1	Galón de pintura	8	8
50	Conductor eléctrico	0.4	20
	TOTAL		2366.5

4.5.2. Costos por utilización de las máquinas.

Los costos por utilización de las diferentes máquinas se especifican a continuación.

Tabla 4. 7.

Costos por Utilización y alquiler de equipos

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA	TIEMPO (horas)	ALQUILER (\$ hora)	COSTO TOTAL \$.
M1	5	6	30
M2	20	6	120
M3	4	5	20
M4	4	5	20
M5	2	5	10
M6	10	6	60
M7	3	6	18
		TOTAL	278

4.5.3. Costo de mano de obra

Se establece en relación al tiempo empleado en la construcción de la máquina. Este valor, expresado en horas, se multiplica por la tarifa promedio que cada operario gana en una hora.

Tabla 4. 8.

Costos de Mano de Obra

OPERARIO	Número de Horas	COSTO/hora \$	COSTO TOTAL \$
Maestro Mecánico	20	10	200
Ayudante de Mecánico	20	7	140
		TOTAL	340

4.5.4. Costo total

Lo determina la sumatoria de los diferentes costos antes establecidos, así el costo total de la máquina será:

$$\text{COSTO FINAL} = \text{CM} + \text{CUM} + \text{CMO}$$

$$\text{COSTO FINAL} = 2366.5 + 278 + 340$$

$$\text{COSTO FINAL} = 2984.5$$

$$\text{Imprevistos } 5\% = 149.22$$

$$\text{Costo total real} = 3133.725$$

4.6. Operación de la máquina

Dependiendo de la pieza metálica que se desee niquelar se elegirá los tiempos de funcionamiento de la máquina, estos variara dependiendo de la forma tamaño y cantidad de elementos ingresados a la cuba electrolítica

La puesta en funcionamiento de la máquina implica los siguientes pasos:

1. Verificar el flujo de energía eléctrica hacia el rectificador y tablero de control.
2. Observar la ausencia elementos extraños en el interior de la cuba
3. Precalentar el electrolito hasta llegar los 50°C
4. Observar que no exista peligro para las personas cercanas a la máquina en especial las que se encuentran cercanas a la cuba o bomba del sistema.
5. Ingresar la o las piezas metálicas hacia la cuba
6. Dependiendo de las características de la pieza o piezas metálicas variar el tiempo de encendido, es decir modificar el tiempo del temporizador
7. Arrancar la máquina.
8. Encender el rectificador
9. Transcurrido el tiempo necesario para obtener un niquelado uniforme se apagara automáticamente la máquina.
10. Apagar el rectificador industrial

4.7. Mantenimiento.

La máquina está construida para la filtración y agitación del electrolito. El filtro sede ser inspeccionado y se lo limpiara para evitar un posible daño en la bomba por el esfuerzo realizado al querer fluir el electrolito por el interior del filtro tapado.

El mantenimiento en la máquina considerará las partes que mayor problema puedan presentar y cuyo daño implique su paralización. El mantenimiento se realizará considerando el número de horas de operación y el número de piezas niqueladas, siguiendo las recomendaciones indicadas en la tabla , las cuales deberán cumplirse en el tiempo señalado, para prevenir daños prematuros o totales.

Los tubos de cobre que actúan como ánodo y cato, también como soportes tanto de la pieza a niquelar y de las canastas de níquel deben ser limpiados constantemente porque las sales del electrolito son corrosivas y puede disminuir su estructura interna propia.

El ventilador axial que está en el interior de la campada del sistema de extracción debe ser revisada y limpiada, no solo extrae gases, sino también polvo basura y algunos otros objetos, los cuales podrían acumularse en el ventilador y este sufrir un daño o no realizar su función de extracción.

Tabla 4. 9.

Cronograma de Mantenimiento

ACTIVIDADES	HORAS DE OPERACIÓN
Limpieza y revisión de partes fijas.	Cada 8 horas.
Revisión de Cables eléctricos	Cada 500 horas.
Revisión ventilador	Cada 2500 horas.
Revisión filtro	Cada 1500 horas.

A continuación se describen cada una de las actividades indicadas en la tabla del Cronograma de Mantenimiento

4.7.1. Limpieza y revisión de partes fijas.

Para una mejor conservación de la máquina y un niquelado óptimo, es necesario que una vez utilizada la misma, se proceda a una limpieza principalmente del filtro para de esta forma prevenir posible sobrecarga de la bomba. Al igual que cada uno de los tubos de cobre para evita la corrosión

de los mismos. La limpieza puede ayudar a identificar posible averías y prevenir futuras fallas.

4.7.2. Revisión de la Bomba centrífuga

La bomba se revisará cada 2500 horas, comprobando su estado de funcionamiento temperatura y ruido.

4.7.3. Revisión del sistema eléctrico

El mantenimiento del sistema eléctrico consiste en revisión de cables, contactores temporizadores y fusibles, de manera que se encuentren libres de polvo y agua; en lo concerniente al mantenimiento de la bomba se lo realizará de acuerdo a especificaciones del fabricante, al igual del filtro.

4.7.4. Revisión Filtro

El filtro del sistema deberá revisarse cada 1500 horas, puesto que es el elemento que estará sometido al mayor desgaste. La vida útil del filtro está calculada en 11000 horas, transcurrido éste tiempo de trabajo, deberá reemplazarse al elemento.

4.7.5. Pasos para el mantenimiento del sistema de filtro y sus diferentes etapas.

Sistema de lavado del filtro

- Apagar la bomba
- Mover la palanca en la posición BACKWASH (RETROLAVADO) por 30 segundos.
- Prender La Bomba
- Apagar la bomba.

- Mover la palanca en la posición “RINCE” (ENGUAJE) por 30 segundos.
- Prender la bomba
- Apagar la bomba.
- Poner la palanca en la posición “FILTERN” (FILTRO)
- Prender la bomba y comienza a trabajar conjuntamente con el filtro

NOTA: Este procedimiento se lo realiza siempre y cuando aumente la presión, de lo contrario no.

4.7.5.a. Sistema de filtración

Trabaja conjuntamente con el filtro limpiando el electrolito.

- Apagar la bomba
- Poner la palanca en la posición FILTER.
- Prender la bomba.

4.7.5.b. Sistema de recirculación.

Trabaja solo la bomba sin ingresar el electrolito al filtro.

- Apagar la bomba.
- Mover la palanca a la posición RECIRCULATE
- Prender la bomba.

NOTA PARA LOS TRES SISTEMAS

PARA REALIZAR CUALQUIER TIPO DE SISTEMA VERIFICAR QUE LA BOMBA ESTE APAGADA Y EL FILTRO SE ENCUENTRE EN LA POSICIÓN FILTRADO Y AHÍ SE PODRÁ REALIZAR CUALQUIER

MOVIMIENTO DE LA SELECCIÓN DE SISTEMAS DE ACUERDO A LA NECESIDAD QUE LO AMERITE.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para comprobar el correcto funcionamiento de todos el sistema se realizaron diferentes pruebas que se detallan en el presente capitulo.

5.1. Pruebas del manejo del proceso

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del tablero de control para verificar que el sistema funcione adecuadamente. Se obtuvieron los siguientes resultados:

En el tablero control se activó los selectores de los controladores del termostato seleccionando la temperatura establecida. Se esperó que se calienten hasta el valor establecido y se procedió a encender la bomba que agitara el electrolito funcionando correctamente.

De igual manera se encendió el sistema de extracción con resultados satisfactorios en la eliminación del vapor producido en el sistema.



Figura 5. 1. Tablero de encendido

5.2. Pruebas de niquelado

Todas estas pruebas fueron satisfactorias por lo que se procedió a probar en modo semi-automático. El funcionamiento en este modo se realizó con éxito, se procedió a ubicar la pieza metálica y probar el niquelado.

5.2.1. Prueba 1 de Niquelado Electrolytico

Prueba 1	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 3 Voltios de corriente continua Tiempo 30 minutos Temperatura: 40°C

5.2.2. Prueba 2 de Niquelado Electrolytico

Prueba 2	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 6 Vcc Tiempo 30 minutos Temperatura: 40°C

5.2.3. Prueba 3 de Niquelado Electrolytico.

Prueba 3	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 9 Vcc Tiempo 30 minutos Temperatura: 40°C

5.2.4. Prueba 4 de Niquelado Electrolytico

Prueba 4	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 12Vcc Tiempo 30 minutos Temperatura: 40°C

5.2.5. Prueba 5 de Niquelado electrolytico

Prueba 5	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 12Vcc Tiempo 30 minutos Temperatura: 40°C

5.2.6. Prueba 6 de Niquelado Electrolytico

Prueba 6	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 12Vcc Tiempo 30 minutos Temperatura: 40°C

5.2.7. Prueba 7 de Niquelado Electrolytico

Prueba 7	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 12Vcc Tiempo 30 minutos Temperatura: 50°C

5.2.8. Prueba 8 de Niquelado Electrolytico

FOTO	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 12Vcc Tiempo 45 minutos Temperatura: 50°C

5.2.9. Prueba 9 de Niquelado electrolytico

FOTO	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 10Vcc Tiempo 45 minutos Temperatura: 50°C

5.2.10. Prueba 10 de niquelado electrolytico

FOTO	PARÁMETROS UTILIZADOS
	Voltaje: 12Vcc Tiempo 60 minutos Temperatura: 50°C

En la tabla 5.1 se muestra los tiempos y voltajes referenciales de la obtención del niquelado

Tabla 5. 1.

Tiempo Requerido de acuerdo voltaje de Niquelado

TIEMPO	VOLTAJE
35 minutos	5
70 minutos	4.5
95 minutos	4
110 minutos	3.5
145 minutos	3

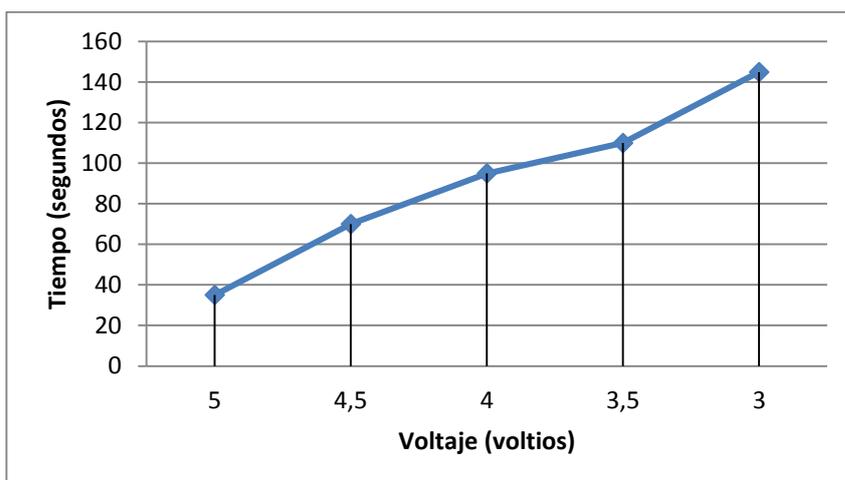


Figura 5. 2. Variación del tiempo de acuerdo con el voltaje

5.3. Pruebas de la calidad

Se efectuó estas pruebas para verificar la superficie de la pieza al variar la temperatura del electrolito y establecer que temperaturas son las recomendables para obtener una superficie perfecta de la pieza metálica. En la tabla 6.1 se muestra los resultados de la variación de la temperatura con respecto al tiempo de niquelado

Tabla 5. 2.

Tiempo de acuerdo a la variación de temperatura.

TIEMPO	VOLTAJE
35 minutos	55
70 minutos	50
95 minutos	45
110 minutos	40
145 minutos	33

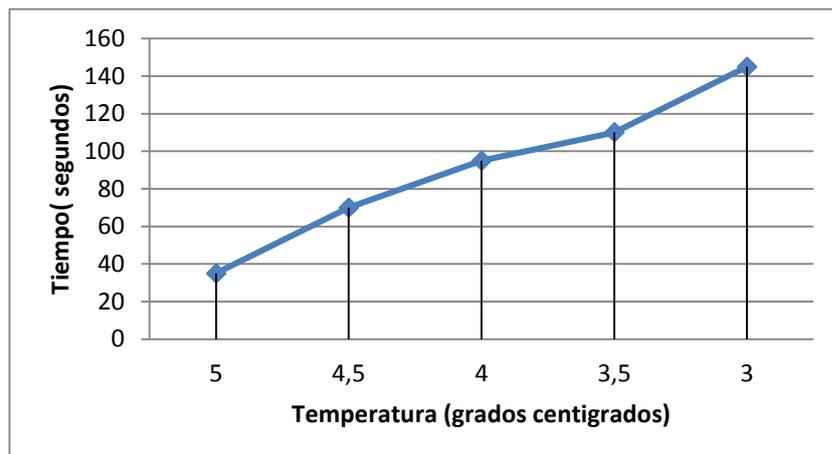


Figura 5. 3. Tiempo Requerido de acuerdo a la temperatura del electrolito

Fuente: Excel

5.3.1. Calibración del temporizador

Para calibrar el temporizador debe estar activado el selector en mando manual y abierto el pulsador de la bomba de agitación.

Se selecciona la opción filtración en el filtro para purificar el electrolito, se procede a ingresar hacia el interior de la cuba la pieza metálica y finalmente se pulsa el botón para encender el extractor de gases. Esto se ejecuta hasta que el tiempo ya calibrado en el temporizador termine.

Tabla 5. 3.

Costos de producción

TIEMPO RUBROS	MES 1		MES 2		DIFERENCIA (A-B)	
	RESULTADOS DEL MODELO ANTERIOR (A)	Precio aproximado en usd	SITUACIÓN ACTUAL (B)	Precio aproximado en usd		
Sulfato de níquel (NiSO ₄)	20kg	200 usd	15kg	150 usd	5kgr	50usd
Cloruro de níquel (NiCl ₂)	20kg	180 usd	14kg	126 usd	6 kg	54 usd
Ácido bórico (B(OH) ₃)	15kg	75 usd	10kg	50 usd	5 kg	25 usd
CORRIENTE ELÉCTRICA	800kw/h	160 usd	700kw/h	140 uds	100kw	20usd
NÍQUEL DURO	30kg	300usd	20kg	200 usd	10kgr	100usd
COSTO TOTAL		915		666		249

Precio aproximado en USD del Sulfato de níquel (NiSO_4) = 10 USD/KG

Precio aproximado en USD del Cloruro de Níquel (NiCl_2) = 9 USD/KG

Precio aproximado en USD del Ácido bórico (B(OH)_3) = 5 USD/KG

Precio aproximado en USD del níquel (Ni) = 10 USD/KG

5.3.2. Espesor del recubrimiento de níquel

El espesor de los recubrimientos de níquel varía según sus aplicaciones y el metal-base a recubrir

Cuando el níquel se realiza únicamente con fines decorativos el espesor de la capa es de 0.0025-0.035mm, proporcionando poca protección contra el ataque de la corrosión. Para que esta protección sea eficaz el espesor de cada capa debe ser mayor entre 0.03-0.05mm, e incluso deben ser hasta 0.3mm cuando el niquelado se emplea para fines especiales.

Tabla 5. 4.

Espesor mínimo del Níquel requeridos según Normas A.S.T.M

Metal Base	Recubrimientos	Espesor de recubrimiento en mm			
		DS	FS	KS	QS
Hierro o acero	Cobre + níquel	0.051	0.030	0.019	0.010
	Níquel final	0.025	0.015	0.010	0.0051
	Níquel directamente	0.051	0.030	0.019	0.010
Cobre, Latona y Bronce			FC	KC	QC
	Níquel		0.013	0.0076	0.0025
Zinc y aleaciones		PZ	KZ	QZ	OZ
	Cobre+níquel	0.030	0.019	0.013	0.051
	Níquel final	0.013	0.0076	0.0076	0.025

Los ánodos preferidos son los obtenidos por vía electrolítica, debido a su mayor pureza, buena solubilidad, se emplean en baños calientes y con alto

contenido de cloruros. Sin embargo este tipo de ánodo es más caro que el obtenido de fusión, desgastándose edemas de modo mucho más irregular. Medición de espesor de níquel.

5.3.3. Dimensión del espesor de níquel aportado



Figura 5. 4.Espesor del Níquel

El espesor de níquel aportado en la superficie del metal es 0.0029 mm con este sistema de recirculación del electrolito. Este dato se lo consiguió midiendo con un micrómetro el espesor de níquel aportado en el aro metálico. Este dato va a variar de acuerdo con las diferentes piezas metálicas niqueladas.

5.3.4. Desgaste de Níquel de aporte que se encuentran en las canastas.

En la electrodeposición el níquel metálico de aporte se desgastara.



Figura 5. 5. Desgaste del Níquel

Una de las maneras para analizar cuanto de níquel se desgasta es pesar en una balanza la pieza metálica antes de niquelar y después de niquelar.

Realizando este procedimiento se observó que vario el peso en aproximadamente 100 gramos

La calidad de las sales dependerá del uso que se le dé en la electrodeposición, es decir, que dependerá de cuantas piezas se niquelen en el día,

Según la experiencia de la empresa se le añadirá mensualmente proporciones descritas en la **tabla** para que las propiedades de la sal no varíe, y un cambio general de las sales del electrolito se lo realiza cada dos años.-

5.4. Recubrimientos electrolíticos de níquel

Cumplimiento de requisitos

Para plantas en las cuales el trabajo es continuo por periodos largos, la calidad de los recubrimientos de níquel deberá comprobarse por lo menos dos veces por cada turno de 8 horas que todas las dificultades iniciales hayan desaparecidos.

Mantener los requisitos internos de fabricación, entre un 5% a 10 % sobre los normalizados aquí

5.4.1. Tiempo requerido para el electrodo deposito.

Cualquier espesor de recubrimiento puede ser producido en forma constante de electrodeposición son estrictamente controladas. La regulación del voltaje no presenta ventaja alguna, a menos que signifique variación de

la densidad de corriente para determinada instalación. El espesor promedio de electrodeposición que se requiere garantizar un espesor mínimo local, depende de la forma del artículo, la forma y de la posición de los ánodos así como del poder de penetración de la solución. Para formas complicadas, se requerirán periodos más largos. Cuando se somete a electro depósito grandes cantidades de piezas requeridas (por ejemplo tratamiento del tambor) el tiempo de la electrodeposición debe incrementarse para asegurar el espesor normalizado en aquellos artículos que reciben menos que la densidad de corriente promedio. [58]

5.4.2. Reacciones electrolíticas en las sales.

En los baños de niquelado se emplea un ánodo de níquel que se va disolviendo conforme se va depositando níquel en el cátodo. Por esto la concentración de sales en el baño en teoría no debe variar y esos baños pueden estar mucho tiempo en activo sin necesidad de añadirles sales.

Si en vez de emplear un ánodo de níquel se emplea un ánodo que no se disuelva en el baño (platino, plomo...) las sales de níquel se convertirán por efecto de la electrólisis paulatinamente en sus ácidos libres, sulfúrico y clorhídrico, con lo que se producirán dos fenómenos, una disminución del pH (aumento de la acidez) y una disminución de la concentración de sales, esto llevara a la progresiva pérdida de eficiencia del baño. Por esto los baños con ánodo inactivo no pueden aprovechar todo el níquel que llevan en disolución y cuando han consumido aproximadamente el 50% del níquel en sales disueltas se tornan ineficientes y sus depósitos no son buenos. [59]

En este caso los productos no pueden predecirse con la misma facilidad, ya que en la disolución se encuentran presentes los iones H^+ y OH^- correspondientes a la disociación del agua, los cuales junto con la misma agua pueden participar en las semirreacciones que tienen lugar en los

electrodos. Además, la naturaleza de los productos depende también de la concentración del electrólito.

5.4.3. Lista de chequeo

Tabla 5. 5.

Control de calidad del acabado superficial

Ítem/s inspeccionado/s: MAQUINA DE NIQUELADO	Fecha:19/08/15
Puntos chequeados: Sistema de agitación recirculación filtración, extracción e gases, Tubo de cobre, electrolito.	Inspectores: Ichina-Gallo

1. Componentes usados

¿Los componentes usados son correctos?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿El caudal de bomba usada se encuentra en el rango 300 – 350 <i>litros/min</i> ?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿El ventilador cumple el extrae un caudal en el rango 700 – 750 <i>m³/hora</i> ?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿El peso que soporta el tubo de cobre se encuentra en el rango 60 – 80 <i>kg.</i> ?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

2. Actividades realizadas

¿Se siguieron los procedimientos?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se usó el control semiautomático para el proceso?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se cumplió cada uno de los procedimientos del preparado de la pieza metálica?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se utilizó los componentes químicos requeridos para el sistema?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se realizó un filtrado total del electrolito antes del proceso de niquelado?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

3. Incidencias

¿Superficie metálica final conforme?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada a la rugosidad de la superficie?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Existe conformidad en el brillo del niquelado?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

4. Tiempos de producción

¿Existieron retrasos en el funcionamiento de la maquina?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Hubo retraso en preparado de la pieza metálica?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/P
¿Existió mala adherencia del níquel a la pieza metálica?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

CONTINÚA →

5. Entrega y logística	
¿Pieza metálica correctamente identificada?	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Acabado superficial conforme a las especificaciones del cliente?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se cumplió con el tiempo establecido para la entrega?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> N/A

Observaciones

--

NOTA: N/A = No aplicable. N/P = No presenciado

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se ha diseñado y construido un sistema de niquelado, haciendo uso de manufactura ecuatoriana y recurriendo a herramientas informáticas.
- Se ha podido reunir información inherente al funcionamiento y constitución de un sistema de agitación del electrolito, no agitando la pieza metálica.
- Las herramientas CAD, permiten tener mayor precisión al diseñar el depósito electrolítico.
- Con la ayuda de software, se pudieron realizar análisis estáticos, los mismos que brindan fiabilidad previa a la construcción.
- El tubo de cobre, soporta todas las cargas estáticas, sufre una deformación de $2.12E^{-3}m$, lo que viene a ser 0.2 mm, lo que brinda una gran fiabilidad de construcción
- El esfuerzo máximo provocado en la cuba es de 10.48 KPa y el límite de fluencia del Acero ASTM A36 es de 250 MPa, lo que indica que el material seleccionado soporta las cargas estáticas
- El factor de seguridad mínimo es de 3, asegurando fiabilidad en el diseño de la estructura del bastidor.
- La extracción de gases a una velocidad de 10 m/seg asegura un ambiente de trabajo óptimo para el operario
- La velocidad de la circulación del sistema de recirculación de 1 m/seg mejora la agitación en el interior del depósito electrolítico.
- Los resultados obtenidos en los diferentes análisis, demuestran que el diseño es confiable y que se ha cumplido con las metas propuestas.

6.2. Recomendaciones

- Al realizar la construcción, hacer uso de herramientas informáticas, para disminuir el margen de errores en el diseño.
- Realizar un presupuesto previo, para buscar posibles soluciones para abaratar costos, si el caso lo ameritare.
- Implementar medidas de seguridad al momento de la construcción, sobre todo al momento del uso de herramientas de corte y soldadura.
- Al momento de trabajar con las sales electrolíticas, utilizar siempre guantes y mascarillas, puesto que los químicos con los que se trabaja y pueden llegar a provocar complicaciones a corto o largo plazo..
- Revisar que en la trampa de impurezas este siempre con agua antes de prender la bomba.
- Realizar el sistema de lavado de filtro siempre y cuando aumente la presión.
- Se recomienda realizar estudios de tiempos de niquelado para piezas metálicas, porque varían según su dimensión, forma y componente metálico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Burriel, Química analítica cualitativa, Madrid: Parafino, 2007.
- [2] F. Rodriguez, «Universidad autónoma de México,» 1 Enero 2008.
[En línea]. Available:
http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/principios%20de%20electrolisis.pdf. [Último acceso: 07 2015].
- [3] WIKIPEDIA, «Electrolito,» 18 Noviembre 2014. [En línea]. Available:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrolito>. [Último acceso: 07 2015].
- [4] I. Levine, Fisicoquímica, Volumen 2, Madrid: McGraw-Hill, 2004.
- [5] INEN, «Recubrimiento Electrolitico del Niquel,» Normas, 1984.
- [6] substech, «<http://www.substech.com/>,» 14 12 2013. [En línea]. Available:
http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=nickel_electroplating. [Último acceso: 07 2015].
- [7] S. Kalpakjian, Manufactura, tecnología e ingeniería, México,D.F: PEARSON, 2008.
- [8] G. Bruce, «Universidad de Utah, Colegio deIngeniería,» 01 Marzo 2005. [En línea]. Available:
<http://www.eng.utah.edu/~gale/mems/Lecture%2012%20Electrodeposition.pdf> recuperdo 05/12/2015 .
- [9] «www.cubasolar.cu,» 2004. [En línea]. Available:
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar06/HTML/articulo04.htm>. recuperdo 05/12/2015
- [10] W. Baturin, «Fundamentos de la ventilación industrial,» de *Fundamentos de la ventilación industrial, 1ra Edición*, Labor S.A, 1976.
- [11] soler-palau., «http://www.soler-palau.mx,» 12 02 2012. [En línea]. Available:

- http://www.solerpalau.mx/pdf/ventilacion/sp_ventilacion_TOTAL.pdf.
recuperdo 05/12/2015
- [12] KAMUR, «Agitador de aire,» 04 Marzo 2014. [En línea]. Available: http://kamur.com.co/wp-content/uploads/2014/04/6_Infografia_-Agitador-de-Aire.jpg. recuperdo 05/12/2015
- [13] WIKISPACES, «Agitador mecánico,» 21 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>. [Último acceso: 07 2015].
- [14] SERFILCO, «Pumped agitation,» 01 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://serfilcocom.blob.core.windows.net/pdfs/bulletins/A-407.pdf>. recuperdo 05/12/2015
- [15] WIKIPEDIA, «Bomba centrífuga,» 10 Octubre 2013. [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_centra%C3%ADfuga. recuperdo 05/12/2015
- [16] Asociación acurista de Venezuela, «Cómo hacer un eductor,» 10 05 2007. [En línea]. Available: <http://www.acuaristasdevenezuela.com.ve/portal/viewtopic.php?t=413>. recuperdo 05/12/2015
- [17] J. Vignoni, «Universidad Nacional de La Plata,» 01 01 2003. [En línea]. Available: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/transparencia/Sensores.pdf>. [Último acceso: 07 2015].
- [18] directindustry, «<http://www.directindustry.es>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.directindustry.es/prod/eti/product-26771-477167.html>. recuperdo 05/12/2015
- [19] I. A. W. G.E., «Interruptor Magnetotermico,» 2015.
- [20] sicaelec, «<http://www.sicaelec.com>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.sicaelec.com/catalogo/producto/171-2180-pulsador-de-emergencia-1nc-d-40>. recuperdo 05/12/2015
- [21] tecnosensores, «<http://www.tecnosensores.cl>,» 2015. [En línea].

- Available: <http://www.tecnosensores.cl/contactores.html>. recuperdo 05/12/2015
- [22] farnell, «<http://es.farnell.com/>,» 2015. [En línea]. Available: <http://es.farnell.com/schneider-electric-telemecanique/ladr2/temporizador-1no-1nc-0-1s-to-30s/dp/3621868>. [Último acceso: 07 2015].
- [23] ansertelefonia, «<http://www.ansertelefonia.com.ar/>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ansertelefonia.com.ar/sirenas-para-alarmas/>. recuperdo 05/12/2015
- [24] «<http://www.ab.com/>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229244/2531081/1734224/Botones-pulsadores-moment-neos.html>. recuperdo 05/12/2015
- [25] «<http://www.semikronmexico.com/>,» 2015. [En línea]. Available: http://www.semikronmexico.com/tiendavirtualvermodel.cfm?modelo_id=172936. recuperdo 05/12/2015
- [26] I. C. U. S. D. C. INDUSTRIAL, «<http://admusach.tripod.com/>,» 2010. [En línea]. Available: <http://admusach.tripod.com/doc/ingconc.htm>.
- [27] QFD, «<http://www.gestiondecalidadtotal.com/>,» 2012. [En línea]. Available: recuperdo 05/12/2015
http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html.
- [28] «Tableros eléctricos,» GJT Ingeniería, [En línea]. Available: <http://www.gjti.com.ar/>. [Último acceso: 06 2015].
- [29] J. Romero, «Poleas,» Educación Tecnológica, [En línea]. Available: <http://www.educaciontecnologica.cl/polea.htm>. recuperdo 06/18/2015
- [30] «Aplicación de resina de poliéster mediante laminado manual: exposición a estireno,» Situaciones de Trabajo Peligrosas. [En línea]. [Último acceso: 08 2015].
- [31] «Móvil de soldadura extractor,» Alibaba, 2015. [En línea]. Available: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/mobile-welding-fume-extractor-welding-smoke-purifier-with-plc-automatic-control-60019879407.html>.

- [32] J. R. Sutherland, «Choosing Pumps and Filters,» Regional Manager, [En línea]. Available: <http://infohouse.p2ric.org/ref/06/05185/>. [Último acceso: 10 2015].
- [33] «Rectificadores de corriente para todos los procesos galvanicos y electroliticos,» Tecnologías Sion, [En línea]. Available: <http://www.tecnologiassion.com/#!equipos-en-proceso-de-produccion/c1khk>. [Último acceso: 09 2015].
- [34] servelec, «www.servelec.com.ar,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.servelec.com.ar/rectificadores-electroliticos-deposicion.php>. [Último acceso: 07 2015].
- [35] J. A. Poyner, Electroplating, Herthfordshire: Argus Books, 1990.
- [36] Industrias JQ, «Propiedades del PVC,» 12 Enero 2014. <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/PVC/PVCprop/propiedades.htm>. recuperdo 07/28/2015
- [37] Escuela de Ingenierías Industriales, «Propiedades y características del PVC,» 12 Febrero 2006. [En línea]. Available: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pvc/prop.html>. [Último acceso: 07 2015].
- [38] C. G. M. SOLANO, Diseño de un sistema elevadopara almacenamiento de desechos vegetales con capacida de 18 metros cubicos en planta Procesadora de platano, Guayaquil: Tesis, 2006.
- [39] N. INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO, «ASTM A-36. De la - Standard 650,» de *Diseño para el Acero ASTM A36*, p. 3.8 TABLA 3.2.
- [40] R. O. M. Alejandro, «TANQUES RECTANGULARES SOMETIDOS A PRESION ESTATICA,» 2008, pp. 182-185.
- [41] airbestpractices, «<http://www.airbestpractices.com>,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.airbestpractices.com/industries/wastewater/compressed-air-wastewater-treatment>. recuperdo 09/10/2015
- [42] Hidroagua, «Filtros de cartucho,» 10 Febrero 2015. [En línea].

Available: <http://www.hidroagua.com.mx/filtros-cartucho.htm>.

[Último acceso: 07 2015].

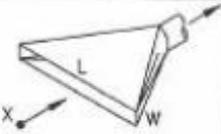
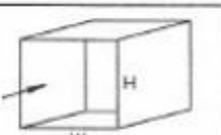
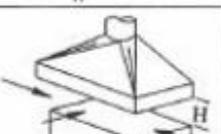
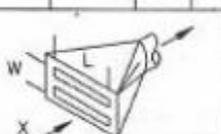
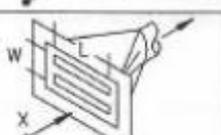
- [43] Asociación brasileira de acabados de superficie, «La filtración en galvanoplastia,» 1 Marzo 2012. [En línea]. Available: http://www.abts.org.br/boletim/newsletter/2012/espanol/mar/boletin_as_6_mat2.html. recuperdo 10/11/2015
- [44] AMAUX, «water technology,» 26 Febrero 2015. [En línea]. Available: www.emaux.com.au. [Último acceso: 07 2015].
- [45] D. Gabe, «Eductor agitation for heavy nickel deposition: a case study,» 20 Enero 2010. [En línea]. Available: www.materialsfinishing.org/attach/BMI%20GABE.ppt. [Último acceso: 07 2015].
- [46] Universidad de la Republica de Uruguay, «Hidráulica en tuberías a presión,» 9 Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA2013.pdf>.
- [47] Miliarium, «Cálculo de pérdidas de carga en tuberías,» 12 Agosto 2010. [En línea]. Available: <http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>. [Último acceso: 07 2015].
- [48] ashokplasticworks, «[http://www.ashokplasticworks,](http://www.ashokplasticworks.com)» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ashokplasticworks.in/tank-mixing-eductors.htm>. [Último acceso: 07 2015].
- [49] kthsales., «[http://www.kthsales.com,](http://www.kthsales.com)» 2015. [En línea]. Available: http://www.kthsales.com/website/vendors/eductors/mixing_eductors.htm. recuperdo 07/11/2015
- [50] A. C. e. d. I. U. T. d. Pereira, «[http://www.utp.edu.co,](http://www.utp.edu.co)» 10 25 2015. [En línea].
- [51] «Electrodo 7018 de 1/8',» Truper, [En línea]. Available: http://ferreteria-t.com/index.php?route=product/product&product_id=2773. [Último acceso: 07 2015].

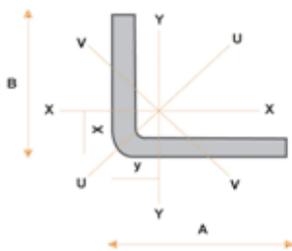
- [52] ingemecanica, «<http://ingemecanica.com>,» 2010. [En línea]. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>. [Último acceso: 07 2015].
- [53] ampla, «<https://www.ampla.com>,» 2008. [En línea]. Available: https://www.ampla.com/media/339002/e-bt-005_2008%20r-02.pdf. [Último acceso: 07 2015].
- [54] C. Mayacela y O. Nelson, Diseño, construcción e implementación de un sistema de pulido electrolítico de materiales ferrosos para el proceso de cromado en la empresa "Ingenieros Lara Nuñez CIA LTDA", Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército, 2013.
- [55] J. Ruiz, Recubrimiento electrolíticos aplicados a prácticas del laboratorio de tratamientos superficiales de procesos de producción mecánica, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2006. [Último acceso: 07 2015].
- [56] Soler&Palau, «Manual práctico de ventilación,» 12 Febrero 2012. [En línea]. Available: <http://www.soler-palau.mx/manual-de-ventilacion.php>.
- [57] J. Á. Lope, Verificación de sistemas de Ventilación por extracción localizada, 2013. [Último acceso: 07 2015].
- [58] «Mejora de la resistencia a la corrosión de materiales a partir de niquelado electrolítico,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6288/Proyecto%20Final%20de%20Carrera.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 08 2015].
- [59] «Ingeniería de Fabricación - Niquelado,» Wikipedia, Junio 2013. [En línea]. Available: https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_fabricaci%C3%B3n/Niquelado. [Último acceso: 07 2015].
- [60] Serfilco, «Filtros de cartucho,» 4 Enero 2015. [En línea]. Available: http://www.serfilco.com/products_list.aspx?pc=84C&print=true&page=1. [Último acceso: 07 2015].
- [61] Mercado Libre, «Servicio de cromado,» 30 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://listado.mercadolibre.com.ec/servicio-de-cromado>.

- [62] OLX, «Niquelado y cromado,» 30 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://quito.olx.com.ec/q/cromado-y-niquelado/c-824>. [Último acceso: 07 2015].
- [63] TECH PLATING, «Silver and Gold Electroplating,» 01 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.tech-plating.com/>. [Último acceso: 07 2015].
- [64] GATTOPLATERS, «Barrel Platong,» 02 02 2014. [En línea]. Available: <http://www.gattoplaters.com/barrel-plating.html>.
- [65] PRODUCTS FINISHING, «Brush Plating,» 04 10 2014. [En línea]. Available: <http://www.pfonline.com/articles/brush-plating>.
- [66] ASTERION, «Calibre de conductores y su amperaje máximo,» 1 Mayo 2010. [En línea]. Available: <http://asterion.almadark.com/wp-content/uploads/2010/05/awgamp.jpg>. [Último acceso: 07 2015].
- [67] R. Chang, Química, México, D.F.: McGraw-Hill, 2010.
- [68] Bard, Allen, Diccionario Electroquímico, Berlin: Springer, 2008.
- [69] NORMAS, «ASTM A-36. De la -Standard 650,» *Diseño para el Acero ASTM A36*, p. 3.8.
- [70] Concurso.cnice.mec.es, «<http://concurso.cnice.mec.es>,» 2010. [En línea]. Available recuperado 20/07/2015: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_biela-manivela.htm recuperado 25/07/2015.

ANEXOS

ANEXO A.
CARACTERÍSTICAS DE LOS
MATERIALES MECÁNICOS DE
CONSTRUCCIÓN

TIPO DE CAMPANA	DESCRIPCIÓN	FACTOR DE FORMA W/L	CAUDAL
	RENDIA	0,2 ó MENOS	$Q = 3,7 LVX$
	RENDIA CON PESTAÑA	0,2 ó MENOS	$Q = 2,6 LVX$
	CAMPANA SIMPLE	0,20 ó SUPERIOR Y CIRCULAR	$Q = V(10X^2 + A)$
	CAMPANA SIMPLE CON PESTAÑA	0,2 ó SUPERIOR Y CIRCULAR	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$
	CABINA	ADAPTADA A LA OPERACIÓN	$Q = VA = VWH$
	CAMPANA ELEVADA	ADAPTADA A LA OPERACIÓN	$Q = 1,4 PVH$ VER VS-903 P = PERÍMETRO H = ALTURA SOBRE LA OPERACIÓN
	RENDIA MÚLTIPLE. 2 ó MÁS RENDIAS	0,2 ó SUPERIOR	$Q = V(10X^2 + A)$
	RENDIA MÚLTIPLE CON PESTAÑA. 2 ó MÁS RENDIAS	0,2 ó SUPERIOR	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$



DIMENSION NOMINAL			PESO P	AREA A	EJE X - X		e Y - Y		EJE UU	EJE VV
A	B	e			I	W	i	X=Y	iuu	iwv
mm	mm	mm	Kg./ml	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm
20	20	2	0,58	0,73	0,28	0,21	0,62	0,59	0,79	0,37
		3	0,83	1,05	0,38	0,28	0,61	0,65	0,78	0,35
25	25	2	0,73	0,93	0,56	0,32	0,78	0,72	0,99	0,47
		3	1,06	1,35	0,79	0,45	0,76	0,77	0,98	0,45
30	30	2	0,89	1,13	1,01	0,46	0,94	0,84	1,19	0,57
		3	1,31	1,65	1,41	0,67	0,92	0,89	1,18	0,55
40	40	2	1,20	1,53	2,44	0,84	1,26	1,09	1,61	0,78
		3	1,77	2,25	3,51	1,22	1,25	1,14	1,59	0,76
50	50	2	1,52	1,93	4,86	1,33	1,58	1,34	2,01	0,98
		3	2,24	2,85	7,03	1,96	1,57	1,39	2,00	0,96

ANEXO B.
CARACTERÍSTICAS DE
MATERIALES ELÉCTRICOS DE
CONSTRUCCIÓN

Código AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.17248	22	3.7
17	1.15062	16.60992	19	2.9
18	1.02362	20.9428	16	2.3
19	0.91186	26.40728	14	1.8
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288

Contactor
Tomado de 110 Vcc



Contactor type			MC-9b		MC-12b		MC-18b		MC-22b		
			kW	A	kW	A	kW	A	kW	A	
AC duty	AC3	200/240V	2.5	11	3.5	13	4.5	18	5.5	22	
		380/440V	4	9	5.5	12	7.5	18	11	22	
		500/550V	4	7	7.5	12	7.5	13	15	20	
		690V	4	5	7.5	9	7.5	9	15	18	
	AC4	200/240V	1.5	8	2.2	11	3.7	16	3.7	18	
		380/440V	2.2	6	4	9	4	11	5.5	13	
	AC1		-	25	-	25	-	32	-	40	
DC1 duty (L/R=1ms)	2-pole	24V	-	18	-	18	-	18	-	32	
		in series	48V	-	17	-	17	-	17	-	30
		110V	-	12	-	12	-	12	-	23	
	3-pole	24V	-	20	-	20	-	20	-	32	
		in series	48V	-	20	-	20	-	20	-	32
		110V	-	15	-	15	-	15	-	27	
DC 2,4 duty (L/R=15ms)	2-pole	24V	-	15	-	15	-	15	-	25	
		in series	48V	-	12	-	12	-	12	-	20
		110V	-	8	-	8	-	8	-	15	
	3-pole	24V	-	18	-	18	-	18	-	30	
		in series	48V	-	15	-	15	-	15	-	30
		110V	-	12	-	12	-	12	-	20	
Directly mountable Overload relay			MT-32								
Conductor size (solid, stranded)	AWG		16-10		16-8		14-8		14-8		
	(the max. number of conducts: 2)	mm ²	1.5-4		1.5-10		2.5-10		2.5-10		
Conductor type			65/75°C Cu-wire only								



MULTI RANGE TIMER AH3-A-B-C-D-E

M+Y RATED VOLTAGE 24V-240V AC/DC AVAILABLE

CHARACTERISTICS

- Exclusive CMOS IC assures high performance stability, and accuracy.
- 4 Time range can be changed with ease by merely exchanging DIP switch.
- Easy - to - monitor DIP switch positions, time series and operation voltage.
- Five time series with wide timing ranges from 0.1 sec. to 30 hrs.
- Output contact: Time delay contacts 2C (DPDT) 10A.



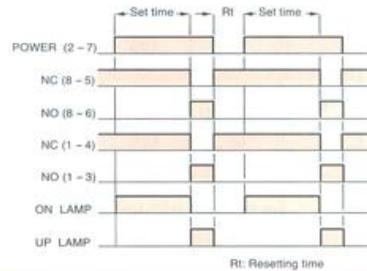
TIME RANGE

Four time are available for each timer by setting the DIP switches to required positions.

Time range series	Position of time range selector			
	$\begin{matrix} \blacksquare & 1 \\ \blacksquare & S \end{matrix}$	$\begin{matrix} \blacksquare & 10 \\ \blacksquare & S \end{matrix}$	$\begin{matrix} \blacksquare & 1 \\ \blacksquare & M \end{matrix}$	$\begin{matrix} \blacksquare & 10 \\ \blacksquare & M \end{matrix}$
A	1S (0.05S-1S)	10S (0.1S-10S)	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)
B	3S (0.05S-3S)	30S (0.5S-30S)	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)
C	6S (0.1S-6S)	60S (0.5S-60S)	6M (1S-6M)	60M (30S-60M)
D	60S (0.5S-60S)	10M (10S-10M)	60M (30S-60M)	10H (10M-10H)
E	3M (1S-3M)	30M (30S-30M)	3H (3M-3H)	30H (1H-30H)



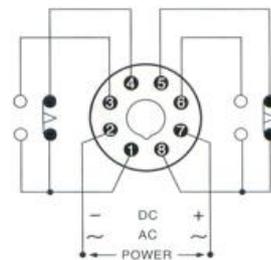
OPERATION TIME CHART



SPECIFICATIONS

RATED VOLTAGE	AC 110V, 220V, 380V, 440V, DC 12V, 24V,
Rated frequency	50/60Hz.
OPERATING VOLTAGE	AC 85-110% of rated voltage, DC 80-110% of rated voltage.
CONSUMED POWER	About 2VA FOR AC, About 2W FOR DC.
CONTROL METHOD	Time-limit operation Self-resetting
CONTACT RATING	250V AC 10A(P.F.=1)
AMBIENT TEMP.	-10°C--+55°C
AMBIENT HUMIDITY	45-85% RH

CONNECTION DIAGRAM





Released date 2010/09/21

Revisi

Category Buzzer & Alarm

Model TCZ230

Name Motor Siren

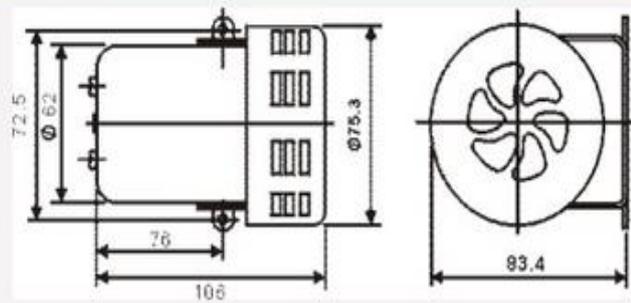
Specification

Voltage: DC 12V, 24V, AC 110V, 220V.

Decibel: 100

Duration: Over 1 hour.

Dimensions

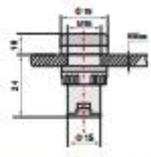
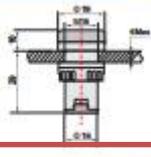
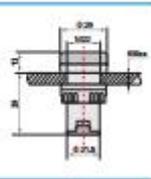
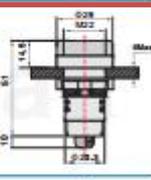
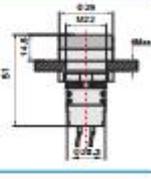
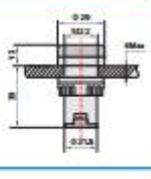


INSTRUMENTOS DE MEDICION ANALOGICOS (PARA PANEL) 50 x 50 mm"CAMSCO"
MEDIDA: 50X50

REFERENCIA	DESCRIPCION	CAPACIDAD	MEDIDAS	CARTON
SA-50V/30VDC	VOLTIMETRO	30 V. D.C.	50 x 50 mm	1
REFERENCIA	CARACTERISTICA	COLOR	CONTACTOS	CARTON
PULSADORES CUERPO PLASTICO (SERIE F)				
FPB-EA1/G	PULSADOR DE MARCHA	VERDE	1 NA	300/20
FPB-EA2/R	PULSADOR DE PARO	ROJO	1 NC	300/20
PB-XAN-G	PULSADOR MONOBLOQUE	VERDE	1 NA	10
PB-XAN-R	PULSADOR MONOBLOQUE	ROJO	1 NC	10
AS-22 S/LUZ	PULSA. MARCHA-PARO RECTAN.	VERDE - ROJO	1NA + 1NC	200/10
AS-22	PULSA. MARCHA-PARO RECTAN.	VERDE - ROJO + LUZ	1NA + 1NC + LUZ	200/10
APBB-22N	PULSA. MARCHA-PARO OVAL.	VERDE - ROJO + LUZ	1NA + 1NC + LUZ	200/10
LMB-ES5	PULSA EMERGENCIA C/RET.	ROJO	1 NC	15
MPB-EC2	PULSA EMERGENCIA S/RET.	ROJO	1 NC	15



pulsador industrial

		AD22 Indicator Lamp Series				www.xindali.com
Indicator	Description	Voltage	Color	Type	Contour	
 AD22-16DS	 LED Indicator	24V AC/DC 36V AC/DC 48V AC/DC 110V AC 127V AC 220V AC	● Red ● Green/PG ● Yellow ● Pure Blue ○ White/PW	AD22-16DS		
 AD22-16D	 LED Indicator	24V AC/DC 36V AC/DC 48V AC/DC 110V AC/DC 127V AC/DC 220V AC/DC	● Red ● Green/PG ● Yellow ● Pure Blue ○ White/PW	AD22-16D		
 AD22-22DS	 LED Indicator	24V AC/DC 36V AC/DC 48V AC/DC 110V AC/DC 127V AC/DC 220V AC/DC	● Red ● Yellow ● Green ● Pure Green ● Pure Blue ○ Pure White	AD22-22DS		
 AD22-22DSC	 LED Indicator	24V AC/DC 36V AC/DC 48V AC/DC 110V AC/DC 127V AC/DC 220V AC/DC	● Red ● Green/PG ● Yellow ● Pure Blue ○ White/PW	AD22-22DSC		
 AD22-22DSL	 LED Indicator	24V AC/DC 36V AC/DC 48V AC/DC 110V AC/DC 127V AC/DC 220V AC/DC	● Red ● Yellow ● Green ● Pure Green ● Pure Blue ○ Pure White	AD22-22DSL		
 AD22-22DSN	 LED Indicator	24V AC/DC 36V AC/DC 48V AC/DC 110V AC/DC 127V AC/DC 220V AC/DC	● Red ● Green/PG ● Yellow ● Pure Blue ○ White/PW	AD22-22DSN		

**TABLA DE VALORES
DE
RESISTENCIA ELÉCTRICA
POR KILOMETRO DE
LONGITUD PARA
CABLES COMERCIALES**

$$R_L = (\Delta V \times 1000) / (I \times L)$$

ΔV es la caída de voltaje en el conductor cuya longitud total es L y en él circula una corriente I.

Referencia:
Manual de Ingeniería Eléctrica
13a. Edición
Donal G. Fink & H. Wayne Beaty
Editorial: Mc Graw-Hill

Resistencia para cordones flexibles SMISM

Calibre AWG	Resistencia C.D. Ohms/km		Resistencia C.A. Ohms/km	
	25°C	60°C	25°C	60°C
20	34.7	39.4	34.7	39.4
18	21.8	24.7	21.8	24.7
16	13.7	15.6	13.7	15.6
14	8.61	9.8	8.61	9.8
12	5.42	6.2	5.42	6.2

Resistencia para cables de cobre sin estañar cableado concéntrico,
Comprimido y compacto

Calibre AWG kCM	Resistencia C.D. Ohms/km			Resistencia C.A. Ohms/km		
	25 °C	75 °C	90 °C	25 °C	75 °C	90 °C
20	34.6	41.3	43.3	34.6	41.3	43.3
18	21.8	26.0	27.3	21.8	26.0	27.3
16	13.7	16.3	17.1	13.7	16.3	17.1
14	8.60	10.3	10.76	8.60	10.3	10.76
12	5.42	6.47	6.77	5.42	6.47	6.77
10	3.40	4.06	4.26	3.40	4.06	4.26
8	2.14	2.55	2.68	2.14	2.55	2.68
6	1.34	1.60	1.68	1.34	1.60	1.68
4	0.84	1.01	1.06	0.84	1.01	1.06
2	0.533	0.636	0.666	0.534	0.637	0.667
1.0	0.335	0.400	0.419	0.335	0.401	0.420
2.0	0.265	0.316	0.332	0.265	0.317	0.333
3.0	0.211	0.252	0.264	0.212	0.253	0.265
4.0	0.167	0.199	0.209	0.170	0.202	0.212
250	0.141	0.168	0.177	0.144	0.171	0.179
300	0.118	0.141	0.147	0.122	0.144	0.150
350	0.101	0.121	0.126	0.105	0.124	0.130
400	0.0884	0.105	0.110	0.0933	0.110	0.115
500	0.0707	0.0844	0.088	0.0769	0.090	0.094
600	0.0589	0.0703	0.073	0.0660	0.076	0.080
750	0.0471	0.0562	0.058	0.0558	0.064	0.066
1000	0.0353	0.0421	0.044	0.0461	0.052	0.054

* Calculada para cables en conduit no metálico en configuración árbol





Marca	Siemens
Numero de polos	3
Capacidad de ruptura	10 KA
Datos eléctricos	40 A /400 V



Característica	Valor
Tipo	Termostato
Rango de temperatura (C)	0-200
Potencia (W)	1200
Voltaje admisible (V)	240
Corriente admisible (A)	30

Portafusibles y fusibles

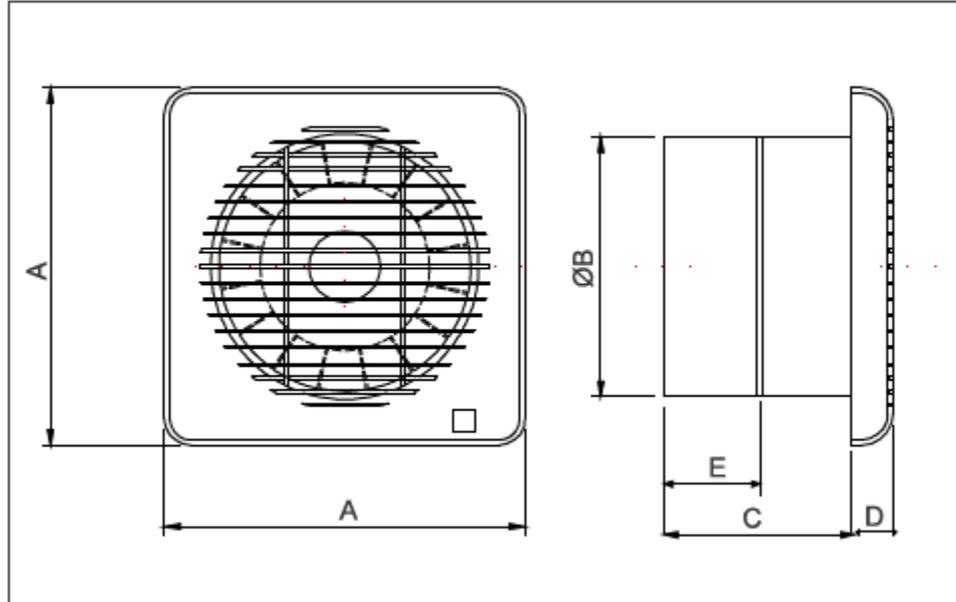
Protección total



Portafusible tipo Lexic

Fusible industrial
tipo gG

Emp.	Ref.	Fusibles cilíndricos industriales tipo gG				
		Para toda la protección industrial excepto motores Según la norma IEC 60269-1,2 y 2-1 Alta capacidad interruptiva				
		10 x 38 mm				
		Corriente Nominal (A)	Tensión (V~)	Capacidad Interruptiva (A)		
10	133 94	0,5	500	100 000		
10	133 01	1				
10	133 02	2				
10	133 04	4				
10	133 06	6				
10	133 08	8				
10	133 10	10				
10	133 12	12				
10	133 16	16				
10	133 20	20				
10	133 25	25				
		14 x 51 mm				
10	143 02	2			500	100 000
10	143 06	6				
10	143 10	10				
10	143 16	16				
10	143 20	20				
10	143 25	25				
10	143 32	32				
10	143 40	40				
10	143 50	50				
		22 x 58 mm				
10	153 25	25	500	100 000		
10	153 32	32				
10	153 50	50				
10	153 63	63				
10	153 80	80				
10	153 96	100				
10	153 97	125				
					400	



MODELO	A	ØB	C	D	E
FUTURE 100	158	96	61	19	6
FUTURE 120	180	118	77	23	
FUTURE 150	200	148	104	25	51

ANEXO C.
CARACTERÍSTICAS DEL TUBO Y
PLACA DE PVC

Industrias JQ

Plásticos de Ingeniería

[Inicio](#)[Empresa](#)[Certificación ISO 9001](#)[Materiales](#)[Servicios](#)[Destacados](#)[Contacto](#)

::: Materiales :::

- [PTFE \(Teflon®\)](#)
- [Fibra Vidrio + PTFE](#)
- [Poliamida 6](#)
- [Delrin](#)
- [Peek](#)
- [APM-HMW](#)
- [UHMW](#)
- [Polipropileno](#)
- [PVC](#)
- [Poliuretano](#)
- [PSU](#)
- [PEI](#)
- [PVDF](#)
- [PET](#)
- [Policarbonato](#)
- [Mecanizados](#)

 Formas Básicas
PLANCHAS**PLACAS DE PVC**

Espesor	Ancho	Largo	Peso
mm	mm	mm	Kg / Placa
1	1000	2000	3,20
1,5	1000	2000	4,60
2	1000	2000	6,00
3	1000	2000	9,00
4	1000	2000	12,00
5	1000	2000	14,80
6	1000	2000	17,70
8	1000	2000	23,50
10	1000	2000	29,20
12	1000	2000	35,00
15	1000	2000	43,80
20	1000	2000	58,40
25	1000	2000	73,00
30	1000	2000	87,40
40	1000	2000	116,80
50	1000	2000	146,00

Tolerancias generales: -0 +4%

Bajo pedido se fabrican : Placas en diferentes anchos ,espesores y largos.. .

Ventajas

Tubería 100% Polipropileno

Esta tubería se compone de cuatro capas concéntricas en colores marrón, verde, blanca y azul, fabricadas de PP virgen al que se le añaden aditivos para mejorar la manufactura de este polímero.

Máxima protección interna y externa

Esta tubería cuenta externamente con una doble protección contra los rayos ultravioleta (UV) en sus capas marrón y verde, mientras que las capas internas blanca y azul, garantizan la calidad de los fluidos que conducen.

Flexible e ideal para agua caliente

Por su baja conductividad térmica y mínima dilatación, es ideal para conducir fluidos a altas temperaturas (hasta 95°C). Su alta flexibilidad la hace resistente al impacto y a los efectos de la deformación elástica.

Otras ventajas del Cuatritubo.

Máxima resistencia a la presión - No permite incrustaciones - Compatible con los accesorios roscable PP agua caliente - Resistente a la corrosión galvánica y bacteriana - Menores pérdidas de carga por fricción - Fácil instalación.

Productos para la instalación

Sellador

Envase
100 cc
50 cc



Tarrajá

Medida
1/2"
3/4"
1"
1 1/4"
1 1/2"
2"



Instalación

- 1 Coloque el tubo en un tornillo de banco o mordaza sin exagerar el ajuste para evitar ovalamientos, pues esto provocaría una rosca imperfecta, para lo cual deberá protegerse el tubo mediante otro dispositivo plástico que amortigue la presión de la mordaza.
- 2 Cortar el tubo a escuadra y remover las rebabas con una lija. Se recomienda usar la tijera para realizar cortes a escuadra.
- 3 Para hacer la rosca, usar la tarrajá PLASTIGAMA con el dado para rosca "NPT" correspondiente al diámetro del tubo.
- 4 Prevea la limpieza de las roscas y compruebe en seco el roscado del tubo con el accesorio a instalar.
- 5 En la rosca macho del tubo, aplicar una capa uniforme del sellador para rosca.
- 6 Efectuar el ajuste mediante presión manual del tubo con el accesorio y esperar a que el sellador fragüe.



Especificaciones Técnicas

Diámetros Nominal	Espesor de pared	
	pulg	mm
1/2	21.3	3.4
3/4	26.9	3.9
1	33.7	4.9
1 1/4	42.2	5.7
1 1/2	48.3	6.3
2	60.3	7.5



Recomendaciones

- Instalar siempre una válvula de alivio a la salida del calentador.
- No usar la tarrajá de polipropileno para roscar tubos de PVC y/o metálicos.
- Exija el protector de rosca en las tuberías CUATRITUBO PLASTIGAMA.

De requerir información adicional, comuníquese con nuestro departamento de Asistencia Técnica y obtendrá el soporte y asesoramiento ajustados a los requerimientos de sus proyectos en ejecución.

Especificaciones Técnicas

Diámetros Nominal		Espesor de pared
pulg	mm	
1/2	21.3	3.4
3/4	26.9	3.9
1	33.7	4.9
1 1/4	42.2	5.7
1 1/2	48.3	6.3
2	60.3	7.5

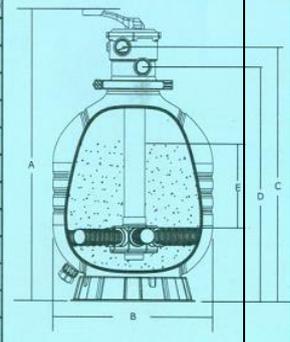


ANEXO D.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS
ELEMENTOS DEL SISTEMA DE
AGITACIÓN RECIRCULACIÓN Y
FILTRACIÓN**



MODEL NO.	MFV17	MFV20	MFV24	MFV27A	MFV27	MFV31A	MFV31	MFV35
CODE	88012526	88012527	88012528	88012529	88012530	88012531	88012532	88012533
Effective Filtration Area (Sq Ft)	0.14	0.20	0.28	0.36	0.36	0.47	0.47	0.61
Max Flow Rate (LPM)	117	167	233	240	300	313	392	508
Max Flow Rate (m ³ /h)	7.0	10.0	14.0	14.4	18.0	18.8	23.5	30.5
Turnover Capacity (In Gallons) - 8 Hour	15840	22176	30202	41184	42874	47309	52166	65261
Turnover Capacity (In Gallons) - 10 Hour	19800	27720	33752	51480	53592	59136	65208	81576
Turnover Capacity (In Gallons) - 12 Hour	23760	33264	45302	61776	64310	70963	78250	97871
All Sand Required (kg)	40	70	125	185	185	320	320	430
A(mm)	816	889	980	1081	1133	1126	1178	1296
B(mm)	695	772	860	963	976	1008	1021	1139
C(mm)	625	712	800	903	910	948	955	1073
D(mm)	195	225	280	300	300	370	370	440
E(mm)	425	500	600	675	675	775	775	875

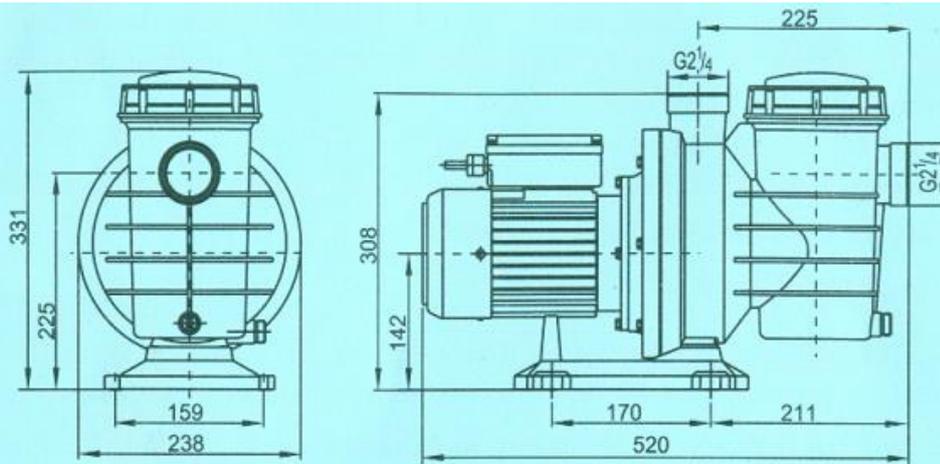


Características

- Filtro de 27", elaborado con Polietileno de alta densidad.
- Abrazadera de una sola pieza con bloqueo en forma de tornillo, diseñado para simplificar la instalación sin necesidad de herramientas.
 - Conexión de la Válvula: 2"
 - Caudal Máximo: 300 lpm
 - Válvula Multiport de 6 funciones



HP1.5ME100



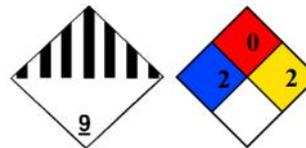
Model	Qmax (l/min)	Hmax (m)	V/Hz	Power(P1)		Power(P2)		Amps	Fitting size (mm)
				kW	HP	kW	HP		
SA050	340	12.5	220-240/50 220-240/60	0.75	1.0	0.55	0.75	3.8	48.5or50
SA075	370	15		0.9	1.2	0.65	0.85	4.6	
SA100	390	17.5		1.1	1.5	0.75	1.0	5.8	
SA150	470	18.5		1.5	2.0	1.1	1.5	7.0	

ANEXO E.
CARACTERÍSTICAS DE LAS
SALES QUE COMPONEN EL
ELECTROLITO



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **SULFATO DE NIQUEL**
 Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



ONU.
UN:3077

NFPA

SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO

Nombre Químico: SULFATO DE NIQUEL - NiSO4
Número CAS: 7786-81-4
Sinónimos: Sulfato de níqueloso; Sulfato de níquel (II).

COMPAÑÍA: GTM

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto: Cristales azules-verdes.

Olor: Inodoro.

Solubilidad: 75.6 g/100 agua @15.5C cc

Peso específico: 2.03

pH: ca. 4.5 % De Volátiles por Volumen @ 21C (70F): 0

Punto de ebullición: 103C (217F) (pierde 6H2O)

Punto de fusión: 100C (212F) pierde agua

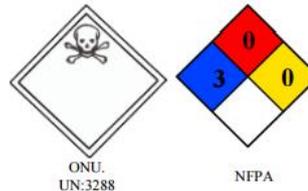
Densidad: 3.7 g/cm³

Presión de Vapor (mm Hg): No se encontró información.

Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD**

Nombre del Producto: **CLORURO DE NIQUEL**
Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



ONU:
UN:3288

NFPA

SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA**PRODUCTO**

Nombre Químico: CLORURO DE NIQUEL - NiCl₂
Número CAS: 7718-54-9
Sinónimos: Cloruro de níquel anhídrido, níquel (II), Cloruro noqueloso

COMPAÑÍA: GTM

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto: Amarillo o cristales delicuescentes de luz verde.

Olor: Inodoro. Solubilidad: 2.54 kg / L @ 20 ° C

Peso específico: 3.55

pH: ca. 4 Solución acuosa

% De Volátiles por Volumen @ 21C (70F): 0

Punto de ebullición: ca. 973C (ca. 1783F) Sublimes.

Punto de fusión: ca. 1001C (ca. 1834F)

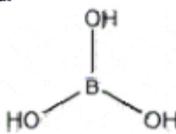
Densidad: 3.55 g/cm³

Presión de Vapor (mm Hg): 1 @ 671C (1240F)

Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.

ÁCIDO BÓRICO

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre químico (IUPAC): Ácido bórico		No. CAS 10043-35-3
Sinónimos: Borofax; Boorzuur; Trihidróxido de boro; Borsauere; Ácido ortobórico; Trihidroxiborano		
Nombre comercial, Formulación (%), Presentación:		
Para uso Urbano: Eco 2000 Rx, 50.000, Pasta; Eco 2000 Xp, 51.400, Pasta; Roach Kil, 99.000, Polvo		
Para uso Doméstico: Ani-Kill, 52.000, Pasta; Insecontrol, 43.500, Pasta; Kilcux Exterminador de cucarachas, 80.000, Polvo		
Estructura química:		Fórmula química: BH ₃ O ₃
		Peso molecular: 61.833
Tipo de plaguicida: Insecticida	Clasificación: Inorgánico	
Uso: Urbano y doméstico		
Presentaciones comerciales: <u>Doméstico:</u> Para el control de cucarachas y pescadito de plata: como pasta en equivalentes en gramos de ingrediente activo (I.A./kg o L) de: 435 y 520 y como polvo en equivalentes en gramos de ingrediente activo (I.A./kg o L) de: 800. <u>Urbano:</u> Para uso exclusivo de aplicadores de plaguicidas en el control de cucarachas, hormigas, pescadito de plata, termitas, alacranes, arañas, anobios, bostriquidos y escarabajos: como polvo en equivalentes en gramos de ingrediente activo (I.A./kg o L) de: 990 y como pasta en equivalentes en gramos de ingrediente activo (I.A./kg o L) de: 500 y 514.		

Propiedades físicas y químicas

Aspecto: Sólido

Color: Blanco

Granulometría

Olor: Inodoro.

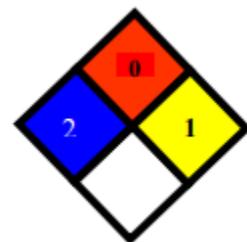
pH: 4 (30 g/l)

Punto de fusión/punto de congelación 171 °C

Densidad relativa: (20/4) 1.44

Solubilidad: 50 g/l en agua a 20°C

Coeficiente de reparto n-octano/agua:



ANEXO F.
SELECCIÓN DE MATERIALES
UTILIZANDO EL SOFTWARE CES
EduPack 2009

Selection Project: Stage 1 Carbon steel, AISI 1080, annealed

Database: CES EduPack 2009 Level 3

Select from: MaterialUniverse: Metals

2. Selection Stages: Graph, Limit, Tree

3. Results: 1 of 1731 pass

Show: Pass all Stages

Rank by: Alphabetical

Name: Carbon steel, AISI 1080, annealed

Property	Value	Unit
Mechanical properties		
Young's modulus	200 - 215	GPa
Shear modulus	77 - 84	GPa
Bulk modulus	155 - 175	GPa
Poisson's ratio	0.285 - 0.295	
Shape factor	56	
Yield strength (elastic limit)	335 - 415	MPa
Tensile strength	550 - 680	MPa
Compressive strength	335 - 415	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	335 - 415	MPa
Elongation	20 - 30	%
Hardness - Vickers	160 - 200	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 281 - 327	MPa
Fatigue strength model (stress range)	* 169 - 237	MPa
<i>Parameters, Stress Ratio = 0, Number of Cycles = 1e7</i>		
Fracture toughness	* 49 - 80	MPa.m ^{1/2}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 7.9e-4 - 9.8e-4	
Thermal properties		
Melting point	1.33e3 - 1.48e3	°C
Maximum service temperature	* 286 - 340	°C
Minimum service temperature	* -58 - -33	°C
Thermal conductivity	48 - 53	W/m.K
Specific heat capacity	* 470 - 510	J/kg.K
Thermal expansion coefficient	11 - 12.5	µstrain/°C
Latent heat of fusion	* 270 - 275	kJ/kg

Selection Project: Stage 1 Carbon steel, AISI 1080, annealed

Database: CES EduPack 2009 Level 3

Select from: MaterialUniverse: Metals

2. Selection Stages: Graph, Limit, Tree

3. Results: 1 of 1731 pass

Show: Pass all Stages

Rank by: Alphabetical

Name: Carbon steel, AISI 1080, annealed

Property	Value	Unit
Electrical properties		
Electrical resistivity	17 - 20	µohm.cm
Optical properties		
Transparency	Opaque	
Durability: flammability		
Flammability	Non-flammable	
Durability: fluids and sunlight		
Water (fresh)	Acceptable	
Water (salt)	Limited use	
Weak acids	Limited use	
Strong acids	Unacceptable	
Weak alkalis	Acceptable	
Strong alkalis	Limited use	
Organic solvents	Excellent	
UV radiation (sunlight)	Excellent	
Oxidation at 500C	Acceptable	
Primary material production: energy, CO2 and water		
Embodied energy, primary production	29 - 35	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	2.36 - 2.61	kg/kg
Water usage	26 - 77.9	l/kg

File Edit View Select Tools Window Help Feature Request

Browse Search Select Print Search Web CES Help

Selection Project Stage 1 Carbon steel, AISI 1080, annealed x

1. Selection Data Database: CES EduPack 2009 Level 3 Change...

Select from: MaterialUniverse: Metals

2. Selection Stages Graph Limit Tree Stage 1: Limit

3. Results: 1 of 1731 pass Show: Pass all Stages Rank by: Alphabetical

Name Carbon steel, AISI 1080, annealed

Carbon steel, AISI 1080, annealed

Material processing: energy

Casting energy	* 3.91	- 4.32	MJ/kg
Forging, rolling energy	* 2.48	- 2.74	MJ/kg
Metal powder forming energy	* 13	- 14.4	MJ/kg
Vaporization energy	* 24.3	- 26.8	MJ/kg
Conventional machining energy (per unit wt removed)	* 7.43	- 8.21	MJ/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 45.5	- 50.3	MJ/kg

Material processing: CO2 footprint

Casting CO2	* 0.235	- 0.259	kg/kg
Forging, rolling CO2	* 0.198	- 0.219	kg/kg
Metal powder forming CO2	* 1.04	- 1.15	kg/kg
Vaporization CO2	* 1.94	- 2.14	kg/kg
Conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 0.594	- 0.657	kg/kg
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 3.64	- 4.02	kg/kg

Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle	✓		
Embodied energy, recycling	* 8.47	- 9.37	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 0.66	- 0.73	kg/kg
Recycle fraction in current supply	39.9	- 44	%
Downcycle	✓		
Combust for energy recovery	✗		
Landfill	✓		
Biodegrade	✗		
A renewable resource?	✗		

Notes

Typical uses
General construction; general mechanical engineering; automotive; tools; axles; gears; springs.

Reference sources
Data compiled from multiple sources. See links to the References table.

Ready

File Edit View Select Tools Window Help Feature Request

Browse Search Select Print Search Web CES Help

Selection Project Stage 1 Carbon steel, AISI 1080, annealed x

1. Selection Data Database: CES EduPack 2009 Level 3 Change...

Select from: MaterialUniverse: Metals

2. Selection Stages Graph Limit Tree Stage 1: Limit

3. Results: 1 of 1731 pass Show: Pass all Stages Rank by: Alphabetical

Name Carbon steel, AISI 1080, annealed

Carbon steel, AISI 1080, annealed

Carbon steel, AISI 1080, annealed

GOST 1050 80 (Russian Federation)

GOST 1050(74) 80 (Russian Federation)

GOST 14959 80 (Russian Federation)

GOST 14959(79) 80 (Russian Federation)

UNE 36015(60) C79 (Spain)

UNE 36015(60) F 1410 (Spain)

SIS 141778 1778-02 (Sweden)

SIS 141778 1778-04 (Sweden)

BS 970(1(83) 060A83 (United Kingdom)

BS 970(1(83) 070A78 (United Kingdom)

BS 970(1(83) 080A78 (United Kingdom)

BS 970(1(83) 080A83 (United Kingdom)

BS 970(1(96) 060A78 (United Kingdom)

BS 970(1(96) 060A81 (United Kingdom)

AMS 5110G(95) (USA)

ASTM A29/A29M(93) 1080 (USA)

ASTM A510(96) 1080 (USA)

ASTM A576(95) 1080 (USA)

ASTM A682/A682M(98) 1080 (USA)

ASTM A684/A684M(86) 1080 (USA)

ASTM A713(93) 1080 (USA)

ASTM A830/A830M(98) 1080 (USA)

ASTM A911/A911M(92) (USA)

DoD-F-24669/1(86) 1080 (USA)

FED QQ-S-700D(91) C1080 (USA)

FED QQ-W-470B(85) 1080 (USA)

MIL-S-16789A(86) C8 (USA)

MIL-S-16974E(86) 1080 (USA)

SAE J1397(92) 1080 (USA)

SAE J403(95) 1080 (USA)

AISI 1080 (USA)

COPANT 330 1080 (Venezuela)

COPANT 331 1080 (Venezuela)

Ready

1. Selection Data
Database: CES EduPack 2009 Level 3
Select from: MaterialUniverse: Polymers - Plastics
PVC (flexible, Shore 60A)

2. Selection Stages
Graph Limit Tree
Stage 1: Limit
Stage 2: Glass temperature (°C)
Stage 3: Dielectric constant (relative permittivity)
Stage 4: Flammability
Stage 5: Water (salt)
Stage 6

3. Results: 1 of 633 pass
Show: Pass all Stages
Rank by: Alphabetical
Name: PVC (flexible, Shore 60A)

Property	Value 1	Value 2	Unit
Mechanical properties			
Young's modulus	0.003	- 0.0035	GPa
Compressive modulus	* 0.003	- 0.0035	GPa
Flexural modulus	* 0.003	- 0.0035	GPa
Shear modulus	* 0.001	- 0.0014	GPa
Bulk modulus	* 1.5	- 2	GPa
Poisson's ratio	* 0.48	- 0.49	
Shape factor	1.6		
Yield strength (elastic limit)	10	- 11	MPa
Tensile strength	10	- 11	MPa
Compressive strength	15	- 25	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	11	- 12	MPa
Elongation	430	- 460	%
Hardness - Vickers	* 11	- 14	HV
Hardness - Shore D	* 10	- 12	
Hardness - Shore A	58	- 62	
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 7.5	- 8.25	MPa
Fracture toughness	* 0.935	- 0.964	MPa.m ^{1/2}
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0.68	- 1.6	
Tear strength	40	- 44	N/mm
Impact properties			
Impact strength, notched 23 °C	190	- 200	kJ/m ²
Impact strength, unnotched 23 °C	190	- 200	kJ/m ²
Thermal properties			
Glass temperature	* -23	- -13	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	* -50	- -30	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	* -60	- -40	°C
Maximum service temperature	47	- 52	°C
Minimum service temperature	-60	- -40	°C
Thermal conductivity	0.16	- 0.2	W/m.K
Specific heat capacity	1.6e3	- 1.8e3	J/kg.K

1. Selection Data
Database: CES EduPack 2009 Level 3
Select from: MaterialUniverse: Polymers - Plastics
PVC (flexible, Shore 60A)

2. Selection Stages
Graph Limit Tree
Stage 1: Limit
Stage 2: Glass temperature (°C)
Stage 3: Dielectric constant (relative permittivity)
Stage 4: Flammability
Stage 5: Water (salt)
Stage 6

3. Results: 1 of 633 pass
Show: Pass all Stages
Rank by: Alphabetical
Name: PVC (flexible, Shore 60A)

Property	Value 1	Value 2	Unit
Thermal properties			
Glass temperature	* -23	- -13	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	* -50	- -30	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	* -60	- -40	°C
Maximum service temperature	47	- 52	°C
Minimum service temperature	-60	- -40	°C
Thermal conductivity	0.16	- 0.2	W/m.K
Specific heat capacity	1.6e3	- 1.8e3	J/kg.K
Thermal expansion coefficient	155	- 165	µstrain/°C
Processing properties			
Linear mold shrinkage	2.3	- 2.7	%
Melt temperature	170	- 190	°C
Mold temperature	20	- 40	°C
Electrical properties			
Electrical resistivity	3.16e17	- 3.16e18	µhm.cm
Dielectric constant (relative permittivity)	6.9	- 7.2	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0.12	- 0.14	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	29	- 30	MV/m
Comparative tracking index	400	- 600	V
Optical properties			
Transparency			Translucent
Absorption, permeability			
Water absorption @ 24 hrs	0.5	- 0.52	%
Permeability (O2)	* 3.18e3	- 3.51e3	cm ³ .mm/(m ² .day.atm)
Durability: flammability			
Flammability			Slow-burning

File Edit View Select Tools Window Help Feature Request

Browse Search Select Print Search Web CES Help

Selection Project Stage 1 PVC (flexible, Shore 60A)

1. Selection Data Database: CES EduPack 2009 Level 3 Change...

Select from: MaterialUniverse: Polymers - Plastics

2. Selection Stages

- Graph Limit Tree
- Stage 1: Limit
- Stage 2: Glass temperature (°C)
- Stage 3: Dielectric constant (relative permittivity)
- Stage 4: Flammability
- Stage 5: Water (salt)
- Stage 6

3. Results: 1 of 633 pass

Show: Pass all Stages

Rank by: Alphabetical

Name

- PVC (flexible, Shore 60A)

Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	*	35.2	- 38.9	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	*	1.12	- 1.24	kg/kg
Recycle fraction in current supply		0.672	- 0.742	%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	*	17.5	- 18.4	MJ/kg
Combustion CO2	*	1.37	- 1.44	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			
A renewable resource?	✗			

Notes

Typical uses
Simulated leather, seals, gaskets, cable covers, tape, hose, tubing, bottles, sachets, wall covering, flexible floor covering.

Other notes
Standard hardness measurements are impossible to perform on elastomers, as it is very difficult to make a permanent indentation in them.

Reference sources
Data compiled from multiple sources. See links to the References table.

Links

- ProcessUniverse
- Producers
- Reference
- Shape

No warranty is given for the accuracy of this data. Values marked * are estimates.

Ready NUM

Selection Project
 Stage 1: Copper-2-beryllium (w) (UNS C17000)

1. Selection Data
 Database: CES EduPack 2009 Level 3
 Select from: MaterialUniverse: Metals

2. Selection Stages
 Graph Limit Tree
 Stage 1: Limit

3. Results: 1 of 1731 pass
 Show: Pass all Stages
 Rank by: Alphabetical

Copper-2-beryllium (w) (UNS C17000)

General properties
Designation
 Copper Alloy: CuBe2CoNi(w), CB101 (UNS C17000)
 UNS number: C17000
 Density: 8.24e3 - 8.26e3 kg/m³
 Price: * 16.6 - 18.3 USD/kg

Tradenames
 BRUSH 165C, Brush Wellman Inc. (USA); BERYLLIUM COPPER ALLOY 165, Criterion Metals Inc. (USA); BERYLCO 165, NGK Metals Corp. (USA); COPPER NO. 170, Brush Wellman Inc. (USA); ;

Composition overview
Composition (summary)
 Cu/1.7Be/ 2.6Co+Ni

Base	Cu (Copper)	
Composition detail		
Be (beryllium)	1.7	%
Co (cobalt)	0.2 - 0.6	%
Cu (copper)	97.7 - 98.1	%
Ni (nickel)	0.2 - 0.6	%

Mechanical properties

Young's modulus	120 - 130	GPa
Shear modulus	45 - 47	GPa
Bulk modulus	* 130 - 140	GPa
Poisson's ratio	0.34 - 0.35	
Shape factor	28	
Yield strength (elastic limit)	190 - 210	MPa
Tensile strength	470 - 500	MPa
Compressive strength	190 - 210	MPa
Flexural strength (modulus of rupture)	190 - 210	MPa

Selection Project
 Stage 1: Copper-2-beryllium (w) (UNS C17000)

1. Selection Data
 Database: CES EduPack 2009 Level 3
 Select from: MaterialUniverse: Metals

2. Selection Stages
 Graph Limit Tree
 Stage 1: Limit

3. Results: 1 of 1731 pass
 Show: Pass all Stages
 Rank by: Alphabetical

Copper-2-beryllium (w) (UNS C17000)

Electrical properties
 Electrical resistivity: 8.91 - 10.7 µhm.cm

Optical properties
 Transparency: Opaque

Durability: flammability
 Flammability: Non-flammable

Durability: fluids and sunlight

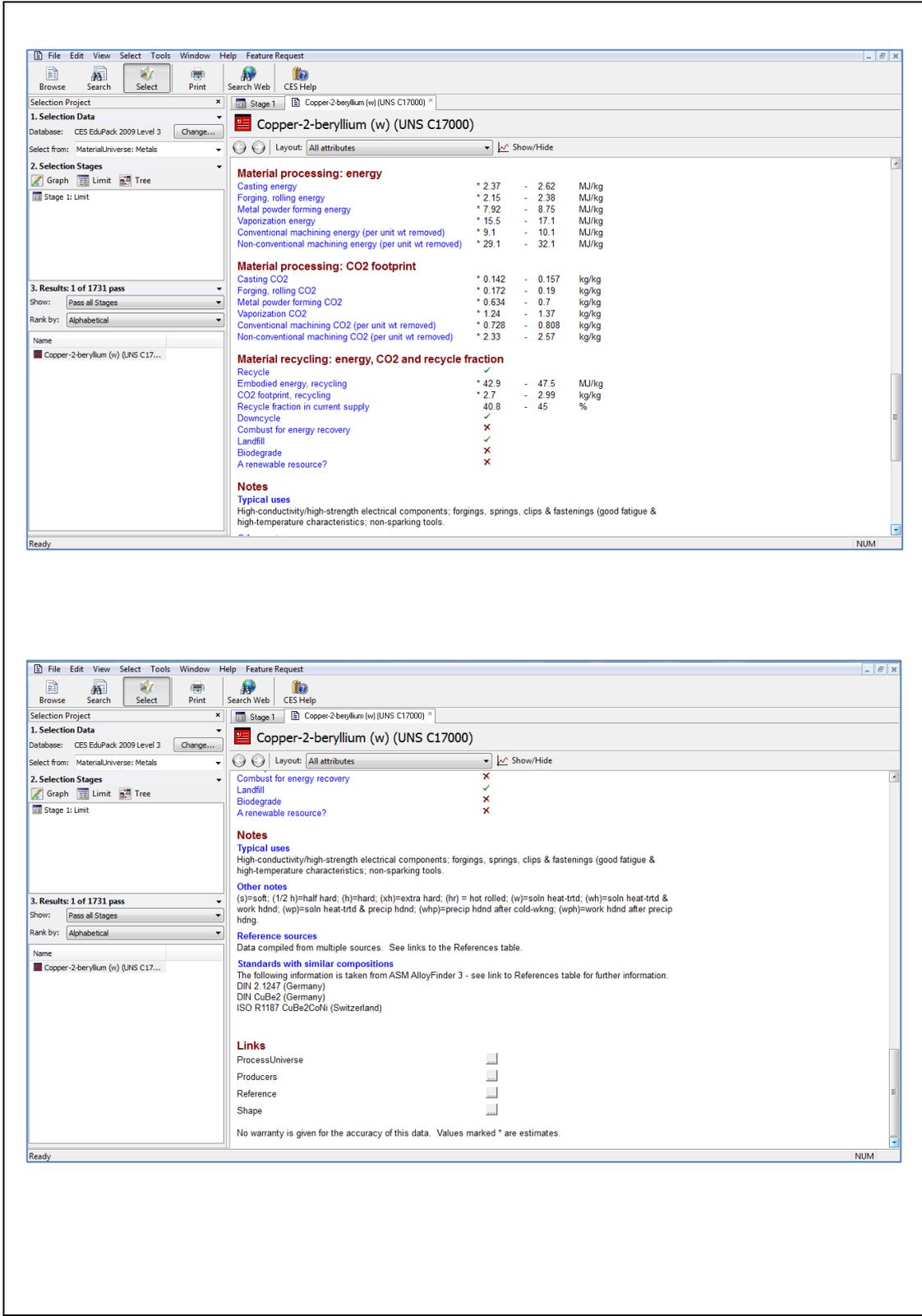
Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Excellent
UV radiation (sunlight)	Excellent
Oxidation at 500C	Limited use

Primary material production: energy, CO2 and water

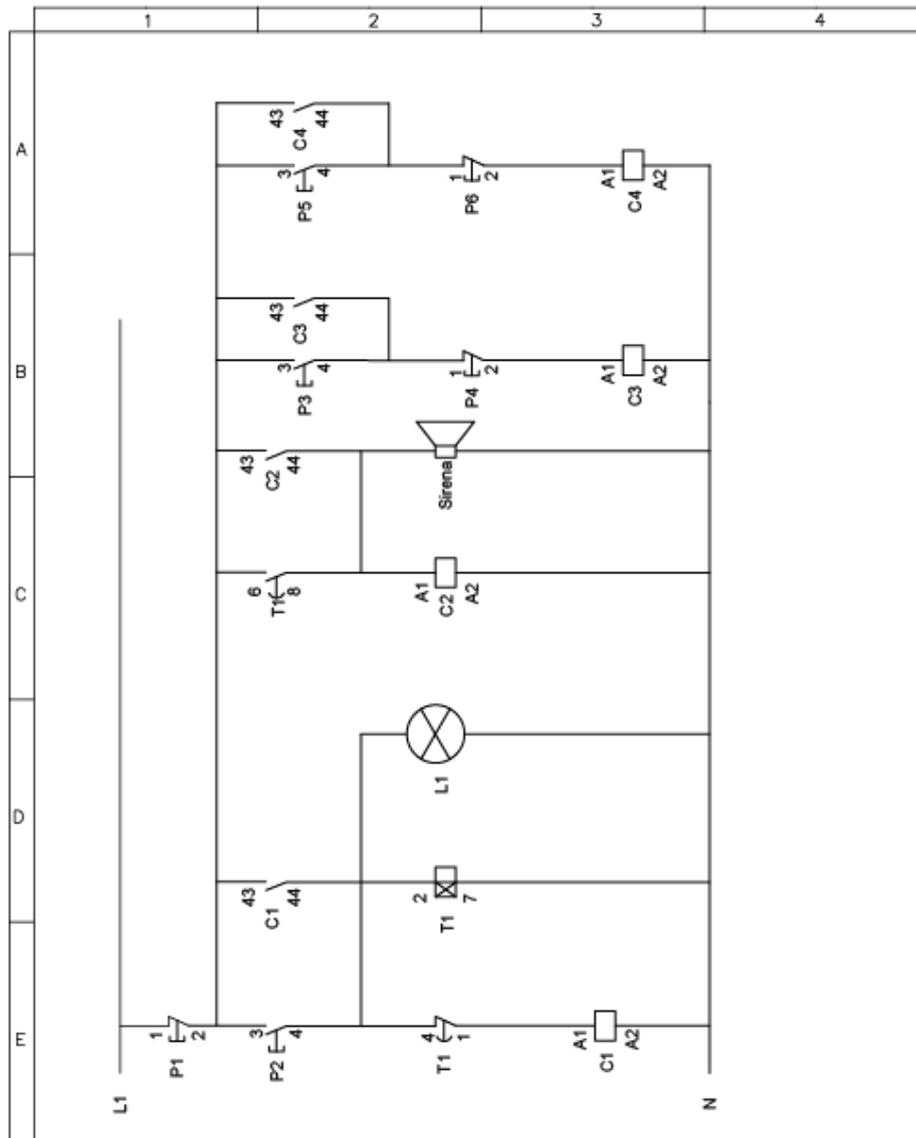
Embodied energy, primary production	* 172 - 190	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 10.8 - 12	kg/kg
Water usage	* 688 - 760	l/kg

Material processing: energy

Casting energy	* 2.37 - 2.62	MJ/kg
Forging, rolling energy	* 2.15 - 2.38	MJ/kg
Metal powder forming energy	* 7.92 - 8.75	MJ/kg
Vaporization energy	* 15.5 - 17.1	MJ/kg
Conventional machining energy (per unit wt removed)	* 9.1 - 10.1	MJ/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 29.1 - 32.1	MJ/kg



ANEXO G.
CIRCUITO DE CONTROL Y
FUERZA DEL SISTEMA



				CIRCUITO DE CONTROL			
				Fecha:	Nombre:		
				Dib:	14/07/15	Gallo Ichina	Escala: 1:5
				Rev:	11/08/2015	Ing. Sarilitan	
				Apro:	11/08/2015	Ing. Sarilitan	
				ESPE ELECTROMECHANICA			
				LAMINA 1			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				