

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE FILTRO DE PARTÍCULAS SÓLIDAS DE AGUA SALADA PARA UNA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al Título de
Ingeniero Mecánico.
Por el Br. Fortoul M. Celso R.

Caracas, Noviembre de 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE FILTRO DE PARTÍCULAS SÓLIDAS DE AGUA SALADA PARA UNA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Tutor Académico: Prof. Enrique Limongi

Tutor Industrial: Ing. Jorge Peñate

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
para optar al Título de
Ingeniero Mecánico.
Por el Br. Fortoul M. Celso R.

Caracas, Noviembre de 2005

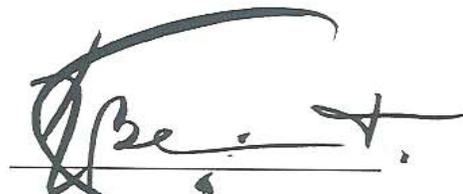
Caracas, 10 de Noviembre de 2005

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Celso Roberto Fortoul Muzzioti, titulado:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE FILTRO DE PARTÍCULAS
SÓLIDAS DE AGUA SALADA PARA UNA PLANTA DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. (Manuel Martínez)
Jurado


Prof. (Rodolfo Berrios)
Jurado


Prof. (Enrique Limongi)
Tutor Académico



A mi familia,

Mi Papa Celso Luis Fortoul Pompa, quien ha sido y siempre será mi ejemplo a seguir tanto en la vida profesional como de pensamiento, cariño y humanidad; mi Madre Aleccy Muzzioti, que su crianza, apoyo, cariño y Amor es incomparable con nada en este mundo y mi Hermana Alexa María Fortoul por ser mi apoyo, amiga, por su amistad y su cariño desde que nací hasta ahora.

Los amo

AGRADECIMIENTOS

A dios, por darme la sabiduría y fortaleza necesaria para culminar este trabajo y el resto de mi carrera.

A mi novia bella Eguzki Arozena, gracias por tu ayuda tanto en trabajo como en cariño en todo momento.

Al señor Mikel Arozena, por su gran ayuda, dedicación, consejos y amistad.

Al Señor Roger Orengo, trabajador de la electricidad de Caracas, que a pesar de sus regaños, estuvo todos los días pendientes, mostrándonos la planta y enseñándonos de todo sobre la vida ingenieril y filosófica.

A Yenny Gómez, por su gran amistad, ayuda en todo momento, los fax y las escaneadas (Gracias Yenita, te aprecio muchísimo)

A mis amigos Nataly Marquez y Carlos Angarita, por su apoyo y su amistad. Los aprecio mucho.

Al señor jorge Goldin y a mi pana Martin Goldin, que me brindaron gran ayuda, amistad y apoyo.

Al profesor Enrique Limongi, que si no fuese por su ayuda y orientación tanto ingenieril como filosófica no hubiese terminado el trabajo.

A todos los amigos que brindaron sus comentarios y alegría a este trabajo.

Fortoul M. Celso R.

Diseño de un sistema de filtro de partículas sólidas de agua salada para una Planta de Generación Eléctrica

Tutor Académico: Prof. Enrique Limongi. **Tutor Industrial:** Ing. Jorge Peñate.

Trabajo especial de grado. Caracas, UCV Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, 2005, 210 pág.

Palabras Claves: Filtro, Filtración, Generación, Diseño, Corrosión, Materiales Anticorrosivos.

RESUMEN

En la Planta de Generación Ricardo Zuloaga, Tocoa, de la Electricidad de Caracas, ubicada en la Guaira, se utiliza como fluido de enfriamiento agua proveniente del mar. Para evitar el paso de materias sólidas y fauna marina, utiliza un sistema de filtrado antes de las bombas de circulación, evitando que los tubos del condensador se tapen. Estos equipos están fuera de servicio, produciendo pérdidas para la empresa ya que baja la producción por mantenimiento a los condensadores. En este trabajo especial de grado se ha diseñado un sistema de filtro de partículas sólidas para Planta Tocoa, donde a través de una metodología de diseño que comprende un estudio de usuarios, tecnologías comerciales existentes, espacio disponible, cargas externas, estudio de corrosión en materiales, entre otros, se obtuvieron las especificaciones de diseño, y por medio de la aplicación de tormenta de ideas se definió una solución, la cual fue desarrollada hasta llegar a un producto final. El diseño se caracteriza por su resistencia a la corrosión en ambiente marino, aplicaciones de materiales anticorrosivos y de disponibilidad en el mercado, bajo costo en mantenimiento, fácil operación y construcción nacional.

INDICE DE CONTENIDO

Introducción y Alcances	1
Introducción.....	1
Motivación.....	2
Antecedentes.....	3
Planteamiento del problema	5
Alcances	6
Objetivos.....	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Capítulo 1	9
Marco Teórico	9
1.1 Filtración.....	9
1.1.1 Factores que influyen en la filtración	10
1.1.1.1 Características de la suspensión	10
1.1.1.2 Características del medio filtrante	10
1.1.1.3 Calidad del efluente	11
1.2 Filtro de Partículas sólidas para Plantas de Generación Eléctrica.....	11
1.2.1 Sistemas de filtros para agua de condensado disponibles en el mercado.....	12
1.2.1.1 Sistema Rotativo.....	12
1.2.1.2 Sistema Estático.....	14
1.3 Sistema de recolección de datos	17
1.3.1 Recolección de datos primarios.....	18
1.3.1.1 Observación	18
1.3.1.2 La entrevista	18
1.3.2 Recolección de datos secundarios	19
1.4 Proceso de Diseño	19
1.5 Determinación de variables que afectan la colocación del equipo.....	24
1.6 Cálculo de Elementos de Máquinas	34
1.7 Torno, taladrado y soldadura	42
1.8 Análisis del Valor Presente	52
Capítulo 2	54
Marco Práctico.....	54
2.1 Características de la materia a filtrar en Planta Tocoa	54
2.2 Proceso de diseño	56
2.2.1 Identificación de usuarios.....	56
2.2.2 Estudio Tecnológico.....	59
2.2.2.1 Empresas contactadas.....	59
2.2.2.2 Análisis de los Sistemas de Filtros para Agua de Condensado	62
2.2.3 Especificaciones de Diseño	65
2.2.3.1 Determinación de variables que afectan el equipo	65
2.2.4 Descomposición Funcional	69
2.2.5 Selección y evaluación	69
2.2.6 Propuesta solución.....	73

2.2.7.	Desarrollo de Solución	74
2.2.8.	Diseños Modulares	75
2.3.	MODELO 1. Poliéster reforzado con fibra de Vidrio	78
2.3.1.	Sistema Filtrante	78
2.3.2.	Sistema Recoge basura	83
2.3.3.	Parte superior del equipo	97
2.3.4.	Sistema de potencia para el movimiento del Recoge basura	101
2.3.5.	Diseño de eje de potencia	103
2.3.6.	Diámetros de eje	110
2.3.7.	Distancia entre eje y motor	112
2.3.8.	Estructura del motor	113
2.3.9.	Diseño Completo Modelo 1. Poliéster reforzado con fibra de Vidrio.....	115
2.3.10.	Peso del equipo	119
2.3.11.	Proceso de instalación	119
2.3.12.	Operación del Equipo	120
2.3.13.	Mantenimiento del equipo	120
2.4.	MODELO 2. Acero al carbono con recubrimientos	122
2.4.1.	Sistema Filtrante	122
2.4.2.	Recoge basura	124
2.4.3.	Parte superior del equipo	125
2.4.4.	Diseño Completo Modelo 2	125
2.4.5.	Peso del equipo	129
2.5.	Estudio Económico	130
2.5.1.	Costo materiales Modelo 1 Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio	130
2.5.2.	Costo de Materiales Modelo 2 Acero al Carbono	131
2.5.3.	Costo Pinturas de los Modelos 1 y 2	133
2.5.4.	Estimación de Días de Construcción de los equipos	136
2.5.5.	Inversión Inicial	147
2.5.6.	Costos Fijos	147
2.5.7.	Pérdida anual por mantenimiento Sin Filtro	149
2.5.8.	Ahorro anual por mantenimiento Con Filtro	150
2.5.9.	Valor Presente Neto	150
Capítulo 3	.....	155
Análisis de Resultados.....	.....	155
Capítulo 4	.....	158
Conclusiones y Recomendaciones .....	.....	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	.....	161
APENDICES .....	.....	164
Apéndice A. Materiales resistentes a la corrosión.....	.....	165
Apéndice B. Cómputos métricos de materiales.....	.....	170
Apéndice C. Precios por Unidad .....	.....	174
Apéndice D. Carta de Empresas .....	.....	176
ANEXO 1 .....	.....	179
Empresas Fabricantes y Especificaciones de Filtros Comerciales .....	.....	180
ANEXO 2 .....	.....	192
Perfiles de Poliéster reforzado con fibra de Vidrio.....	.....	192

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Fechas fuera de servicio de filtros de planta Tocoa (Fuente: Autor).....	3
Tabla 2.	Características de los filtros actuales en Planta Tocoa (Fuente: Autor)	15
Tabla 3.	Caudales de las bombas de circulación de Planta Tocoa (Fuente: Autor).....	16
Tabla 4.	Rata de corrosión para diferentes velocidades de agua de mar en diferentes materiales (Fuente: Corrosion Engineering 1967).....	30
Tabla 5.	Espesores de pared recomendado en relación a la rata de corrosión (Fuente: Corrosión y Control de Corrosión).....	33
Tabla 6.	Propiedades de los materiales Ferrosos (Fuente: B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid).....	37
Tabla 7.	Propiedades de los materiales Ferrosos (Fuente: B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid).....	38
Tabla 8.	Tamaño de la cuña vs tamaño del Eje (Fuente: Robert Mott).....	38
Tabla 9.	Diámetro de la polea o tambor en relación al tipo de cable (Fuente: Brivensa)	42
Tabla 10.	Tabla orientativa de los valores de las condiciones de corte para torneado (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)	48
Tabla 11.	Filtros Rotativos Comerciales (Fuente: Autor)	60
Tabla 12.	Filtros Estáticos Comerciales (Fuente: Autor)	61
Tabla 13.	Ventajas y desventajas de sistema Rotativo (Fuente: Autor)	62
Tabla 14.	Ventajas y desventajas de sistema Estático (Fuente: Autor)	62
Tabla 15.	Dimensiones de posibles lugares de colocación del equipo (Fuente: Autor)...	66
Tabla 16.	Características de Bomba y agua salada (Fuente: Autor).....	67
Tabla 17.	Especificaciones de Diseño (Fuente: Autor)	68
Tabla 18.	Escala de Evaluación (Fuente: Autor).....	69
Tabla 19.	Criterios para la evaluación de los diseños (Fuente: Autor).....	70
Tabla 20.	Evaluación de diseños de pantalla de filtración (Fuente: Autor)	71
Tabla 21.	Evaluación de diseños para sistemas de Elevación (Fuente: Autor)	72
Tabla 22.	Evaluación de diseños para sistema de eliminación de basura (Fuente: Autor)	73
Tabla 23.	Evaluación de diseños para sistema de Eliminación de basura (Fuente: Autor)	76
Tabla 24.	Factores de diseño recomendados (Fuente: Shigley)	82
Tabla 25.	Propiedades del sistema de limpieza a presión (Fuente: Autor).....	100
Tabla 26.	Convención de signos para el cálculo del eje de potencia (Fuente: Autor)....	107
Tabla 27.	Reacciones en los puntos de interés para el eje de potencia (Fuente: Autor).	107
Tabla 28.	Solicitaciones en los puntos para el eje (Fuente: Autor)	108
Tabla 29.	Diámetros para el ejes (Fuente: Autor).....	110
Tabla 30.	Peso del Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio (Fuente: Autor) .	119
Tabla 31.	Pletinas para pantalla de filtrado de acero (Fuente: Autor).....	123
Tabla 32.	Peso del Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)	129
Tabla 33.	Costo de material en perfiles Poliéster Reforzado con Fibra de vidrio. Modelo 1 (Fuente: Autor)	130
Tabla 34.	Costo de material en Acero al carbono. Modelo 1 (Fuente: Autor)	130
Tabla 35.	Costo de Galvanizado. Modelo 1 (Fuente: Autor)	130
Tabla 36.	Costo en Acero inoxidable 316. Modelo 1 (Fuente: Autor).....	130
Tabla 37.	Costo en Pernos. Modelo 1 (Fuente: Autor).....	131
Tabla 38.	Costo en Tuercas. Modelo 1 (Fuente: Autor).....	131
Tabla 39.	Costo en Rodamientos. Modelo 1 (Fuente: Autor)	131
Tabla 40.	Costo de materiales total Modelo 1 (Fuente: Autor)	131

Tabla 41.	Costo de material en perfiles Poliéster Reforzado con Fibra de vidrio. Modelo 2 (Fuente: Autor)	131
Tabla 42.	Costo de material en Acero al carbono. Modelo 2 (Fuente: Autor)	132
Tabla 43.	Costo de Galvanizado. Modelo 2 (Fuente: Autor)	132
Tabla 44.	Costo en Acero inoxidable 316. Modelo 2 (Fuente: Autor)	132
Tabla 45.	Costo en Tuercas. Modelo 2 (Fuente: Autor)	132
Tabla 46.	Costo en Tuercas. Modelo 2 (Fuente: Autor)	132
Tabla 47.	Costo en Rodamientos. Modelo 2 (Fuente: Autor)	133
Tabla 48.	Costo de materiales total Modelo 1 (Fuente: Autor)	133
Tabla 49.	Cálculo de área de pintura para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)	133
Tabla 50.	Cálculo de área de pintura para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)	134
Tabla 51.	Costo de pintura para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	134
Tabla 52.	Costo de mano de obra para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	135
Tabla 53.	Costo de maquinaria para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	135
Tabla 54.	Costo de pintura para el Modelo 2 (Fuente: Autor)	135
Tabla 55.	Costo de mano de obra para el Modelo 2 (Fuente: Autor)	135
Tabla 56.	Costo de maquinaria para el Modelo 2 (Fuente: Autor)	135
Tabla 57.	Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)	136
Tabla 58.	Velocidad de giro en rpm para taladrado en pernos Modelo 1 (Fuente: Autor)	136
Tabla 59.	Valores del factor a para taladrado Modelo 1 (Fuente: Autor)	137
Tabla 60.	Velocidad de avance para taladrado en pernos Modelo 1 (Fuente: Autor)	137
Tabla 61.	Tiempo de taladrado por perno Modelo 1 (Fuente: Autor)	138
Tabla 62.	Tiempo de taladrado total Modelo 1 (Fuente: Autor)	138
Tabla 63.	Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo torneado realizado (Fuente: Autor)	138
Tabla 64.	Valores del factor a para torneado en acero inoxidable Modelo 1 (Fuente: Autor)	139
Tabla 65.	Tiempo de desbaste de eje Modelo 1 (Fuente: Autor)	139
Tabla 66.	Valores del factor a para torneado en acero inoxidable Modelo 1 (Fuente: Autor)	140
Tabla 67.	Tiempo de acabado de eje Modelo 1 (Fuente: Autor)	140
Tabla 68.	Tiempo de desbaste y acabado para carretes Modelo 1 (Fuente: Autor)	141
Tabla 69.	Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)	142
Tabla 70.	días de construcción para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	143
Tabla 71.	Costos de construcción para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	143
Tabla 72.	Puntos a evaluar en el diagrama de Gant para el Modelo 1 (Fuente: Autor) .	143
Tabla 73.	Diagrama de Gant para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	143
Tabla 74.	Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)	144
Tabla 75.	Tiempo de taladrado total Modelo 2 (Fuente: Autor)	144
Tabla 76.	Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)	145
Tabla 77.	Días de construcción para el Modelo 2 (Fuente: Autor)	146
Tabla 78.	Costos de construcción para el Modelo 2 (Fuente: Autor)	146
Tabla 79.	Puntos a evaluar en el diagrama de Gant para el Modelo 1 (Fuente: Autor) .	146
Tabla 80.	Diagrama de Gant para el Modelo 1 (Fuente: Autor)	147
Tabla 81.	Inversión Inicial para cada Modelo (Fuente: Autor)	147
Tabla 82.	Costo de pintura cada 2 y 6 años para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)	148
Tabla 83.	Costo de mano de obra en pintura cada 2 y 6 años para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)	148

Tabla 84.	Costos de mano de obra general para mantenimiento para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor).....	148
Tabla 85.	Costo de maquinaria para mantenimiento para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor).....	148
Tabla 86.	Costo en Rodamientos para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor).....	148
Tabla 87.	Costos fijos cada 2,4 y 6 años para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor).....	149
Tabla 88.	Tabla resumen con las perdidas anuales que genera la falta de sistema de filtrado (Fuente: Autor).....	150
Tabla 89.	Valores de ingresos y gastos Modelo 1 (Fuente: Autor).....	151
Tabla 90.	Valores de ingresos y gastos Modelo 2 (Fuente: Autor).....	152
Tabla 91.	Comparación económica de los Diseños y Modelos Comerciales (Fuente: Autor).....	153
Tabla 92.	Resultados de la aplicación del VPN a los Diseños y Modelos Comerciales (Fuente: Autor).....	154
Tabla 93.	Descripción de materiales resistentes a la corrosión (Fuente: Autor).....	165
Tabla 94.	Propiedades de materiales resistentes a la corrosión (Fuente: Autor).....	168
Tabla 95.	Cómputos métricos para Modelo 1 (Fuente: Autor).....	170
Tabla 96.	Cómputos métricos para Modelo 2 (Fuente: Autor).....	171
Tabla 97.	Precios referenciales de Poliéster reforzado con fibra de vidrio por metro lineal (Fuente: Autor).....	174
Tabla 98.	Precios Referenciales de pernos de Acero inoxidable 316 (Fuente: Autor)...	174
Tabla 99.	Precios Referenciales de Guaya de Acero inoxidable 316 (Fuente: Autor)...	174
Tabla 100.	Precios Referenciales de Planchas de Acero inoxidable 316 con sus dimensiones (Fuente: Autor).....	174
Tabla 101.	Precios Referenciales de tochos de Acero inoxidable 316 con sus dimensiones (Fuente: Autor).....	175
Tabla 102.	Precios referenciales de Pinturas de protección contra la corrosión en la EDC (Fuente: Autor).....	175
Tabla 103.	Precios Referenciales de la Mano de obra en la EDC para el año 2005 (Fuente: Autor).....	175
Tabla 104.	Sewage Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green).....	181
Tabla 105.	Hydro Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green).....	183
Tabla 106.	Dimensiones CF 100 (Fuente: Brackett Green).....	186
Tabla 107.	Dimensiones CF 100 (Fuente: Brackett Green).....	188
Tabla 108.	Dimensiones Guardian Bar Screens (Fuente: USFILTER).....	189
Tabla 109.	Dimensiones Rex Series 1000 Screens (Fuente: USFILTER).....	191

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Filtro unidad 6 “A” Tocoa en mantenimiento (Fuente: Tocoa).....	4
Figura 2.	Filtro unidad 3 “B” Tocoa (Fuente: Autor)	4
Figura 3.	Filtros unidad 6 (Fuente: Autor).....	4
Figura 4.	Esquema Filtro Rotativo (Fuente: Bracket Green).....	13
Figura 5.	Tipos de entrada de flujo en Filtros rotativos (Fuente: Geiger International)..	13
Figura 6.	Esquema de Filtros Estáticos (Fuente: Bracket Green).....	14
Figura 7.	Filtro unidad 3 “B” Tocoa (Fuente: Autor)	16
Figura 8.	Filtro unidad 4 “A” (Fuente: Autor).....	16
Figura 9.	Filtro unidad 4 “A” (Fuente: Autor).....	16
Figura 10.	Esquema de cable de acero (Fuente: Brivensa).....	40
Figura 11.	Tipos y formas de cables de acero (Fuente: Brivensa).....	41
Figura 12.	Ángulos de la broca (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)	43
Figura 13.	Agujero pasante (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)	44
Figura 14.	Velocidades de corte de agujeros cortos para brocas de acero al carbono y acero rápido (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)	45
Figura 15.	Avances por revolución en mm por revolución para aceros al carbono o rápidos (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela).....	46
Figura 16.	Datos típicos y preparación recomendada para soldadura de arco sumergido en acero al carbono (Fuente: Welding HandBook)	50
Figura 17.	Datos típicos para soldadura de arco sumergido en acero al carbono(Fuente: Welding HandBook).....	50
Figura 18.	Datos típicos y preparación recomendada para soldadura de arco sumergido en acero inoxidable (Fuente: Welding HandBook)	51
Figura 19.	Datos típicos y preparación recomendada para soldadura de arco sumergido en acero inoxidable (Fuente: Welding HandBook)	51
Figura 20.	Basura en el canal de planta Tocoa (Fuente: Autor).....	55
Figura 21.	Barras de protección para cargas pesadas (Fuente: Autor).....	64
Figura 22.	Entrada del Muelle “A” (Fuente: Autor)	66
Figura 23.	Mitad del muelle “B” (Fuente: Autor).....	66
Figura 24.	Entrada de cada bomba de circulación “C” (Fuente: Autor)	66
Figura 25.	Diseños de pantalla de filtración (Fuente: Autor)	70
Figura 26.	Diseños para sistemas de Elevación (Fuente: Autor)	71
Figura 27.	Diseños para sistema de eliminación de basura (Fuente: Autor).....	72
Figura 28.	Propuesta Solución (Fuente: Autor)	73
Figura 29.	Niveles de fluctuación de la marea en la planta (Fuente: Autor)	75
Figura 30.	Diseños modulares (Fuente: Autor).....	76
Figura 31.	Dibujo esquemático del sistema de filtrado.....	77
Figura 32.	Corte de perfil L-3 (Fuente: Autor)	78
Figura 33.	Configuración de perfiles para el filtrado (Fuente: Autor).....	81
Figura 34.	Fijación de perfiles L-3 a columna (Fuente: Autor)	81
Figura 35.	Forma principal del recoge basura (Fuente: Autor).....	84
Figura 36.	Sistema Recoge Basura (Fuente: Autor)	86
Figura 37.	Sistema de recoge basura completo (Fuente: Autor).....	87

Figura 38.	Dimensiones de los rodamientos rígidos de bola para el recoge basura (Fuente: SKF)	87
Figura 39.	Colocación de pernos separadores (Fuente: Autor).....	88
Figura 40.	Vista ampliada de separadores (Fuente: Autor)	88
Figura 41.	Vista completa frontal del equipo con separadores (Fuente: Autor).....	89
Figura 42.	Parte posterior del equipo unido con perfiles L-3 (Fuente: Autor)	89
Figura 43.	Dimensiones del perfil L-3 (Fuente: Autor).....	90
Figura 44.	Centro de Gravedad del perfil L-3 (Fuente: Autor).....	90
Figura 45.	Modelado de cargas para el perfil L-3 sección 0-0 (Fuente: Autor)	91
Figura 46.	Modelo de cerca con tirantes (Fuente: Autor).....	93
Figura 47.	Modelado de cargas con ubicación de tirantes caso 1 (Fuente: Autor).....	93
Figura 48.	Modelo de cargas con ubicación de ubicación de tirantes caso 2 (Fuente: Autor)	94
Figura 49.	Modelado de cargas para columnas (Fuente: Autor).....	95
Figura 50.	Cercha y tirantes (Fuente: Autor)	96
Figura 51.	Unión de Cercha con Sistema Filtrante. Vista posterior del equipo (Fuente: Autor)	97
Figura 52.	Sistema filtrante con el recoge basura (Fuente: Autor)	97
Figura 53.	Guías curvas de recoge basura y rodamientos (Fuente: Autor).....	99
Figura 54.	Giro del recoge basura en la parte superior del equipo (Fuente: Autor)	99
Figura 55.	Tubería de limpieza con spray de limpieza (Fuente: Autor)	100
Figura 56.	Canal de eliminación de basura (Fuente: Autor).....	101
Figura 57.	Sistema de unión de cables en eje (Fuente: Autor)	101
Figura 58.	Dimensiones de los rodamientos rígidos de bola para el sistema pivote sumergido(Fuente: SKF)	102
Figura 59.	Pivotes para el cable (Fuente: Autor)	103
Figura 60.	Dimensiones del carrete (Fuente: Autor).....	103
Figura 61.	Modelado para cargas en recoge basura (Fuente: Autor).....	104
Figura 62.	Dirección de las fuerzas y el radio del carrete (Fuente: Autor).....	104
Figura 63.	Modelado de Eje de potencia (Fuente: Autor)	105
Figura 64.	Distribución de fuerza caso subida (Fuente: Autor).....	106
Figura 65.	Distribución de fuerza caso bajada (Fuente: Autor).....	106
Figura 66.	Modelado de cargas para los diferentes casos de carga en el eje de potencia (Fuente: Autor)	108
Figura 67.	Diagrama de momento y corte para Caso Subida (Fuente: Autor).....	109
Figura 68.	Dimensiones del carrete ajustado al eje de potencia (Fuente: Autor)	111
Figura 69.	Estructura soporte Eje y tubería (Fuente: Autor).....	112
Figura 70.	Estructura soporte Eje y tubería (Fuente: Autor).....	113
Figura 71.	Plancha de unión (Fuente: Autor).....	113
Figura 72.	Placa de agarre del equipo (Fuente: Autor).....	114
Figura 73.	Tolerancias entre guías de rodamientos y Recoge basura	115
Figura 74.	Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista en ángulo (Fuente: Autor)	116
Figura 75.	Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista frontal (Fuente: Autor)	117
Figura 76.	Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista Posterior (Fuente: Autor)	118

Figura 77.	Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista parte superior (Fuente: Autor)	119
Figura 78.	Soportes laterales del equipo en el nivel de trabajo (Fuente: Autor).....	120
Figura 79.	Piso de trabajo para quitar recoge basura en lugar de trabajo (Fuente: Autor)	121
Figura 80.	Propuesta de unión de barras Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)	122
Figura 81.	Configuración de barras para Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)	123
Figura 82.	Guías de rodamientos Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)	124
Figura 83.	unión de módulos Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)	124
Figura 84.	Unión de módulos Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)	125
Figura 85.	Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista en ángulo (Fuente: Autor)	126
Figura 86.	Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista frontal (Fuente: Autor)	127
Figura 87.	Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista Posterior (Fuente: Autor)	128
Figura 88.	Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista parte superior (Fuente: Autor)	129
Figura 89.	Modelo de perdida de energía (Fuente: Autor)	149
Figura 90.	Diagrama Ingresos y gastos para Modelo 1 (Fuente: Autor).....	151
Figura 91.	Diagrama Ingresos y Egresos para Modelo 1 (Fuente: Autor).....	151
Figura 92.	Sewage Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green).....	182
Figura 93.	Hydro Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green)	184
Figura 94.	Dual Flow & Conversion Band Screens (Fuente: Brackett Green).....	185
Figura 95.	CF 100 y CF 200 (Fuente: Brackett Green)	187
Figura 96.	Guardian Bar Screen (Fuente: USFILTER)	190

Introducción y Alcances

Introducción

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica en Caracas estimada en 1.887 MW, la Electricidad de Caracas (EDC) cuenta con un parque de generación conformado por 3 plantas con una capacidad de 2.236 MW, lo cual representa el 11% del sector eléctrico venezolano. Planta Tocoa, mediante un ciclo de vapor, posee una capacidad de 344 MW en 6 unidades de generación, cuyas capacidades son: Unidades I y II de 40 MW, Unidades III y IV de 60 MW y Unidades V y VI de 72 MW, representando el 15,4% de todo el parque de generación de la empresa.

Utiliza como agua de refrigeración para los condensadores el agua de mar, guiados por un canal a cada una de las unidades. Cada unidad posee 2 bombas de circulación. Esta agua entra al muelle con cualquier cantidad de animales y desechos, dependiendo del estado y dirección de la marea y épocas del año.

Planta Tocoa posee 12 filtros de partículas sólidas de agua salada en cada entrada de las bombas de circulación, cuyo objetivo es el de recoger todos esos desechos sólidos que se depositan en el canal y evitar la entrada de animales, para que los tubos del condensador no se tapen. Estos filtros se encuentran fuera de servicio, causando mal funcionamiento de las bombas de circulación con posibles vibraciones y cavitación, y ensuciamiento de los condensadores, tapando gran cantidad de tubos de enfriamiento.

Al taparse los tubos, la cantidad de agua de refrigeración del vapor que sale de la turbina es menor, y a medida que se mantenga en un período de tiempo prolongado, evita que llegue rápidamente a la temperatura de condensación, aumentando el vacío en la

turbina, trayendo como consecuencia colocar la maquina a media carga para realizar limpieza al condensador, disminuyendo la producción diaria.

El costo actual de los filtros de partículas sólidas es muy elevado. Es por eso que la EDC se ve en la necesidad de realizar este proyecto en el que se plantea un diseño de un sistema de fabricación nacional y de bajo mantenimiento que permita el filtrado de estas partículas sólidas, que sea fácil utilización y bajo presupuesto.

Para el proceso de diseño se identificaran estados de entrada y salida del problema, búsqueda y estudio de modelos existentes, fase de proceso creativo, tormenta de ideas, clasificación y criterios de selección de ideas. Luego, a través de técnicas computacionales se realizarán los planos del equipo y se seleccionará los materiales a utilizar. Ya teniendo el modelo definitivo se realizará un estudio de costos del equipo, manual de instalación, manual de mantenimiento y manual de operación.

Motivación

Los filtros Rex utilizados en la planta Tocoa se encuentran fuera de servicio, permitiendo el paso descontrolado de desechos sólidos, animales, basura, etc que logran el mal funcionamiento de las bombas de circulación, condensadores, aumentando el mantenimiento de los equipos en cuanto a limpieza y cambio de piezas, colocación a media carga de las unidades y bajar la producción anual.

Debido a los elevados costos actuales de los equipos en el mercado, la empresa se ve en la necesidad de realizar un modelo de filtro de fabricación nacional que cumpla con los requerimientos mínimos para que el ciclo mantenga un buen rendimiento y disminuir mantenimiento.

Desde el punto de vista Académico, la ejecución del presente trabajo especial de grado posee una gran importancia para la formación profesional, ya que permitirá tener experiencia en el mercado laboral y aplicar los conocimientos adquiridos en la formación académica para la solución de un proyecto de ingeniería real. Si el equipo que se desea diseñar resulta efectivo, rentable, de fácil operación, fabricación y mantenimiento, puede ser modelado por cualquier planta de generación, reduciendo costos para la empresa.

Antecedentes

En 1947 se inician los trabajos preliminares para dar vida a lo que sería el mayor proyecto de generación llevado a cabo en el país hasta la fecha: el complejo termoeléctrico de Arrecifes. Construida en una costa del litoral central, es llamada Arrecifes por sus condiciones geográficas estratégicas. En 1953 se inicia la construcción aplicando un relleno de rocas sobre un lecho coralino ganando 34.700 m² de terreno al mar, para instalar lo que es actualmente la planta Tocoa. En 1960 se amplió este relleno a 62.940 m².

Con más de 40 años de funcionamiento, planta Tocoa es uno de los complejos de generación más importante del país. Posee 12 filtros de partículas sólidas marca Rex, los cuales se encuentran actualmente fuera de servicio. Las fechas aproximadas en que los equipos dejaron de funcionar son:

Tabla 1. Fechas fuera de servicio de filtros de planta Tocoa (Fuente: Autor)

1A	Año 98
1B	24/10/99
2A	Año 98
2B	12/06/00
3A	Año 98
3B	Año 98
4A	Año 97
4B	Año 97
5A	Año 01
5B	25/10/01
6A	Año 02
6B	25/10/01

A continuación se presentan algunas fotos que nos muestran el estado actual de los equipos.



Figura 1. Filtro unidad 6 "A" Tacoa en mantenimiento (Fuente: Tacoa)



Figura 2. Filtro unidad 3 "B" Tacoa (Fuente: Autor)



Figura 3. Filtros unidad 6 (Fuente: Autor)

En la figura 3 se observan los filtros de la unidad 6, que junto a los filtros de la unidad 5 son los que se encuentran en mejor estado, ya que fueron los últimos en salir fuera de servicio, pero no están en operación. Los filtros de las unidades 1 y 2 están bastante oxidados y deteriorados. El filtro A de la unidad 3 ya fue removido. En la figura 2 se observa es estado actual del filtro 3 "B". Todos los filtros actualmente se encuentran bloqueados motivo a la sedimentación de esta tierra por la falta de uso. En la figura 1 se observa la cantidad de tierra que se deposita en las rejillas producto de la sedimentación en el filtro de la unidad 6 en mantenimiento. Las piezas internas y externas están muy oxidadas. Para los filtros de las unidad 3 y 4 esta dañada la estructura que sostiene las cestas, la carcaza esta toda oxidada y rota, y faltan algunas partes. Se necesitan muchos repuestos para poder repararlos, y la empresa que fabricó estos equipos ya no existe.

Existen empresas dedicadas a la fabricación y exportación de estos equipos, pero su costo es muy elevado.

Se plantea realizar un diseño sencillo de fácil operación, bajo mantenimiento y fabricación nacional. Debido a que no hay reportes donde se presente un enfoque de solución como este al problema de los filtros, se estaría permitiendo la realización de un diseño nuevo e innovador.

Planteamiento del problema

En las plantas de generación eléctrica, durante el proceso de producción ininterrumpida de energía eléctrica, cuando el vapor sale de la turbina, ya habiendo entregado toda la entalpía posible, pasa a través del condensador, y mediante la bomba de condensado, es devuelto al ciclo. A medida que el condensado sea más eficiente, es decir, que el vapor alcance más rápido la temperatura de condensación, el vacío que se produce en la turbina será más bajo, aumentando la eficiencia del ciclo, disminuyendo los costos en el consumo de combustible y se mantiene el nivel de producción.

El vacío puede obtenerse de manera deficiente cuando el condensador está sucio por un período de tiempo prolongado, ya que disminuye la transferencia de calor entre el agua y el vapor, evitando que se llegue fácilmente a la temperatura de condensación.

Este ensuciamiento en los condensadores es producto de caracoles, bolsas, palos, y otros desechos provenientes del mar, tapando a lo largo del tiempo los tubos de refrigeración, lo que causa que el gradiente de temperatura entre la entrada y la salida sea mayor, ya que se utiliza menor cantidad de agua para enfriar una cantidad de vapor fija, creando un ambiente propicio para la reproducción de caracoles, tendiendo a realizar mantenimientos mayores en el equipo. Para esto es necesario colocar la unidad a media carga. Entre otras consecuencias que producen estos desechos es la generación de vibraciones y cavitación en las bombas de circulación.

Para evitar esto, se colocan filtros de partículas sólidas de agua salada en la entrada de las bombas de circulación, que se encargan de recolectar todos estos desechos fuera del agua y se evita que entren al condensador. Actualmente, La planta Tocoa posee 12 filtros

marca Rex, y la planta Arrecifes 4 filtros marca Rex, los cuales se encuentran fuera de servicio debido a falta de mantenimiento. Los filtros de las unidades 1 y 2 son de un menor tamaño debido a que las máquinas son de menor potencia. Los filtros de las unidades 1, 2, 3 y 4 se encuentran en muy mal estado. Las cestas están rotas y oxidadas, el eje dañado, ruedas oxidadas y las carcazas oxidadas. Para las unidades 5 y 6 se encuentran en mejor estado, pero no para utilizarlos. Se le debe hacer mantenimiento y cambiar y reparar muchas piezas.

Al realizar mantenimiento a los condensadores se debe colocar la maquina a media carga dependiendo de la producción, perdiendo grandes cantidades de dinero ya que no hay generación. Si no existe un sistema que pare estos desechos, se tienen que realizar paradas semanales para su limpieza.

El costo actual de estos equipos es muy alto. Es por ello que se plantea la necesidad de realizar un diseño de un sistema de filtro de partículas sólidas, de manera de reducir las consecuencias que trae el ensuciamiento del canal y permitiendo a la empresa recuperar una cantidad de dinero que permita en un futuro la compra de los equipos.

El diseño debe ser capaz de:

- Soportar todos los esfuerzos que se produzcan en su tiempo de servicio.
- Mantenimiento reducido.
- Operarse de una manera segura para los operadores que allí elaboran y en general para todo personal que pueda estar en dichas instalaciones.
- Proporcionar un rendimiento constante a lo largo de su vida útil.
- Operar fácilmente.

Alcances

Los filtros de partículas sólidas son de una gran importancia para el proceso de obtención de energía, ya que puede ser un factor que mantenga la producción constante e incremente la eficiencia de la planta. Los alcances que se proponen son los siguientes:

- Realizar un estudio global al problema de los filtros actuales y en el mercado.

- Analizar los aspectos ergonómicos, tecnológicos y de usuarios con el fin de establecer las especificaciones del filtro a ser diseñado.
- Proponer conceptos solución en base a los criterios establecidos.
- Selección de materiales en base a las condiciones de trabajo, carga y ambiente.
- Elaboración de modelo computacional del equipo.
- Elaboración de procedimientos de Operación e Instalación.
- Estimar los costos de fabricación del equipo.

Objetivos

Objetivo General

Diseño de un sistema de filtro de partículas sólidas de agua salada de fácil mantenimiento, uso e instalación, que cumpla con los requerimientos de una planta de generación, Planta Tocoa, estado Vargas, Venezuela.

Objetivos Específicos

- Investigar situación actual de los filtros de las 6 unidades.
- Estudiar diferentes tecnologías de filtros para aplicaciones similares.
- Seleccionar los materiales y los procesos de manufactura que se utilizaran para la fabricación del equipo.
- Determinar el sistema de protección contra la corrosión.
- Determinar las cargas a las que va a estar sometido el sistema de filtro.
- Estudiar los usuarios y los parámetros ergonómicos involucrados en el problema.
- Establecer las especificaciones de diseño.
- Proponer conceptos solución utilizando técnicas creativas.
- Seleccionar un concepto solución en base a los criterios de diseño establecidos.

-
- Verificar que el diseño propuesto soporte las solicitudes a las cuales estará sometido.
 - Elaborar modelo computacional del equipo.
 - Elaborar procedimientos de Instalación, Operación y Mantenimiento.
 - Estimar los costos de fabricación del equipo.

Una vez definido los límites y objetivos de estudio, se procede a recopilar toda la información técnica y teórica que va a ayudar a desarrollar y solucionar el problema.

Capítulo 1

Marco Teórico

En este capítulo se encontrará toda la información teórica para el desarrollo del trabajo. Los puntos a tratar están: filtración, sistemas de filtro de partículas sólidas para agua de condensado, sistema de filtro en la planta y estado actual, determinación de las características de la materia filtrada y el tamaño máximo de las partículas que pueden entrar a la planta para ser filtradas, aspectos metodológicos para la recolección de datos, proceso de diseño, ecuaciones utilizadas para el cálculo de fuerzas y equipo.

Como base principal de la investigación, se procede a definir la filtración como concepto general para luego ir a lo específico, con los equipos de filtrado.

1.1 Filtración

Se define filtración como el proceso de remoción de partículas suspendidas (normalmente suciedad, contaminantes o elementos no deseados), presentes en un flujo de aire o líquido que escurre a través de un medio poroso y es responsable de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de calidad de la aplicación.

Usualmente es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos pero complementarios: transporte y adherencia. El Transporte proviene de un fluido que lleva consigo partículas suspendidas a remover. La adherencia preside de las características de las superficies de las partículas suspendidas. Las partículas se pueden adherir tanto a la superficie filtrante como a partículas previamente retenidas.

A pesar de la basta información e investigación de los mecanismos de la filtración, no se ha podido desarrollar un modelo matemático que describa con exactitud el comportamiento de los diferentes parámetros de operación de los filtros, obligando a determinar los parámetros del proceso de filtración experimentalmente. Por ello es conveniente realizar estudios con prototipos, cuando se quiera conocer el comportamiento de un determinado filtro con una cierta suspensión, ya que cualquier alteración en el medio filtrante significa un cambio en los parámetros del proceso.

Durante el proceso de filtrado, el medio filtrante retiene material hasta obstruir el paso del flujo, lo que obliga a limpiarlos periódicamente.

1.1.1 Factores que influyen en la filtración

Según el Ingeniero Víctor Maldonado (Año 2004) la eficiencia de la filtración está relacionada con las características de la suspensión, del medio filtrante y la calidad del efluente.

1.1.1.1 Características de la suspensión:

La eficiencia de remoción de partículas suspendidas en un medio filtrante está relacionada con las siguientes características de la suspensión:

- Tipo de partículas suspendidas.
- Tamaño de partículas suspendidas.
- Densidad de partículas suspendidas.

Cuanto mayor sea la densidad de las partículas suspendidas, mayor será la eficiencia de remoción de las partículas.

1.1.1.2 Características del medio filtrante:

Entre las características del medio filtrante que influyen en la filtración, destacan:

- Tipo del medio filtrante: El medio filtrante debe seleccionarse de acuerdo con la calidad que se desea para el agua filtrada. Debe tenerse en cuenta la capacidad de retención y la facilidad de lavado.
- Características granulométricas del material filtrante.
- Peso específico del material filtrante.

- Tamaño del filtrante.

1.1.1.3 Calidad del efluente:

La calidad del efluente está relacionada con el uso y la proveniencia del agua o fluido de trabajo. Si se desea un filtrado excelente para unas condiciones de flujo altamente contaminada en partículas, el filtrado deberá ser más riguroso y de baja eficiencia. Pero si se tiene un flujo con partículas moderadas, el filtrado será de mayor eficiencia.

Dependiendo de la aplicación y del tipo de fluido, los filtros poseen diferentes tamaños, desde microscópicos para aplicaciones científicas hasta tamaños grandes para aplicaciones en la industria.

En las plantas de generación a vapor, se utilizan filtros de partículas sólidas para evitar el paso de basura proveniente del lugar de entrada de agua. A continuación se describe su funcionamiento.

1.2 Filtro de Partículas sólidas para Plantas de Generación Eléctrica

El fluido de mayor uso para los procesos de enfriamiento en las centrales eléctricas son ríos, mar abierto o sistemas de suministro por recirculación. Su consumo y la temperatura varían a lo largo del año. El agua es tomada, pasando por el condensador de la turbina, y una vez calentada por el vapor agotado de la turbina, se evacua aguas abajo, a la distancia suficiente para que el agua caliente no se mezcle con el agua fresca refrigerante. La utilización del agua salada de los mares, requiere el empleo de medidas especiales para proteger los equipos y las tuberías contra la corrosión.

El agua, antes de entrar a las bombas de circulación (que se encargan de enviar un caudal fijo al condensador, dependiendo de su capacidad para la refrigeración), pasa por un proceso de remoción de materias y objetos flotantes mediante el uso de rejillas mecánicas rotativas o estáticas que se limpian con máquinas especiales, también llamados filtros de partículas sólidas. El agua pasa a través de finas redes (tamices) o barras provistas de un dispositivo lavador por chorro que las limpian automáticamente cuando están sucias. Es un elemento primordial en el proceso de obtención de energía,

el cual requiere de un sistema estricto de mantenimiento y de protección contra la oxidación de sus partes, ya que es un elemento en contacto constante con agua.

Comercialmente se fabrican dos tipos de sistemas como se mencionó anteriormente: Sistema Rotativo y Sistema Estático, explicados a continuación.

1.2.1 Sistemas de filtros para agua de condensado disponibles en el mercado

Las plantas de generación que requieren agua como sistema de enfriamiento para los condensadores, utilizan un sistema de filtrado para impedir el paso de partículas flotantes y fauna marina de gran tamaño y evitar que se tapen los tubos del condensador. A nivel comercial, se fabrican dos tipos de filtro: el sistema rotativo, que consta de unas pantallas giratorias a través de unos engranajes que las contienen; y el sistema estático, que consiste en un sistema de barras separadas a una distancia tal que evita el paso de materia flotante y por medio de un sistema de agarre de basura, la deposita en una tolva. A continuación se explica detalladamente cada sistema.

1.2.1.1 Sistema Rotativo:

El agua proveniente del canal entra por el centro o por los lados del equipo y atraviesa unas pantallas limpiadoras que giran a una velocidad fija. Las pantallas tienen la forma de una lámina perforada (MESH) con diferentes diámetros dependiendo de la capacidad y aplicación requerida. Las Pantallas retienen pequeñas partículas mientras unas cucharas ubicadas en la parte inferior de cada panel, elevan grandes partículas. Al llegar al nivel superior depositan los escombros en un canal por gravedad y por una turbulencia ligera generada por unos eyectores hasta llegar a un depósito final. La basura que no se elimina regresa al agua para ser removida en el próximo ciclo de limpieza. En la parte superior del equipo se encuentra un piñón principal movido por un eje impulsado que le da el movimiento giratorio a los paneles. Los paneles son movidos a través de una cadena especial para estas aplicaciones. Una estructura rígida que soporta todo el sistema. El cuerpo de los paneles está sellado para eliminar la incrustación de sólidos y evite que la arena entre en las pistas de cadena.

A continuación, en las figura 4 y 5 se muestran dibujos esquemáticos del funcionamiento de los equipos rotativos:

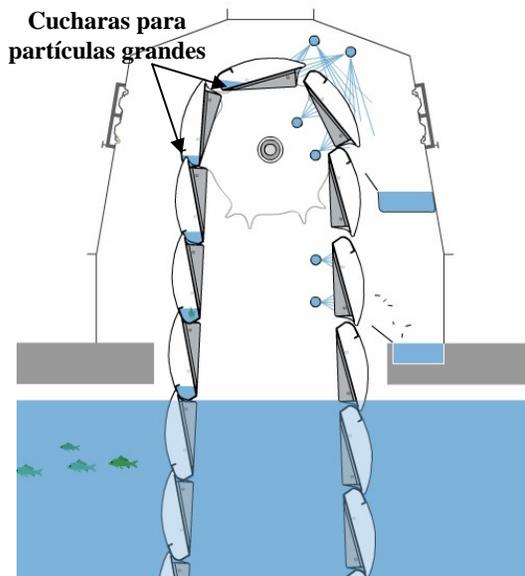


Figura 4. Esquema Filtro Rotativo (Fuente: Bracket Green)

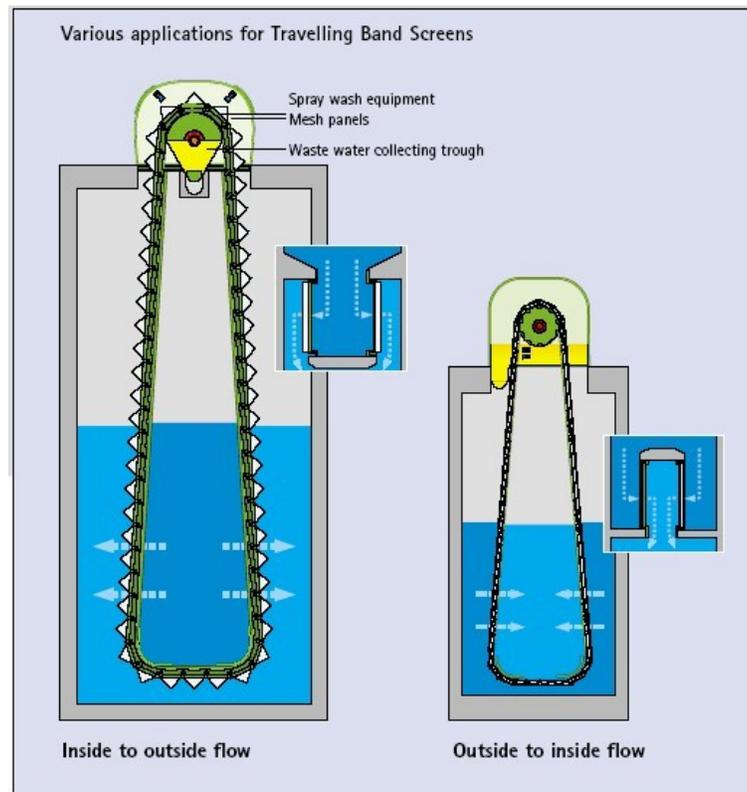


Figura 5. Tipos de entrada de flujo en Filtros rotativos (Fuente: Geiger International)

En la figura 4 se observan las pantallas de filtrado, el piñón principal, los sistemas de agua a presión para la limpieza de las pantallas y las cucharas de limpieza de partículas grandes. En la figura 5 se observa las diferentes entradas del agua al equipo. A continuación se explica el sistema de Filtro Estático.

1.2.1.2 Sistema Estático:

El agua proveniente del canal atraviesa una serie de barras separadas a una distancia establecida por el fabricante de acuerdo a la aplicación, capturando la basura. Se denomina limpieza frontal fija. La basura es removida por múltiples rastrillos ubicados aguas arriba de las barras. Un botón de encendido inicia el ciclo de limpieza. Al iniciar la señal, el rastrillo hace su recorrido al área de barras señalada y para sobre su primer punto de recolección. El agarrador desciende hasta el fondo del de la pantalla recogiendo escombros en sus dientes. Un cilindro cierra el agarrador y se eleva por medio del carrete. La basura es descargada en compartimientos de malla o tolva a través de inyectores, compactadores de tornillo o de lavado. Luego se mueve al segundo punto de recolección continuando su ciclo hasta tener toda el área de la pantalla limpia. No permite enredo de los escombros debido al emparejado exacto del diente al espaciamiento de la barra, y la profundidad de penetración de los dientes entre las barras. Los equipos movilizados están protegidos por láminas. Si el agarrador no puede sumergirse debido a un gran objeto flotante, se cerrará y cesa de bajar, previendo un posible enredo de cables. Ninguna parte móvil se mantiene sumergida. A continuación, en la figura 6 se muestran dibujos esquemáticos del funcionamiento de los equipos estáticos:

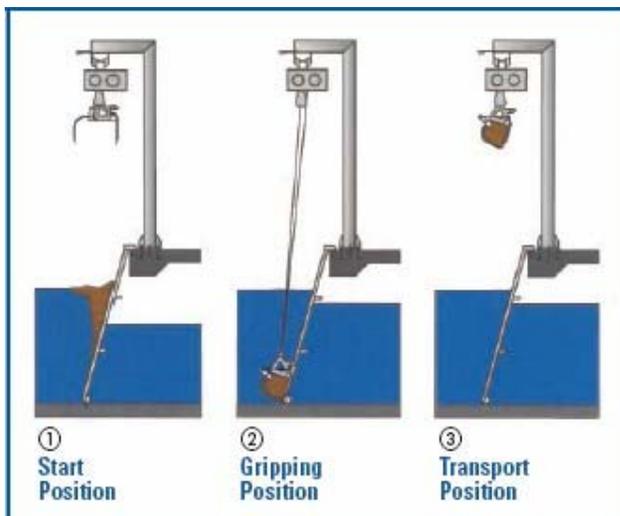
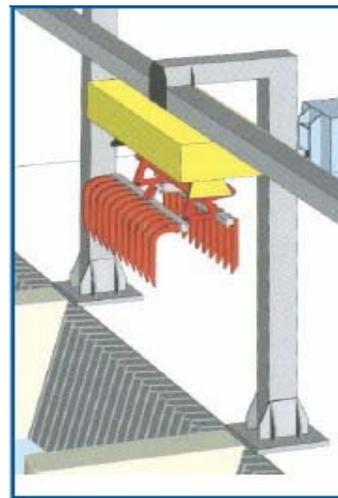


Figura 6. Esquema de Filtros Estáticos
(Fuente: Bracket Green)



En la figura 6 se observa la forma que tiene el rastrillo aguas arriba de las barras de filtrado. También se observa el ciclo de limpieza y la forma de recoger la basura con el rastrillo.

Los filtros que se encuentran en la planta Tocoa son filtros marca Rex, modelo Travelin Water Screens (Se le asigna este nombre a los sistemas rotativos), cuyas características en cuanto a dimensiones de rejilla, estructura, capacidad de agua, velocidad de giro y presión de agua, pueden observarse en la tabla 2.

Tabla 2. Características de los filtros actuales en Planta Tocoa (Fuente: Autor)

	Filtros Tocoa Unid 3,4,5 y 6	Arrecifes	Filtros Tocoa Unid 1 y 2
Rejillas:			
Dimensiones:	0,609m (24") ancho x 3,048m (120") largo	0,609m (24") ancho x 3,048m (120") largo	0,609m (24") ancho x 1,524m (60") largo
Alambre:	Diámetro 0,002 m (0,08")	Diámetro 0,002 m (0,08")	Diámetro 0,002 m (0,08")
Distancia entre alambre:	0,009m (3/8")	0,009m (3/8")	0,009m (3/8")
Velocidad de giro:	0,050 y 0,012 m/s (10 y 2,5 FPM)	0,050 y 0,012 m/s (10 y 2,5 FPM)	0,050 y 0,012 m/s (10 y 2,5 FPM)
Presión agua:	580 KPa (70 psig)	580 KPa (70 psig)	580 KPa (70 psig)
Cantidad agua maxima:	0,015 m ³ /s (247 GPM)	0,015 m ³ /s (247 GPM)	0,015 m ³ /s (247 GPM)
Capacidad:	5,551 m ³ /s (88000 GPM) a 100% limpio	5,551 m ³ /s (88000 GPM) a 100% limpio	1,261 m ³ /s (20000 GPM)
Estructura:			
Profundidad	8,534 m (336")	5,181 m (204")	8,534 m (336")
Largo (Visto frente)	3,404 m (134")	3,404 m (134")	1,282 m (50,5")
Ancho	1,625 m (64")	1,625 m (64")	1,625 m (64")
Alto	2,470 m (97,25")	2,470 m (97,25")	2,470 m (97,25")

Estos equipos se encuentran ubicados antes de la toma de entrada de agua de las bombas de circulación, que son 2 por cada unidad. Se le designa por el número de la unidad y por la letra A y B. Planta Tocoa posee 12 bombas de circulación, cuyas capacidades se observan en la tabla 3, mostrada a continuación:

Tabla 3. Caudales de las bombas de circulación de Planta Tocoa (Fuente: Autor)

	m ³ /s	GPM
#1.A	1,152	18273,800
#1.B	1,152	18273,800
#2.A	1,152	18273,800
#2.B	1,152	18273,800
#3.A	2,150	34081,900
#3.B	2,150	34081,900
#4.A	2,150	34081,900
#4.B	2,150	34081,900
#5.A	2,381	37750,000
#5.B	2,381	37750,000
#6.A	2,381	37750,000
#6.B	2,381	37750,000
Total	22,739	360423,152

Para tener una idea más clara del estado actual de los equipos, vease las figuras 7, 8 y 9.



Figura 7. Filtro unidad 3 “B” Tocoa (Fuente: Autor)



Figura 8. Filtro unidad 4 “A” (Fuente: Autor)



Figura 9. Filtro unidad 4 “A” (Fuente: Autor)

Los filtros de la unidad 5 y 6 son los que se encuentran en mejor estado, ya que fueron los últimos en salir fuera de servicio, pero no están en operación. Los filtros de las unidades 1 y 2 están bastante oxidados y deteriorados. En la figura 6 y 8 se observa que los perfiles de la estructura soporte del filtro B de la unidad 3 se encuentran picados por la corrosión. En la figura 7 se observa que las cestas de filtrado perdieron el soporte, el eje de potencia está picado y oxidado, la carcasa está comida y los spray de limpieza oxidados y tapados. Todos los filtros actualmente se encuentran bloqueados en el fondo, motivo a la sedimentación de la tierra por la falta de uso y de mantenimiento. Las piezas internas y externas están muy oxidadas y bloqueadas entre sí. El aceite que utiliza ciertas partes del equipo está sucio de óxido con pequeñas partículas metálicas. Se han caído y perdido gran cantidad de piezas de los equipos.

Para recuperar las unidades, se requieren piezas específicas que no se encuentran en el almacén, realizar un tratamiento anticorrosivo al equipo completo, aplicar grasa o aceites a partes en contacto de metales, limpieza de la sedimentación en el fondo, sacar el equipo por completo para evaluar las piezas inferiores. Un inconveniente para conseguir repuestos específicos, es que la empresa que fabrica los filtros ya no existe. En el año 2002 se ordenó la reparación de los filtros de las unidades 5 y 6, y su duración fue aproximadamente 1 año por el estado de deterioro del resto de las piezas, perdiendo la inversión. Esto se debe a que la vida útil de los equipos es muy baja y la falta de mantenimiento que se le dejó de hacer.

Para obtener información detallada acerca de estos equipos en cuanto a experiencias e información teórica en la planta y a nivel comercial, se aconseja aplicar los métodos de recolección de información mostrados a continuación.

1.3 Sistema de recolección de datos

Según Carlos Sabino (1992), un instrumento de recolección de datos es un recurso del que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer información. El instrumento resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos y por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados; pero también sintetiza, a través de las técnicas de recolección que emplea, el diseño concreto escogido para el trabajo.

Los datos, según su origen, pueden subdividirse en dos grupos: primarios y secundarios. Los datos primarios son aquellos que el investigador obtiene directamente

de la realidad, recolectándolos con sus propios instrumentos. Los datos secundarios, son registros escritos que proceden también de un contacto con la práctica, pero que ya han sido recogidos y muchas veces procesados por otros investigadores. A continuación se explica detalladamente cada uno de ellos:

1.3.1 Recolección de datos primarios

1.3.1.1 Observación:

Consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que queremos estudiar. Esta puede ser:

Observación científica:

Se define como la apreciación de la realidad exterior con el objetivo de recolectar datos de interés para la investigación.

Observación simple y participante:

La observación simple se refiere al conocimiento de hechos o situaciones que tienen un cierto carácter público, o que por lo menos no pertenecen a las conductas privadas de los individuos. La observación participante implica la necesidad de un trabajo muy cuidadoso, pues el investigador debe integrarse al grupo, comunidad o institución en estudio para ir realizando una doble tarea: desempeñar algunos roles dentro del grupo como un miembro más, a la par que ir almacenando los datos que necesita para el desarrollo de la investigación.

1.3.1.2 La entrevista:

Es una forma específica de interacción social en la que el investigador formula preguntas a las personas capaces de aportarle datos de interés, estableciendo un diálogo peculiar, donde una de las partes busca recoger informaciones y la otra es la fuente de esas informaciones. Son los mismos actores sociales quienes proporcionan los datos relativos a sus conductas, opiniones, deseos, actitudes y expectativas, cosa que es casi imposible de observar desde fuera [Sabino Carlos, El proceso de Investigación, Caracas, 1992]. Se clasifican en:

Entrevistas no estructuradas:

Es aquella en que existe un margen de libertad para formular las preguntas y las respuestas [V. Ander Egg, Ezequiel, Introducción a las Técnicas de Investigación Social, Ed. Humanitas, Buenos Aires, 1972]. No se guían por un cuestionario o modelo, sino que la información fluye con cierto grado de espontaneidad según el tipo de entrevista que se realice.

Entrevistas formalizadas:

La información fluye en base a un listado fijo de preguntas cuyo orden y redacción permanece invariable. Esta lista de preguntas recibe el nombre de cuestionario y se puede aplicar sin que necesariamente medie una entrevista. Debe ser cuidadosamente redactado, evitando preguntas de carácter muy general, confusas o de doble sentido, y tratando de conservar un orden específico.

1.3.2 Recolección de datos secundarios

Es la información obtenida de aquellos autores que previamente han hecho un estudio y plasmado sus resultados en libros, revistas, manuales, etc. Suelen encontrarse muy dispersos, ya que las fuentes escritas que los contienen se encuentran en múltiples archivos y fuentes de información. Entre estas fuentes tenemos: archivos, bibliotecas privadas de organismos e instituciones públicas o privadas, librerías, puestos de ventas de periódicos, Internet, revistas científicas etc.

Una vez aplicados estos métodos de recolección de información, se procede a analizar la información y esquematizarla para definir aspectos que nos van a ayudar a desarrollar el problema planteado.

1.4 Proceso de Diseño

El diseño es un proceso mediante el cual se transforman recursos (Humanos y materiales) en productos o sistemas con el fin de satisfacer una necesidad. (Tablante 1988). El proceso de diseño tiene varios pasos:

- **Formulación del Problema:** Se realiza una descripción breve y general de las características del problema.

- Análisis del Problema: Se realiza una descripción detallada de las características del problema, incluyendo las restricciones.
- Búsqueda de alternativas: Se realiza la creación de posibles conceptos solución que permitirán resolver el problema.
- Evaluación de alternativas: Se evalúan los conceptos solución, basándose en las especificaciones.
- Especificación de la solución seleccionada: Se realiza la definición general del concepto solución ultimando detalles para transformarlo en una solución posible de aplicar que cumpla con las especificaciones del problema.
- Comprobación de la solución: Se verifica que la solución desarrollada resuelva en forma satisfactoria el problema planteado.

Según Otman Tablante (1988), el proceso de diseño se puede resumir en de la siguiente manera:

- Análisis de la Necesidad (estados de entrada y salida):
 - o Estudio de Usuarios.
 - o Estudio Tecnológico.
 - o Estudio Ergonómico.
 - o Desarrollo de especificaciones
- Generación de soluciones:
 - o Tormenta de ideas.
- Evaluación, selección y desarrollo:
 - o Evaluación.
 - o Selección.
 - o Diseño Final: estructura y su cuantificación, forma total, materiales, procesos de fabricación.
 - o Desarrollo del diseño final.
 - o Memoria Técnica y descriptiva.

1.4.1 Estudio de usuarios

Los objetivos que se busca con la investigación de usuarios:

- Identificación de los usuarios que van a estar en contacto con el proceso de diseño, construcción, instalación, mantenimiento y operación del equipo.
- Recopilar información de campo de las personas en contacto con el equipo.
- Definir aspectos ergonómicos en base a la experiencia de los usuarios.
- Definir parámetros de diseño en cuanto a operación y mantenimiento del equipo y cargas a las que va a estar sometida el equipo.

Para la recolección de estos datos se aplica los métodos de recolección de información anteriormente nombrados.

1.4.2 Estudio tecnológico

Tiene por finalidad estudiar las tecnologías existentes similares a las que se esta diseñando. Con el análisis cuidadoso de estas tecnologías se producen mejoras e innovaciones a equipos existentes. Para la recolección de datos de los equipos se recomienda la utilizar la ficha tecnológica, la cual lleva consigo información importante como: fabricante, dimensiones, material, peso, manufactura, funcionamiento, vida, mantenimiento, embalaje, costo, etc.

1.4.3 Estudio Ergonómico

Se refiere a la relación entre el hombre y la máquina. El trabajo manual, la posición del trabajo y la acción de las piernas al momento de realizar un diseño, debe tomarse en cuenta para que los trabajadores no se agoten ni contraigan una tensión muscular, sobre todo en la espalda. La realización de un trabajo físico pesado durante mucho tiempo hace aumentar el ritmo de la respiración y el ritmo cardíaco. Si un trabajador no está en buenas condiciones físicas, es probable que se canse fácilmente al efectuar un trabajo físico pesado. Siempre que sea posible, es útil utilizar energía mecánica para efectuar los trabajos pesados. La energía mecánica disminuye los riesgos para el trabajador y al mismo tiempo proporciona más oportunidades laborales a personas con menos fuerza física.

Existen ciertas condiciones de riesgo agregadas con la fuerza, que han sido estudiados ampliamente por los ergónomos las cuales se ven a continuación:

- Fuerza estática: Generalmente es el desempeño de una tarea en una posición postural durante un tiempo largo. Esta condición es una combinación de fuerza, postura y duración. El grado de riesgo es la proporción combinada de la magnitud y la resistencia externa; lo difícil de la postura es el tiempo y la duración.
- Agarre: El agarre se aplica a herramientas, partes y objetos en el puesto de trabajo durante el desempeño de una tarea.

Estas condiciones ayudan a establecer un tiempo de descanso laboral, para disminuir riesgos laborales.

1.4.4 Especificaciones de diseño

Una vez obtenida la información de los usuarios y equipos, se procede a limitar el diseño de acuerdo a estos datos, definiendo elementos, factores, posibles dimensiones y limitaciones del equipo a diseñar, sin la necesidad que sean definitivos. Entre los puntos a colocar se tiene: Dimensiones, funcionalidad, mantenimiento, vida útil, costo, competencia, facilidad de fabricación, peso, materiales, etc.

1.4.5 Tormenta de ideas

Según Cave (1996) el término "Tormenta de Ideas" se ha convertido en una expresión común para definir el pensamiento creativo. Es una técnica de generación de ideas que estimula un clima en el que surge la creatividad y se producen ideas en relación con un problema determinado. El motivo de esta sesión es simplemente hacer aflorar el mayor número posible de ideas sobre el sitio. Cuanto mayor sea esta, mayor es la probabilidad que aparezca la buena.

La base de la Tormenta de Ideas es una generación de ideas en un ambiente de grupo bajo el principio de la suspensión del juicio o crítica.

1.4.6 Evaluación y selección

Para la evaluación y selección se deben establecer criterios que reflejen todas esas características que se desea lograr con el equipo y que estén dentro de las especificaciones de diseño, de manera que se seleccione un modelo satisfactorio. Para ello se utiliza la matriz de evaluación, que consiste en un cuadro donde se colocan en una columna los criterios, estableciéndoles un valor ponderado de acuerdo a su importancia, del 0 al 20, y en una fila las alternativas de solución, de manera que se le va asignando una puntuación a cada uno y la suma final debe ser la ponderación asignada. Igualmente, la suma de las ponderaciones debe ser 100. Al final se suma el puntaje total, y el que resulte mayor, es el que cumple mejor con las especificaciones de diseño. Las ponderaciones pueden variar de acuerdo al usuario y a la cantidad de criterios a evaluar. La idea es no repetir estas ponderaciones, de manera que los criterios mas importantes resalten en la selección.

1.4.7 Diseño y Desarrollo del diseño final, memoria Técnica y descriptiva

Teniendo el concepto final del modelo, se procede a realizar el diseño y desarrollo final del modelo, optimizando cada una de sus funciones. Según Maria Gudiel (2005), se deben seguir los siguientes pasos:

- Descomposición Funcional (se refiere a dividir el sistema en partes principales, de manera de estudiar independientemente cada una de ellas).
- Definir restricciones espaciales.
- Definir la estructura: forma global, orden, ritmo, color, texturas.
- Configurar los componentes: establecer relaciones entre los mismos (¿cómo se conectan entre sí?, restricciones) y su posición en la estructura global (¿cómo se fijan o conectan a la estructura global?).
- Definir superficies funcionales de cada componente, establecer la división funcional.
- Definir materiales a utilizar de acuerdo al ambiente y solicitudes a las que va a estar sometido.

Luego se procede a realizar un modelo a través de un software computacional que permita la visualización del producto final.

En esta etapa de diseño, se debe estudiar todas aquellas variables externas que generen cargas al modelo planteado (si es requerido) de acuerdo con la aplicación. En este caso, el estudio esta basado en una zona marina, donde se deben tomar en cuenta las siguientes variables.

1.5 Determinación de variables que afectan la colocación del equipo

Dependiendo del lugar de colocación del equipo, se van a generar fuerzas externas que van a afectar las dimensiones y cálculos del diseño. Para el caso de estudio, se va a colocar en una zona que se encuentra mar abierto, presentando un ambiente altamente corrosivo. Dependiendo de la ubicación, la marea puede afectar con mayor o menor gravedad, al igual que la velocidad del agua en estos puntos. Las variables que afectan en la determinación de la colocación del equipo son:

- Cargas de mar: Fuerza que ejerce la marea sobre una superficie.
- Velocidad de succión de bombas centrífugas.
- Corrosión: determinar los efectos que tiene los distintos tipos de atmósferas corrosivas sobre los materiales.
- Cantidad de basura.

1.5.1 Cargas del mar

A continuación se presenta una lista de los principales factores hidráulicos, meteorológicos y topográficos que deben tenerse en cuenta al diseñar en un área sometida a mareas en una costa arenosa:

- Variaciones del nivel del agua debido a mareas y a condiciones meteorológicas.
- Oleaje. Condición de aproximación de las olas.
- Seiches u oscilaciones.
- Corrientes.
- Transporte litoral.

“El oleaje se forma por la acción del viento y viajan por el mar en trenes que contienen olas de diferentes amplitudes y períodos; la longitud del tren y las magnitudes de las olas dependen de la localización y tamaño del Fetch y de la dirección y velocidad de los vientos. El Fetch es el área sobre la cual sopla el viento que genera el tren de olas.

Las olas que llegan a la costa ejercen fuerzas sobre las estructuras que encuentran en su recorrido. Estas estructuras son muros verticales, rompeolas, columnas o cuerpos sumergidos. Para determinar las magnitudes de las fuerzas es necesario tomar en cuenta las condiciones en que se generaron las olas, las pérdidas de energía en su recorrido hasta las estructuras y las modificaciones que sufren por refracción y difracción. Para su estudio las olas se clasifican en *Olas de pequeña amplitud* y *Olas de amplitud finita*. Las primeras representan alteraciones pequeñas en la superficie del agua y no ocasionan problemas notables a las estructuras localizadas en alta mar o en la costa. Las olas de amplitud finita son las olas que interesan en los diseños de puertos, estructuras marinas y obras de protección de playas” (R. Reinalda. International Journal on Public Works, Ports and Waterways Development. International Association of Dredging Companies. No. 12/13. Enero 1977. Traducido por: Gustavo Silva, Bogota, Colombia).

“Cuando la ola está en mar profundo, la rugosidad del fondo no afecta su comportamiento, pero a medida que entra al mar poco profundo la longitud de la ola tiende a disminuir y la Altura a aumentar por efecto de la fricción de la masa de agua con el fondo. A medida que los frentes de onda se dirigen hacia la costa van entrando en zonas de mar medianamente profundo y de mar poco profundo. En estas zonas las irregularidades del fondo afectan las velocidades de las olas.

Cuando la profundidad del agua a lo largo de un frente de ola no es constante existen partes de este frente que viajan más rápido; en estas condiciones se presenta el fenómeno de Refracción por medio del cual el frente de ola deja de ser recto y se modifica de acuerdo con la configuración de los contornos geométricos del fondo. También se modifican la amplitud y la longitud de la ola. Al alcanzar la costa las olas cambian de dirección, disminuye su velocidad, y se transforman, debido a la topografía marina, principalmente a la reducción de la lámina de agua. Cuando la profundidad es inferior a la mitad de la longitud de onda se producen tres fenómenos: el de refracción, el de reflexión y el de difracción. La refracción se produce cuando las crestas de las olas se orientan en paralelo a las isobatas. Las olas rompen, prácticamente, en paralelo a la línea de la costa. La reflexión se produce cuando la ola se topa con un obstáculo. La

difracción se produce cuando la ola se topa con un obstáculo que parte la cresta de ola (cabo, isla) y que provoca la divergencia ortogonal de la cresta de la ola. En este caso se atenúa las ondas, debido a la disipación de la energía. Cuando en el oleaje se equilibran las fuerzas desarrolladas por los oleajes oblicuos, lo llamamos oleaje medio". (Cifuentes Juan Luis, Frías Marcela. El océano y sus recursos III, México 1986)

1.5.2 Bombas Centrífugas

Una bomba centrífuga es una turbomáquina generadora, que consiste en un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una cubierta o carcasa que imparten energía al fluido por fuerza centrífuga.

El elemento rotativo de una bomba centrífuga se denomina impulsor o rodete. La forma del impulsor puede forzar al fluido de trabajo a salir en un plano perpendicular a su eje (flujo radial); puede dar al agua una velocidad con componentes tanto axial como radial (flujo mixto) o puede inducir un flujo en espiral en cilindros coaxiales según la dirección del eje (flujo axial). Normalmente, a las máquinas con flujo radial o mixto se les denomina bombas centrífugas, mientras a las de flujo axial se las llama bombas de flujo axial o bombas de hélice.

Es necesario emplear una disposición apropiada de las tuberías de aspiración y descarga para que una bomba centrífuga funcione con su máximo rendimiento. Por motivos económicos, el diámetro de la cubierta de la bomba en la aspiración y descarga suele ser menor que el del tubo al cual se conecta. Las tuberías de aspiración que toman agua de un depósito suelen tener un filtro para prevenir la entrada de partículas que pudieran atascar la bomba.

Una de sus amplias aplicaciones en la Industria de Generación es la bomba de Agua de Refrigeración, la cual envía al condensador el agua necesaria para que se realice la condensación del vapor proveniente de la turbina. En las centrales a vapor modernas se utilizan bombas de Tipo centrífuga axial, de construcción vertical, de un solo rodete. Esta agua proviene de algún depósito grande de agua como el mar, lago, etc. La altura de presión es relativamente pequeña (de 3 a 12 m), con lo que se pueden alcanzar elevados rendimientos, del orden 0.85 a 0.9. Suelen montarse directamente bajo la caja de agua del condensador, en el sótano de la sala de turbinas (Enciclopedia CEAC de Electricidad 1977).

Para calcular la velocidad de succión de la bomba, debemos conocer la capacidad de la bomba y el diámetro de la tubería de succión, obtenemos el área de succión y se aplica la ecuación de continuidad, despejando la Velocidad:

$$Q = V \cdot A \Rightarrow V = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Para el cálculo de la fuerza que ejerce esta succión, se aplica la ecuación de Cantidad de Movimiento, tomando en cuenta la densidad del medio, velocidad de succión, y el área de aplicación de la fuerza:

$$F = \dot{m} \cdot V = \rho \cdot V^2 \cdot A \quad (2)$$

1.5.3 Corrosión Atmosférica

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas.

Uno de los factores que determina la intensidad del fenómeno corrosivo en la atmósfera es la composición química del ambiente. El dióxido de azufre (SO₂) y el Cloruro de Sodio (NaCl) son los agentes corrosivos principales de la atmósfera. El NaCl proviene del mar. La contaminación atmosférica depende de la presencia de industrias y núcleos de población, siendo el contaminante principal el dióxido de azufre (SO₂), proveniente del empleo de combustibles sólidos y líquidos que contienen azufre.

El mecanismo de corrosión es de naturaleza electroquímica. El electrolito es una capa de humedad sobre la superficie del metal cuyo espesor varía desde capas casi invisibles, hasta capas que humedecen el metal. Su duración depende del tiempo durante el cual la capa de humedad permanece sobre la superficie metálica. Presenta un proceso anódico y otro catódico, con un electrolito de resistencia óhmica determinada. En el proceso anódico el metal se disuelve en la capa del electrolito, en la cual la concentración se eleva hasta la precipitación de un compuesto poco soluble. En el proceso catódico, bajo la capa de humedad, la mayoría de los metales expuestos a la atmósfera se corroen por el proceso de reducción de oxígeno.

La agresividad de un agua depende de su capacidad para conducir la corriente eléctrica. En el agua de mar; cuya conductividad es muy alta por la gran cantidad de iones presentes, la actividad de los procesos de corrosión es tan alta, que en lapsos muy

cortos se pueden originar fenómenos muy graves. El agua de mar, en la proximidad de las costas, puertos y lagunas costeras puede estar muy contaminada.

1.5.3.1 Clasificación de la corrosión Atmosférica:

Según la NACE (1975), la corrosión se clasifica en:

- Corrosión General o Uniforme: En este tipo, las capas superficiales del metal se convierten en el producto de la corrosión de una manera tal que el espesor de la sección va disminuido uniformemente.
- Corrosión por picaduras: el metal no se corroe uniformemente, se producen hoyos en distintos puntos de la superficie, los cuales se van haciendo más profundos a medida que pasa el tiempo.
- Corrosión Intergranular: la segregación de algunos de los componentes o de las impurezas de una aleación ocurre en el grano o en el límite del cristal del material, creando una diferencia de potencial, acelerando el proceso de corrosión. Actúa como grietas en el metal.
- Corrosión de Agrietamiento por Esfuerzos: bajo ciertas condiciones, las aleaciones sometidas a altos esfuerzos son susceptibles a empezar corrosión en la superficie y se propaga en toda la estructura en forma de grieta.
- Corrosión por Fatiga: Un metal sometido a esfuerzos cíclicos disminuye la resistencia a la corrosión, disminuyendo el tiempo de vida por fatiga del material. Se producen picaduras, hoyos o muecas en la superficie del metal iniciando grietas por fatiga.
- Corrosión por grietas: retención de humedad y contaminantes de la atmósfera acelera la corrosión en pequeñas grietas en las superficies expuesta del material.

1.5.3.2 Tipos de Corrosión Atmosférica:

La atmósfera varía mucho con respecto a la humedad, temperatura y contaminantes, por lo que las velocidades de la corrosión atmosférica cambian de unas partes a otras. Al acercarnos a la costa, el aire está cargado con grandes cantidades de sales (NaCl). En zonas industriales se encuentran cantidades apreciables de SO₂, que se convierte en ácido sulfúrico y cantidades menores de SH₂, NH₃, NO₂ y diversas sales en suspensión. Un metal resistente en una atmósfera determinada puede perder efectividad

en otro lugar, debido a que las características relativas de los metales pueden cambiar con la atmósfera. (Corrosión y Control de Corrosión 1963) Debido a este comportamiento, las atmósferas se clasifican en diferentes tipos:

- Industrial: caracterizado por la contaminación principal de compuestos de sulfuro. El dióxido de azufre proveniente de la quema de carbón, combustión del fuel oil y gasolina u otros combustibles fósiles son tomados por la humedad en partículas de polvo formando ácido sulfuro. Esto produce una película ácida mojada altamente corrosiva en las superficies expuestas.
- Marina: lleva consigo partículas finas de la sal del mar arrastradas por el viento y se instalan en las superficies expuestas a esa intemperie. Estas sustancias combinadas con la humedad condensada inician la corrosión por formación de pilas galvánicas, formando electrolitos sobre la superficie del metal. En Kure Beach, North Carolina, Estados Unidos, muestras de acero colocadas a 25 m del mar, donde con frecuencia resultaban rociadas por salpicaduras de agua salada, se corroyeron 12 veces más rápido que muestras similares colocadas a 250 metros del mar. Se ha encontrado que los valores experimentales de humedad de relativa crítica en ambientes marinos están comprendidos entre 50 y 70% para el acero, cobre, níquel y cinc.
- Rural: Esta atmósfera se caracteriza por tener polvos orgánicos e inorgánicos. Su principal constituyente corrosivo es la humedad y gases como oxígeno y Dióxido de carbono.

1.5.3.3 Selección de Materiales resistentes a la corrosión:

Según la NAVFAC (Naval Facilities Engineering Command's USA) La resistencia a la corrosión así como la fuerza, ductilidad, fabricación, disponibilidad y costo son factores que deben ser considerados en la selección de materiales. Los datos de las propiedades de los materiales, basados en los análisis en las pruebas de corrosión debe ser integrado cuidadosamente en el proceso del diseño. Solamente con la comprensión del tipo y la cantidad de corrosión que podría ocurrir en un lugar específico, se puede evitar en gran cantidad las fallas y reducir costos en el sistema.

La selección material se realiza a menudo solamente hacia el final del proceso del diseño. En algunos casos, debido a la disponibilidad del material, problemas de

fabricación, la solución mas viable es la de cambiar el material sin cambiar el diseño, pero trae como resultado un diseño menos optimo ya que cambian las propiedades del material y los requerimientos de aplicación.

En muchos casos es apropiado identificar aquellos materiales que tienen buena resistencia a la corrosión para una aplicación en específico, y luego diseñar en base a las propiedades y disponibilidad de los materiales. Igualmente se debe seleccionar aquellos que sean adecuados para un tiempo de vida aceptable, y cuyo desgaste sea insignificante en ese lapso de tiempo.

Es muy importante utilizar los datos de corrosión de los materiales, ya que se puede predecir la cantidad y distribución de la corrosión que podría ocurrir en un componente de alguna aplicación.

La velocidad del ambiente juega un rol importante en la reacción de la corrosión. Al incrementar la velocidad del flujo, incrementa la velocidad de corrosión y viceversa. A continuación se muestra una tabla que muestra el efecto de la corrosión con agua de mar.

Tabla 4. Rata de corrosión para diferentes velocidades de agua de mar en diferentes materiales (Fuente: Corrosion Engineering 1967)

Material	Rata de corrosión en mm/año		
	0,30 m/s	1,22 m/s	8,23 m/s
Acero al Carbono	0,1580	0,3347	1,1810
Hierro fundido	0,2092	-	1,2554
Latón Admiralty	0,0086	0,0861	0,7325
Acero inoxidable 316	0,0046	0	< 0,0046
Titanio	0	0	0

En el Apéndice A se muestra una tabla de materiales de buena resistencia a la corrosión, especificando descripción, usos, propiedades físicas y mecánicas, costo, tasa de corrosión y disponibilidad en mercado venezolano, que se debe tomar en cuenta durante el proceso de selección de materiales.

Se observa que de la tabla 4 la rata de corrosión para el acero y otros metales es muy alta. Es por ello que se debe recurrir a la aplicación de recubrimientos especiales para protegerlos de ambientes corrosivos. En estos tenemos:

- **Galvanizado:** El zinc se aplica a las superficies metálicas sumergiéndolas en un baño de zinc fundido, por electrodeposición, o por atomización o pulverización del metal. El costo varía con el carácter de los artículos revestidos. Los artículos,

después de ser bien limpiados se sumergen en un baño de zinc fundido. El baño tiene que mantenerse a una temperatura un poco más alta que el punto de fusión del zinc, con lo cual se consume una gran cantidad de combustible y se produce además una pérdida considerable de zinc (aproximadamente 10%). La porción de la superficie del zinc a través de la cual entra en el baño el material que va a recubrirse, debe mantenerse cubierta con un fundente; el cloruro de amonio y el cloruro de zinc se utilizan mucho para esto. Un recubrimiento de 305 g/m² de superficie expuesta se considera muy adecuado para la mayoría de las condiciones de servicio. Por otra parte los recubrimientos de metales que no son catódicos respecto al hierro y al acero (por ejemplo, el níquel, el acero inoxidable, el cobre, el estaño o el plomo) deben estar tan exentos de poros como sea posible, ya que el metal base sería atacado a través de los poros del recubrimiento. Las capas atomizadas de zinc o aluminio varían desde 0,0254 a quizá 0,38 mm (0,001 a 0,015 pulgadas) de espesor, dependiendo de la severidad de la exposición. Las características porosas de las capas atomizadas proporcionan una base excelente para la aplicación de pinturas, barnices y otros medios de protección contra la corrosión o inhibidores de esta. El proceso es particularmente útil para revestir grandes estructuras ensambladas, como puentes, torres, tanques de almacenamiento y compuertas de canales (Manual del Ingeniero Mecánico año 2000).

Según la Norma ASTM para galvanizado en Caliente para estructuras sometidas a ambientes marinos, se recomienda una capa de 1.905 mm de espesor (75 mils (milésimas de pulgadas)).

- **Recubrimientos:** son pinturas industriales de origen orgánico que aíslan al material del ambiente corrosivo. La desventaja es su corto tiempo de vida, obligando al usuario a realizar un trabajo de pintura en períodos de tiempo específicos. Existen varios tipos de recubrimiento:
 - o Recubrimientos Epóxicos: En términos generales el nivel de adherencia, dureza, flexibilidad y resistencia a los medios corrosivos de los recubrimientos epóxicos no han sido superados por ningún otro tipo de los recubrimientos actuales. Puede aplicarse sobre superficies de concreto, metálicas, galvanizadas o inorgánicas de zinc; presenta una excepcional resistencia a medios alcalinos y buena resistencia a los medios ácidos; soporta salpicaduras, escurrimientos e inmersiones continuas de la mayoría

de los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, etc. Presenta un alto grado de impermeabilidad permaneciendo inalterable ante la exposición o inmersión en agua dulce, salada y vapor de agua. Estas características no las adquiere por si solo, requiere de un agente de polimerización o entrecruzamiento denominado catalizador, el cual usualmente esta constituido por una solución de resinas amínicas o poliamidicas. Su principal limitación considera la formación de un caléo superficial sin menoscabo a sus propiedades de película, así como su alto costo relativo; además, a largo plazo tiende a fragilizarse. A corto plazo alcanza a desarrollar una superficie lisa y muy continua, la cual puede presentar problemas de adherencia durante el repintado o mantenimiento, requiriendo un mordentado.

- Recubrimientos Antivegetativos: Es un recubrimiento desarrollado para prevenir el crecimiento de organismos marinos en superficies sumergidas por largos periodos. En su formulación se incluyen resinas vinílicas, brea, cobre o tóxicos órgano-metálicos que permiten esta acción de inhibición. Este recubrimiento requiere una formulación cuidadosa a fin de que el tóxico abandone el recubrimiento pausadamente en cantidad suficiente para inhibir el crecimiento de organismos marinos.

Un ejemplo de estos recubrimientos tenemos:

- Recubrimiento de Alquitrán de Hulla (Brea, Coal-Tar) modificado con Resinas Epóxicas y Poliamida. Combinación de propiedades de la Brea (impermeabilidad, resistencia mecánica) y de las Resinas Epóxicas (Resistencia Química, Propiedades Mecánicas) lo convierten en uno de los productos de mayor uso en la protección contra la corrosión, abrasión y los daños por agentes químicos. Excepcional para tuberías, tanques y estructuras o superficies sujetas a inmersión en agua dulce o salada, así como a petróleo y sus derivados. Facilita de aplicación con obtención de los altos espesores (high build) de amplio uso en obras Hidroeléctricas, Refinerías, Siderúrgicas, Plantas de Tratamiento de aguas limpias o negras. Rendimiento teórico (mínimo): 114 m²/Gal a 1,0 mils (Venezolana de Pinturas).
- Pintura anti-incrustante (antifouling), resistente a la adherencia de microorganismos en aguas tropicales durante un lapso de 24 meses, rendimiento teórico (mínimo): 60 m²/Gal a 1 mils (Venezolana de Pinturas).

Otro método de protección contra la corrosión es el la protección catódica. Es un método electroquímico cada vez más utilizado hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión, transportando un gran cátodo a una estructura metálica, ya sea que se encuentre enterrada o sumergida. Para este fin será necesaria la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente suministrada por un transformador-rectificador de corriente. El mecanismo, consecuentemente implicará una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función.

Como la corrosión es un fenómeno de penetración, es necesario considerar un espesor permisible (CA) debido a la reducción del espesor al diseñar tuberías, recipientes a presión, tanques, estructuras, etc. En general este espesor es el doble de lo estimado. Así por ejemplo, si la vida estimada que se requiere para un tanque es de 10 años y la corrosión que se espera en ese servicio es de 1/8 de pulgada, el tanque se debería diseñar con espesor de 1/4 de pulgada. A continuación de muestra una tabla que relaciona la velocidad de la corrosión del medio (mm-yr) y el correspondiente CA (Corrosión y Control de Corrosión 1963).

Tabla 5. Espesores de pared recomendado en relación a la rata de corrosión (Fuente: Corrosión y Control de Corrosión)

Rata de Corrosión (mm/yr)	Grado de Corrosividad	CA Permisible (mm)	CA Permisible (pulg.)
0,00 a 0,10	No corrosivo	1,5	1/16
0,11 a 0,30	Ataque ligero	3,0	1/8
0,31 a 0,40	Ataque Mediano	4,5	3/16
0,41 a 0,60	Ataque severo	6,0	1/4

1.5.4 Basura

Según la norma COVENIN 2002 “Criterios y Acciones Mínimas para la Construcción” se tiene que para sistemas de recolección de basura, se debe diseñar en base a 700 Kg/m³ de basura.

Completadas las especificaciones de diseño, se procede a realizar los cálculos que van a establecer dimensiones y material de todos aquellos elementos que lo requieran, e ir dando forma definida al diseño planteado.

1.6 Cálculo de Elementos de Máquinas

A continuación se muestran los cálculos de aquellos elementos que están presente en la transmisión de potencia, tales como: Eje de potencia, concentradores de esfuerzos, uniones, cables de acero e impulsos de cadena.

1.6.1. Diseño de eje

Robert Mott (1992) sugiere un procedimiento para cálculo de eje:

- 1- Determinar la velocidad de eje o flecha.
- 2- Calcular la potencia o torque que va a transmitir el eje.
- 3- Determinar el diseño de los componentes transmisores de potencia.
- 4- Precisar la ubicación de los cojinetes en los que se apoyará el eje.
- 5- Calcular las fuerzas que ejercen acción sobre el eje, tanto radial como axialmente.
- 6- Calcular las reacciones de todos los cojinetes de soporte en cada plano.
- 7- Elaborar las gráficas completas de fuerzas de corte y momento de flexión para determinar la distribución de los momentos de flexión sobre el eje.
- 8- Elegir el material con que se va a fabricar el eje y especificar su condición.
- 9- Calcular una tensión de diseño adecuada, considerando la manera en que se aplica la carga.
- 10- Analizar cada punto crítico del eje para determinar el diámetro mínimo aceptable del eje para verificar la seguridad bajo la aplicación de carga en cada punto.
- 11- Especificar las dimensiones finales para cada punto en el eje

Para el cálculo de las fuerzas que ejercen los elementos de maquinaria como engranajes, poleas y otros sobre flechas o ejes, plantea las siguientes ecuaciones:

Ruedas dentadas:

$$T = 63000 \frac{P}{n} \quad (3)$$

$$W_t = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)} \quad (4)$$

$$W_r = W_t \tan \phi \quad (5)$$

Ruedas o poleas de cadena:

$$F_c = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)} \quad (6)$$

$$F_{cx} = F_c \cos \theta \quad (7)$$

$$F_{cy} = F_c \sin \theta \quad (8)$$

Poleas en banda plana:

$$F_B = 2F_N = 2 \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)} \quad (9)$$

Para montar y ubicar en forma correcta los distintos tipos de elementos mecánicos en los ejes, por lo regular, el diseño final incluye varios diámetros, cuñeros, ranuras para anillos y otras discontinuidades geométricas que dan lugar a concentraciones de tensión o esfuerzos.

Los tipos de discontinuidades geométricas que se encuentran con más regularidad en ejes que transmiten potencia son: cuñeros, chaflanes de hombros y ranuras para anillos de sujeción. Cada uno posee un valor de concentración de esfuerzo K_t diferente.

- **Cuñeros:** consiste en una ranura longitudinal que se corta en un eje o una flecha para montar una cuña, ello permite transferir torque a través del eje hacia un elemento que transmite potencia o viceversa. Los valores de diseño que por lo regular se utilizan son:

$$K_t = 2,0 \text{ (Perfil)}$$

$$K_t = 1,6 \text{ (De corredera o rastra)}$$

- **Chaflanes de hombros:** Cuando en un eje se presentan cambios de diámetro para producir un hombro contra el cual se coloca un elemento mecánico, se genera una concentración de tensión que depende de la relación entre los diámetros y del diámetro del chaflán. Se sugiere que el diámetro del chaflán sea lo más grande posible para minimizar la concentración de tensión; sin embargo, a veces el diseño del engrane, el cojinete u otro elemento afecta el radio que

puede utilizarse para fines de diseño. Los chaflanes se clasificarán de acuerdo con dos categorías: con bordes cortantes y con bordes redondeados. Para el diseño de flexión utilizaremos los valores siguientes:

$$K_t = 2,5 \text{ (Chaflán con bordes cortantes)}$$

$$K_t = 1,5 \text{ (Chaflán bien redondeado)}$$

- **Ranura para anillos de sujeción:** Los anillos de sujeción se utilizan en muchos tipos de aplicaciones en los ejes. Los anillos se colocan en ranuras que se hacen en las flechas o ejes, después que se ubica en su lugar el elemento que se va a sujetar. La geometría de la ranura la establece el fabricante del anillo. Su configuración común es ranura hueca con los bordes de las paredes rectas al igual que su fondo y un chaflán pequeño en la base de la ranura. Se puede obtener una idea aproximada del comportamiento de la flecha en el área que circunda la ranura si se considera dos hombros con chaflán de bordes cortantes colocados casi juntos. En consecuencia, el factor de concentración de concentración o esfuerzo para una ranura es alto. Cuando existe flexión, utilizaremos $K_t = 3,0$ para diseño preliminar como factor estimado que considera los chaflanes y la reducción en diámetro para calcular el diámetro nominal del eje o flecha antes de correr la ranura.

1.6.2. Cálculo de diámetros del eje

La potencia que transmite el motor genera torsión y las fuerzas transversales en los elementos generan flexión. Las ecuaciones para el cálculo de diámetros de ejes que abarcan todos los casos posibles de fatiga en ejes de potencia son:

- Para Tresca Goodman

$$d = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{K_f M}{S_e} \right)^2 + \left(\frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (10)$$

Si es Tresca con Soderberg, cambia S_{ut} a S_y

- Para Von Mises y Goodman

$$d = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{K_f M}{S_e} \right) + \left(\frac{\sqrt{3} T_m}{S_{ut}} \right) \right]} \quad (11)$$

Si es Von Mises y Soderberg, cambia S_{ut} a S_y

El cálculo de S_e realiza mediante el método especificado en el libro “Diseño de elementos de Máquinas” por Robert Shigley 5ta Edición. Para los valores de S_y y S_{ut} , se anexan las siguientes tablas de propiedades de materiales ferrosos y no ferrosos. (B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid, “Elementos de Máquinas”, McGraw Hill 2000)

Tabla 6. Propiedades de los materiales Ferrosos (Fuente: B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid)

Material	Densidad ³ kg/m	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m-°C]	Coef. de dilatación ⁻¹ (°C) ⁻¹ 10 ⁶
Fundición	7870	207	130	260	45	0.29	80	11.8
Fundición gris	7150	variable	---	125	--	variable	46	10.8
Fundición nodular	7120	165	275	415	18	0.28	33	11.8
Fundición maleable	7200	172	220	345	10	0.26	51	11.9
Acero AISI 1020	7860	207	295	395	37	0.30	52	11.7
Acero AISI 1040	7850	207	350	520	30	0.30	52	11.3
Acero AISI 1080	7840	207	380	615	25	0.30	48	11.0
Acero AISI 446	7500	200	345	552	20	0.30	21	10.4
Acero AISI 316	800	193	207	552	60	0.30	16	16.0
Acero AISI 410	7800	200	275	483	30	0.30	25	9.9

Tabla 7. Propiedades de los materiales Ferrosos (Fuente: B.J. Hamrock, B. Jacobson y S.R. Schmid)

Material	Densidad kg/m ³	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m- °C]	Coef. de dilatación (°C) ⁻¹ 10 ⁻⁶
Aluminio puro	2710	69	17	55	25	0.33	231	23.6
Aluminio (aleación)	2800	72	97	186	18	0.33	192	22.5
Cobre puro	8940	110	69	220	45	0.35	398	16.5
Latón (70 Cu-30Zn)	8530	110	75	303	68	0.35	120	20.0
Bronce (90Cu-Sn)	8800	110	152	380	70	0.35	62	18.2
Magnesio puro	1740	45	41	165	14	0.29	122	27.0
Molibdeno puro	10220	324	565	655	35	--	142	4.9
Níquel	8900	207	138	483	40	0.31	80	13.3
Plata	10490	76	55	125	48	0.37	418	19.0
Titanio	4510	107	240	330	30	0.34	17	9.0

Quando el en eje solo actúan Fuerzas de corte, se utiliza la siguiente ecuación

$$d = \sqrt{\frac{16T}{\pi 0,577S_y}} \quad (12)$$

1.6.3. Cuñas de Unión

Una cuña de unión es un componente de maquinaria que se coloca en la interfase entre el eje y la maza de una pieza que transmite potencia con el fin de transmitir torque. La cuña es desmontable para facilitar el ensamblaje y desarmado del sistema de eje. Se instala dentro de una ranura axial que se maquina en el eje, la cual se denomina cuñero. A una ranura similar en la maza de la pieza que transmite potencia se le da el nombre de asiento de la cuña, si bien, propiamente, es también un cuñero. Por lo regular la cuña se instala primero en el cuñero del eje, luego el cuñero del eje se alinea con la cuña y la maza se desliza hasta quedar en su sitio (Robert Mott 1992). Las dimensiones recomendadas para un tamaño nominal del eje son:

Tabla 8. Tamaño de la cuña vs tamaño del Eje (Fuente: Robert Mott)

Diámetro nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
		Altura, H		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, W	Cuadrada	Rectangular
22,05 mm (3 3/4")	114,3 mm (4 1/2")	25,4 mm (1")	25,4 mm (1")	19,05 mm (3/4")
114,3 mm (4 1/2")	139,7 mm (5 1/2")	31,75 mm (1 1/4")	31,75 mm (1 1/4")	22,22 mm (7/8")
139,7 mm (5 1/2")	165,1 mm (6 1/2")	38,1 mm (1 1/2")	38,1 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")
165,1 mm (6 1/2")	190,5 mm (7 1/2")	44,45 mm (1 3/4")	44,45 mm (1 3/4")	38,1 mm (1 1/2")
190,5 mm (7 1/2")	228,6 mm (9")	50,8 mm (2")	50,8 mm (2")	38,1 mm (1 1/2")

Para el cálculo de la longitud de la cuña:

$$L = \frac{4TN}{DWSy} \quad (13)$$

Donde:

N = 3 para aplicaciones comerciales.

W ; Espesor de cuña (pulg)

T ; Torque aplicado (lbs.pulg)

D ; Diámetro del eje (pulg)

Sy ; esfuerzo de fluencia (psi)

1.6.4. Impulsores de Cadena

Según Robert Mott (1992) se recomienda al momento de diseñar impulsores de cadena:

- El número mínimo de dientes en una rueda dentada debe ser de 17 a menos que el impulsor este trabajando a una velocidad muy baja.
- La distancia central entre ejes debe estar entre 30 y 50 veces el paso de la cadena.
- La longitud de la cadena deberá ser un múltiplo completo del paso, y se recomienda un número par de paso.

Para el cálculo de la Longitud de la cadena:

$$L = 2C + \frac{N2 + N1}{2} + \frac{(N2 - N1)^2}{4\pi^2 C} \quad (14)$$

Para la distancia entre ejes:

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N2 + N1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N2 + N1}{2} \right]^2 - \frac{8(N2 - N1)}{4\pi^2}} \right] \quad (15)$$

Para el diámetro de paso de una rueda dentada de N dientes:

$$L = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N}\right)} \quad (16)$$

Donde:

N1: Número de dientes del Piñón.

N2: Número de dientes de a corona.

1.6.5. Cable de Acero

El cable de acero consta de tres partes móviles cuidadosamente diseñadas, que funcionan unidas para crear fuerza, resistencia a la abrasión, al aplastamiento, deformación y a la fatiga por flexión.

En el centro del cable, se encuentra el alma. Esta puede ser de fibra o de acero. Los cables con almas de fibra son más elásticos y flexibles, mientras que los cables con almas metálicas son más fuertes y resistentes al aplastamiento.

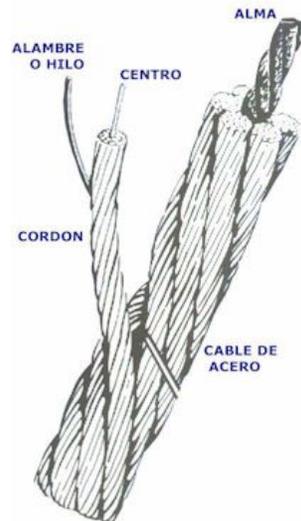


Figura 10. Esquema de cable de acero (Fuente: Brivensa)

El alma de un cable se halla revestida de cierto número de cordones o torones y cada uno de éstos a su vez constan de varios alambres o hilos. Los alambres de cada cordón son arrollados en espiral alrededor del alma, la cual normalmente es de acero, pero también puede ser de fibra.

Cada alambre o hilo y cada cordón es arrollado al cable en forma de espiral con el fin de evitar la separación de los cordones y alambres. Este procedimiento es conocido como la preformación de un cable de acero.

Al describir la construcción del cable de acero, se habla del número de cordones y el número de hilos o alambres en cada cordón. Por lo tanto, 6 x 25 simplemente significa que el cable tiene seis cordones, cada uno consta de 25 hilos o alambres.

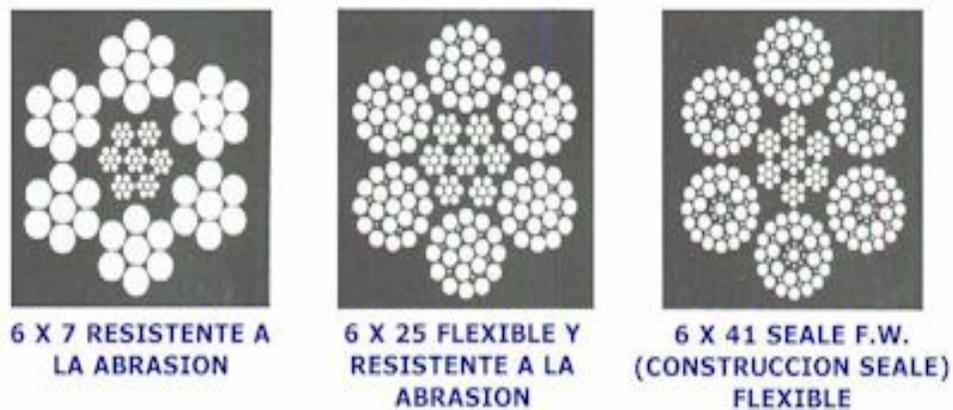


Figura 11. Tipos y formas de cables de acero (Fuente: Brivensa)

El diámetro correcto del cable de acero se determina por las ranuras de las poleas y los tambores. La perforación de los cables y cordones elimina cualquier tensión interna en el cable y, por consiguiente, aumenta la flexibilidad y la resistencia a la fatiga por flexión. Un cable de cualquier diámetro en particular es más flexible mientras más hilos tenga; por el contrario, al tener menos hilos para un diámetro dado, más gruesos serán estos, ofreciendo mayor resistencia a la abrasión a expensa de la flexibilidad.

Al realizar enrollamientos de cables en tambores y posiciones de anclaje, si el sentido de torcido de los cordones no es adecuado, la tendencia del cable a destorcerse hará que al enrollarse sobre el tambor, las vueltas sucesivas tiendan a separarse y el enrollamiento del cable sea irregular. Este, a su vez, causa un aflojamiento de los cordones en el cable cerca del anclaje en el tambor, poniéndose el cable más blando en este sector, permitiendo un movimiento de los alambres, resultando con deformaciones, desgastes y aplastamiento más rápido que lo normal.

Diámetro apropiado de la polea y el tambor:

Para prolongar la vida de su cable es importante que el diámetro de rodamiento de la polea y el tambor nunca sea más pequeño que el mínimo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 9. Diámetro de la polea o tambor en relación al tipo de cable (Fuente: Brivensa)

TIPO DE CABLE	
6 x 7	42 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 19 Seale	34 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 19 Warrington	30 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 21 Alambre de relleno	30 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 25 Alambre de relleno	26 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 31 Warrington – Seale	25 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 36 Alambre de relleno	23 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 41 Seale – Alambre de relleno	21 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 37	18 $\varnothing_{\text{cable}}$
6 x 42 Extraflexible	14 $\varnothing_{\text{cable}}$
8 x 19 Seale	26 $\varnothing_{\text{cable}}$
8 x 25 Alambre de relleno	21 $\varnothing_{\text{cable}}$
18 x 7 Antigiratorio	34 $\varnothing_{\text{cable}}$

Es importante conocer las máquinas de herramientas utilizadas para la fabricación de piezas y elementos de ensamble para poder estimar el tiempo de construcción del equipo, ya que es un factor que debemos tomar en cuenta en el precio total del equipo.

A continuación se muestra el cálculo estimado de tiempo de fabricación de máquinas de herramientas: Torno y fresadora, y un estimado de tiempo de soldadura.

1.7 Torno, taladrado y soldadura

El proceso de fabricación mediante mecanizado consiste en arrancar en forma de virutas o partículas el exceso de material de un semiproducto, utilizando herramientas de corte adecuadas para conseguir la geometría de la pieza deseada con las dimensiones deseadas.

Por otro lado, la soldadura consiste en la unión de dos materiales conductores que, mediante la adición de un tercer material en estado líquido por fusión a una determinada temperatura, se forme un compuesto intermetálico entre los tres, de manera que al enfriarse se obtenga una unión rígida y permanente. Esta requiere de unas condiciones iniciales en las superficies a unir dependiendo del material, así como las formas y tipo de uniones.

Estos elementos son claves en el proceso de construcción de un equipo, permitiendo estimar el tiempo y horas de trabajo, siendo un factor económico que hay que tomar en cuenta en el análisis de costos.

A continuación se mostraran unos indicadores que nos permiten dar un estimado de tiempo de construcción en cuanto a Taladrado, torneado y soldadura.

1.7.1. Taladrado

Según Xavier Saluela, el taladrado es un método para la producción de agujeros cilíndricos en piezas de arranque de viruta. La herramienta cortante se denomina Broca. Estas pueden ser helicoidales de aceros rápido (HHS) o de metal duro (M.D). Para agujeros de poco diámetro entre 2,5 mm y 12,5 mm se utilizan solamente brocas de acero rápido. La elección de la herramienta a partir de 12,5 mm depende de la profundidad y tolerancia del agujero y material de la pieza.

Los factores a tomar en cuenta para el cálculo aproximado de tiempo de trabajo de taladrado son:

Ángulos de las Brocas:

Loa ángulos más importantes son:

- Ángulo de punta (ϵ): Es el ángulo que se forma entre la punta de la broca y la superficie perpendicular al eje de la herramienta. Varía en función del material a taladrar.
- Ángulo de Hélice (δ): Es el ángulo formado entre el canal de salida de la viruta y el eje de la broca. Depende del material a taladrar.

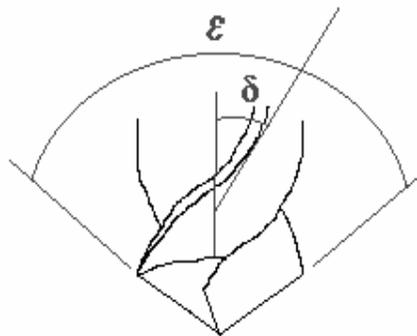


Figura 12. Ángulos de la broca (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)

Recorrido de la herramienta y altura de salida:

El recorrido de la herramienta en el agujero será la longitud de la broca (L) introducida en el agujero mas la altura de salida (h). En el caso de un agujero pasante, la longitud del listón será igual a la profundidad del agujero (p).

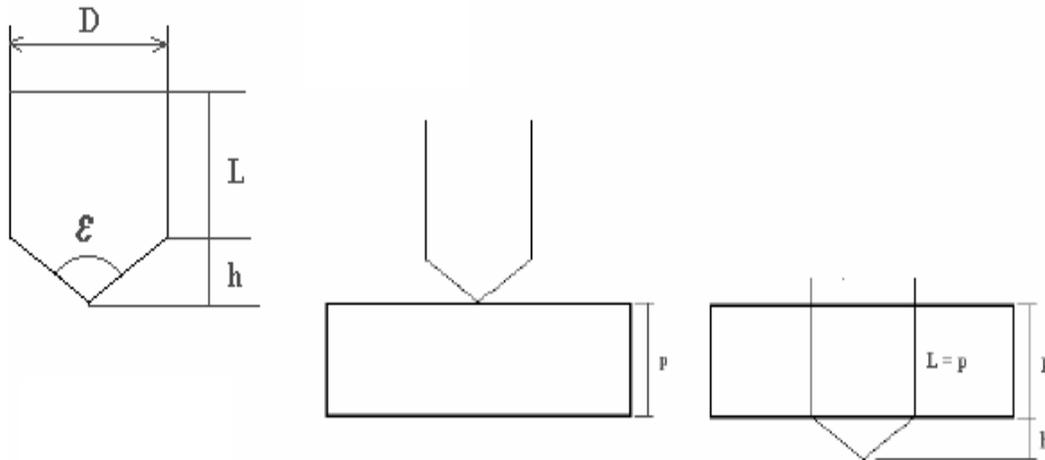


Figura 13. Agujero pasante (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)

El recorrido durante el mecanizado es:

$$R = L+h \quad (17)$$

Para obtener el valor de h:

$$h = \frac{D}{2} \cdot \text{Cot} \frac{\varepsilon}{2} \quad (18)$$

Velocidades de corte teóricas para agujeros cortos:

En la figura 14 se muestran las velocidades de corte teóricas para el caso de agujeros cortos. Como se observa, depende del material a taladrar y el tipo de material de la broca. También se muestra el ángulo de punta característico de la broca. Estas velocidades de corte son para taladrado en seco.

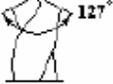
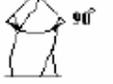
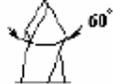
VELOCIDADES PERIFÉRICAS PARA TALADRADO EN SECO EN m/min.				AFILADO DE BROCAS (ϵ)
MATERIAL	BROCAS DE			
	σ_R (Kg/mm ²)	ACERO AL CARBONO	ACERO RÁPIDO	
ACERO	80	9	14	 135°
	70	10,25	16,75	 127°
	60	11,5	19,5	
	50	12,75	22,25	
	40	14	25	 118°
FUNDICIÓN		12	22,5	 90°
BRONCE LATÓN COBRE		25	56	 113°
ALUMINIO		56	120	 135°
MADERA PLÁSTICO		80	150	 60°

Figura 14. Velocidades de corte de agujeros cortos para brocas de acero al carbono y acero rápido (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)

Los valores observados están calculados para un tiempo de vida de filo de la herramienta de 60 minutos. Las velocidades están dadas en m/min. Para hacer la conversión a rpm se tiene:

$$n_c = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (19)$$

Donde:

V_c : está dado en m/min

D : está dado en mm

Avances de las brocas para agujeros cortos:

Se determinará el avance de la broca en función de su diámetro, el material de la pieza y el material de la broca. Una vez determinado el diámetro de la broca en la figura 15 se traza una recta hasta la cura perteneciente al material de la pieza. Una vez en ese punto se trazará una horizontal. A la izquierda de la figura están los avances pertenecientes a brocas de acero al carbono y a la derecha las de acero rápido. Estos avances son teóricos. Están calculados para velocidades entre 8 y 12 m/min en el caso de brocas de acero al carbono y entre 12 y 25 m/min para aceros rápidos.

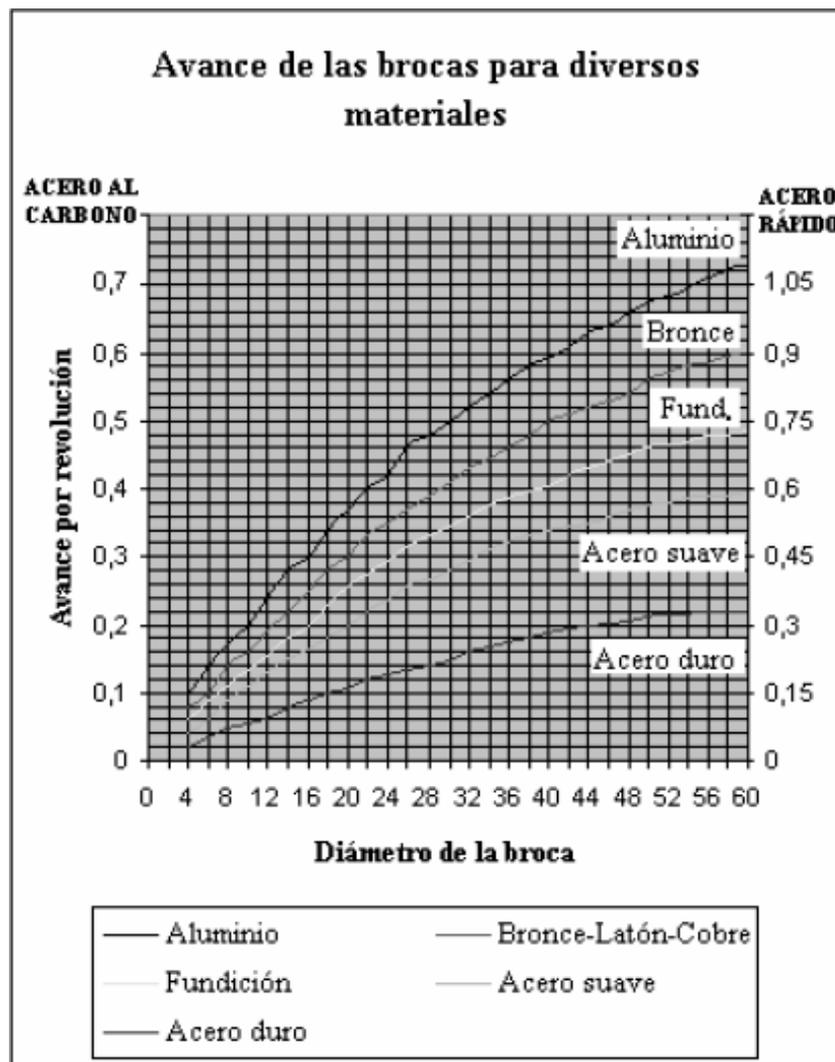


Figura 15. Avances por revolución en mm por revolución para aceros al carbono o rápidos (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)

Los valores observados están calculados para un tiempo de vida de filo de la herramienta de 60 minutos.

Velocidad de avance:

La velocidad de avance es la velocidad a la que la broca penetra la pieza. Será igual al avance por revolución por las revoluciones que da la máquina. Sus unidades vienen en mm/min:

$$Va = a \cdot n_c \quad (20)$$

Donde:

a: está dado en mm/rpm

n_c : está dado en rpm

Tiempo de mecanizado:

Es el tiempo en que se tarda en taladrar un agujero de una pieza. Viene dado por:

$$t_m = \frac{R}{Va} \quad (21)$$

Donde:

R: Recorrido de la broca en mm

Va: Velocidad de avance de la broca en mm/min

1.7.2. Torneado

Es un proceso de arranque de viruta para desbaste o acabado, que consiste en un plato giratorio fijo y una herramienta de corte que posee movimientos de avance para realizar el maquinado.

Los factores a tomar en cuenta para el cálculo aproximado de tiempo de trabajo de torneado son:

Diámetro medio en desbaste:

Como se parte del material redondo inicial, se tiene:

$$Dm = \frac{Df' + Di}{2} \quad (22)$$

Donde:

Dm: es el diámetro medio.

$$Df' = Di - 2.P_d$$

P_d = penetración.

Di : Es el diámetro redondo de material inicial.

Diámetro medio en acabado:

Como se parte de la pieza final que se desea obtener, se tiene:

$$Dm = \frac{Df + Di'}{2} \quad (23)$$

Donde:

Df : Diámetro final de la pieza.

$$Di' = Df - 2.P_d$$

Velocidad de corte en desbaste o acabado:

Para hallar la velocidad de corte teórica se utilizará la tabla 10, en función del material de la pieza, tipo de material de la herramienta, profundidad y tipo de material de la herramienta.

Tabla 10. Tabla orientativa de los valores de las condiciones de corte para torneado (Fuente: Tecnología Mecánica, Xavier Saluela)

MATERIAL	HERRAMIENTA	DESBASTE			ACABADO			
		V_c [m/min]	a_d [mm/rev]	p_d [mm]	V_c [m/min]	a_s [mm/rev]	p_s [mm]	
ACERO INOXIDABLE	M.D.	60	≤ 1	≤ 8	100	$\leq 0,25$	≤ 2	
ACERO MOLDEADO	M.D.	50	≤ 1	≤ 10	80	$\leq 0,25$	≤ 2	
FUNDICIÓN GRIS	HSS	15	≤ 2	≤ 10	20	$\leq 0,25$	≤ 2	
	M.D.	75	≤ 2	≤ 10	120	$\leq 0,25$	≤ 2	
ALUMINIO	HSS	80	≤ 1	≤ 8	100	$\leq 0,2$	≤ 1	
	M.D.	1250	≤ 1	≤ 8	1750	$\leq 0,2$	≤ 1	
DURALUMINIO	M.D.	300	≤ 1	≤ 8	400	$\leq 0,2$	≤ 1	
LATÓN	HSS	30	≤ 1	≤ 10	45	$\leq 0,2$	≤ 1	
	M.D.	450	≤ 1	≤ 8	550	$\leq 0,2$	≤ 1	
BRONCE	HSS	25	≤ 1	≤ 10	35	$\leq 0,2$	≤ 1	
	M.D.	250	≤ 1	≤ 8	350	$\leq 0,2$	≤ 1	
ACERO AL CARBON O	$\sigma_r \leq 50$ daN/mm ²	HSS	22	0,5 - 1	≤ 10	30	0,1 - 0,2	≤ 2
		M.D.	150	1 - 2,5	≤ 15	250	0,1 - 0,25	≤ 2
	σ_r 50 - 70	HSS	20	0,5 - 1	≤ 10	24	0,1 - 0,2	≤ 2
		M.D.	120	1 - 2,5	≤ 15	200	0,1 - 0,25	≤ 2
	σ_r 70-85	HSS	15	0,5 - 1	≤ 10	20	0,1 - 0,2	$\leq 1,5$
		M.D.	80	1 - 2	≤ 15	140	0,1 - 0,2	$\leq 1,5$
	$\sigma_r \cong 100$	HSS	12	0,5 - 1	≤ 8	16	0,1 - 0,2	≤ 1
		M.D.	30	0,5 - 1	≤ 5	50	0,1 - 0,2	≤ 1

Con estos valores, se aplica la siguiente ecuación:

$$n_c = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot Dm} \quad (24)$$

Donde:

Vc: está dado en m/min

Dm: está dado en mm

Velocidad de Avance en desbaste o acabado:

Es la velocidad a la que la herramienta avanza a lo largo de la pieza. La ecuación mostrada a continuación aplica tanto a desbaste como acabado

$$Va = a \cdot n_c \quad (25)$$

Tiempo de mecanizado:

Comprende la velocidad recorrida por la herramienta a lo largo de la pieza L (mm) mas la penetración de la herramienta. Viene dado por:

$$T_m = \frac{L + P_d}{Va} \quad (26)$$

1.7.3. Soldadura

Según la ESAB Welding HandBook, para soldadura en arco sumergido en acero al carbono y acero inoxidable, recomiendan las siguientes velocidades de soldadura, dependiendo del tipo de junta y espesor.

Type of joint	Plate thickness mm	Wire ϕ mm	Run No.	Arc voltage V	Welding current A	Welding speed m/h
	6	4	1	35	300	50
	8	4	2	35	350	46
			1	35	450	
	10	4	2	35	500	42
			1	35	550	
	12	5	1	35	600	38
2			35	700		
14	5	1	35	650	35	
	16	5	1	35	700	35
	18	6	2	36	800	30
			1	36	850	
	20	6	2	38	850	27
			1	36	925	
	2	38	850			
	18	6	1	36	700	30
	20	6	2	36	850	25
			1	36	800	
	25	6	2	36	850	20
			1	36	850	
	30	6	2	36	950	15
1			36	900		
2	36	1000				
	2	2	1	28	325	75
	4	2.5	1	30	450	40
	6	3	1	31	510	30
	8	3	1	32	525	26
	10	3	1	33	600	23
	12	3	1	33	625	20

Figura 16. Datos típicos y preparación recomendada para soldadura de arco sumergido en acero al carbono (Fuente: Welding HandBook)

Type of joint	Plate thickness mm	Wire diam mm	Throat thickness mm	Arc voltage V	Welding current A	Welding speed m/h
Single welding head						
	≥ 6	3	3	30-32	450	45
	≥ 8	4	4	30-32	575	42
	≥ 10	4	5	30-32	650	36
	≥ 8	5	4	32-34	800	50
	≥ 12	5	4	32-34	850	35
	≥ 15	6	7	33-35	875	25
	≥ 15	5	-	36	825	27
	≥ 20	5	-	36	850	22
Twin wire						
	-	2x2.5	4	34	800	65
	-	2x2.5	5	34	800	45
Two welding heads + ~						
	-	4	4	+32 -38	800 700	85
	-	4	4	+32 -38	800 700	75
	-	5	4	+32 -35	600 500	65
	-	5	5	+32 -35	600 600	42

Figura 17. Datos típicos para soldadura de arco sumergido en acero al carbono (Fuente: Welding HandBook)

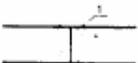
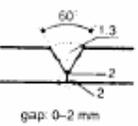
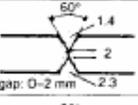
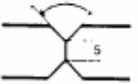
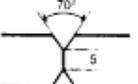
Type of joint	Plate thickness mm	Wire ϕ mm	Run No.	Arc voltage V	Welding current A	Welding speed m/h
	6	3	1 2	34	400 500	80 60
	8	4	1 2	34	500 600	80 60
Manual welded root bead						
	10	4	1 2	34	600 600	40 60
	12	4	1 2	34	600 600	35 50
	20	4	1 2 3	34	600 600 600	35 30 40
	25	4	1	34	600	40
			2		600	35
			3		600	35
			4		600	40
	8	4	1 2	34 34	450 550	55 50
	10	4	1 2	34 34	500 600	40 50
	12	4	1 2	34 34	500 600	35 40
	14	4	1 2	34 34	550 600	35 35

Figura 18. Datos típicos y preparación recomendada para soldadura de arco sumergido en acero inoxidable (Fuente: Welding HandBook)

	Throat thickness (a) a-mm	Wire diam mm	Arc voltage V	Welding current A	Welding speed m/h
	6.0	5	32	800	30
	6.5	5	31	850	30
	7.0	5	30	900	30
	3.5	4	29	650	60
	4.5	4	29	650	50
	5.5	4	29	650	40

Figura 19. Datos típicos y preparación recomendada para soldadura de arco sumergido en acero inoxidable (Fuente: Welding HandBook)

Completado todo el proceso de diseño con un modelo que cumple con todas las especificaciones junto con los procesos de fabricación que lo incluyen, se procede a evaluarlo económicamente para ver si el producto es factible llevarlo a cabo. Uno de los indicadores utilizados actualmente para la evaluación de proyectos es el método de Valor Presente.

1.8 Análisis del Valor Presente

Según Taylor (1977), el método del Valor Presente consiste en determinar un valor único actual equivalente que compare las diferencias futuras entre varias opciones consideradas. Esto se puede lograr de varias maneras:

- Calcular el valor presente individual de cada opción, antes de restar dichos valores y establecer las diferencias entre ellas.
- Calcular las diferencias entre los valores anualizados de cada una de las opciones.

En algunos casos, puede convenir combinar ambos procedimientos, es decir, realizar primero una comparación de las anualidades, para luego convertir este análisis en valor presente. Esta última conversión es muy significativa ya que permite extender todos los principios matemáticos del cálculo de anualidades a su aplicación en el análisis del valor presente.

Es importante mencionar que este método se aplica por igual a problemas de costos como a problemas de ingresos, siempre y cuando se tenga en cuenta que el valor presente de una serie de costos, es un costo y que la mejor opción económica es aquella con el menor valor. Mientras que el valor presente de una serie de ingresos, es un ingreso y que la mejor opción económica es aquella con el mayor valor.

En nuestro caso particular, dado que tanto los costos como los ingresos son calculados como una serie uniforme de valores en el tiempo, se utilizó la siguiente ecuación:

$$VP = R \frac{[1+i]^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \quad (27)$$

Donde:

VARIABLE	DESCRIPCION
VP	Valor Presente.
R	Valor Uniforme en el tiempo (Costo o Ingreso).
i	Tasa de Interés según el período de tiempo considerado.
n	Período de tiempo considerado.

Cuando se aplica este concepto al flujo de caja de las opciones o proyectos evaluados, se le conoce como Valor Presente Neto (VPN).

Si el Valor Presente Neto (VPN) del flujo de caja de un proyecto es positivo, significa que la tasa de retorno neta de la inversión es superior a la tasa de interés

utilizada (tasa de descuento). En caso contrario, la inversión realizada no recupera la tasa de descuento. Si el Valor Presente Neto es cero, entonces la tasa de retorno de la inversión es igual a la tasa de descuento.

En este capítulo se han tomado las consideraciones técnicas y teóricas para desarrollar la necesidad que se desea satisfacer. Para el diseño de sistema de filtro de partículas sólidas de agua de mar se tomaron en cuenta materiales anticorrosivos, filtración, sistemas de filtrado comerciales, sistema de recolección de datos, procesos de diseño, cargas externas producidas por el ambiente marino y de la planta, cálculos para el tiempo de maquinado de partes del equipo y análisis de valor presente. A continuación se procede a aplicar los conceptos, como se muestra a continuación en el siguiente capítulo.

Capítulo 2

Marco Práctico

En este capítulo se aplican todos los conocimientos teóricos y prácticos investigados para desarrollar un producto final y para satisfacer la necesidad planteada. Los puntos a tratar son: Característica de la materia a filtrar, proceso de diseño, empresas comerciales de equipos de filtrado marino, comparación de sistemas rotativo y estático, determinación de variables que afectan el diseño del equipo, tormenta de idea y selección de modelos, especificaciones de diseño, cálculos del equipo, proceso de fabricación de los diseños y el estudio económico, para determinar cual es el equipo que mejor se adapta a los objetivos del trabajo.

Para el estudio, se plantea el diseño de un sistema de filtro de partículas sólidas de agua salada para una planta de generación. Antes de seleccionar un sistema de filtrado (rotativo o Estático) por el cual guiar el diseño, se debe estudiar el tipo de basura que se va a eliminar con el equipo, analizando para este caso el canal de agua de planta Tocoa.

2.1. Características de la materia a filtrar en Planta Tocoa

Planta Tocoa se encuentra ubicada en el litoral central de Venezuela, que es un atractivo turístico por las playas, las cuales absorben toda la basura que no se recoge y las lleva mar a dentro. Al haber cambio de marea, esa basura regresa, al igual que los animales. Debido al período de lluvias fuertes, se originan derrumbes que llevan

cantidad de escombros al mar. Parte de estos elementos se dirigen al canal de entrada de agua del los condensadores de la planta, tapando los tubos del condensador.

Estos elementos se pueden dividir en dos tipos:

- Materias inertes: bolsas (de basura, mercado, papel), cartón (de cajas, potes de jugo), papeles (hojas de reciclaje, cuaderno, servilletas, papel higiénico de baño, etiquetas de productos), madera (palos de árboles, desechos), hojas de plantas y árboles.
- Fauna marina: caracoles de agua salada, algas, cardumen de sardinas (camiguanas), agua mala, peces.

Se desea filtrar la materia inerte, que es la que causa vibraciones y obstruye los tubos del condensador, e impedir el paso de la fauna marina, sin afectar el ecosistema.

Esta basura puede causar 2 tipos de carga: La carga pesada, refiriéndose a grandes cantidades de basura, junto con elementos de gran tamaño como troncos, peces de gran tamaño, gran cantidad de algas, etc. Y esta la carga liviana, cantidad de basura apreciable pero no basta.



Figura 20. Basura en el canal de planta Tocoa (Fuente: Autor)

En la Figura 20 se observa parte de la basura que se encuentra en el canal de planta Tocoa. Se observan palos, bolsas, algas, hojas. Se observa que es material flotante. Definiendo el tipo de basura, se procede a aplicar el proceso de diseño del equipo final.

2.2. *Proceso de diseño*

Una vez reconocido y entendido el problema (estudio de la necesidad), se procede a la etapa de producir ideas y formular soluciones, para evaluar aquel diseño que cumpla con la mayoría de las especificaciones requeridas.

Para obtener las especificaciones de diseño, se procede a estudiar aspectos de usuarios, tecnológicos y ergonómicos.

2.2.1. *Identificación de usuarios*

Se determinan los usuarios que van a estar presente en construcción, instalación, funcionamiento, operación y mantenimiento del equipo. En cuanto a la construcción e instalación:

- El gerente de ensamblaje, evaluando que la construcción y ensamblaje de las partes se realicen de la manera correcta. Igualmente de la utilización de los materiales escogidos en el diseño.
- Los técnicos mecánicos, encargados de la construcción de las partes que componen el equipo.

En cuanto al funcionamiento y mantenimiento:

- Los técnicos mecánicos, encargados de que el equipo funcione correctamente.
- Los técnicos mantenimiento, que se encargaran de realizar mantenimiento a cada una de las partes del equipo en el tiempo que le corresponda.
- Gerente en mantenimiento, se encargara de que al equipo se le haga el mantenimiento los días que toca.

En cuanto a operación:

- Los técnicos encargados en el equipo, cuya labor será recoger la basura cada cierto tiempo.
- Gerente en mantenimiento, encargado de que la basura sea recogida y eliminada de la planta.

Para la recolección de información de la experiencia que poseen estos trabajadores de la planta en cuanto a los filtros utilizados anteriormente en planta, se utilizo el método de entrevista formalizada con cuestionario. Se aplicó a 3 técnicos

especialistas en el mantenimiento de la planta, encargados de los filtros cuando estos funcionaban en la planta, y a 2 Ingenieros: Jorge Peñate, jefe de Planta, Julio Colina, jefe de mantenimiento. El modelo de cuestionario se muestra a continuación:

1. ¿A trabajado con los filtros? ¿De que planta?
2. Tipos de mantenimiento que se hacia. ¿Cada cuanto se hacia?
3. ¿Cómo son los mantenimientos?
4. ¿Qué es lo mas complicado?
5. Equipos disponibles para la reparación y cambio de piezas.
6. Tipo de basura y animales encontrados.
7. Ha bajado el nivel de agua de trabajo del canal por la cantidad de basura?.
8. Días del año en que:
 - a. La marea es más fuerte.
 - b. La marea esta caliente y fría.
 - c. Mayor abundancia de animales.
 - d. Cambios de dirección de la marea.
 - e. Fechas máximas de lluvia.
 - f. Máximos y mínimos niveles del mar.

Resultados de la encuesta:

De la aplicación del cuestionario se obtuvo:

- Tipos de mantenimiento que se realizaban a los filtros de la planta:
 - o General: Desarme, desmontaje y cambio de piezas y rejas. Se realizaba cuando el equipo ya estaba parado y las canastas sucias. Duración aproximada de 2 meses por filtro.
 - o Correctivo: cambio de malla soldaduras dañadas, cambio de fusibles, lubricación de caja de engranajes, inspección.
- Personal utilizado para el mantenimiento de los Filtros en la planta:
 - o Para mantenimiento general: un soldador, un chofer de grúa y camión, 3 técnicos en mantenimiento.

- Para mantenimiento correctivo: 2 técnicos en mantenimiento haciendo recorrido diario.
- Complicaciones generadas por los filtros:
 - Al desmontar el filtro, de tanto tiempo anclado, se adhieren por la cantidad de tierra en el fondo, recurriendo a soldar vigas para despegarlos con gatos hidráulicos de 100 toneladas.
 - Las pestañas de recolección de basura se doblan, atorando el equipo, volando los fusibles.
 - El montaje del grillete con los guinches y grúas.
- Equipos disponibles para la reparación de los filtros:
 - Guinches para el desmontaje.
 - Grúa AICO.
 - Monta carga.
 - Equipo oxicorte y soldadura.
 - Equipos de Sand blasting y pintura.
 - Repuestos (cadenas, rejillas, malla, láminas, ángulo para estructura)
- Material actual de rejas:
 - Tubos galvanizados.
 - Tela alfajore con forro plástico.
 - Pintura Brea.
- Días del año en que:
 - La marea es mas fuerte: Período octubre – diciembre.
 - La marea es mas caliente: Julio - octubre.
 - La marea es más fría: Diciembre – Enero.
 - Mayor abundancia de animales: Octubre a Enero por cambio de viento de atlántico a pacífico.
 - Fechas máximas de lluvia, Octubre por lluvias Norte, mayo y agosto.

2.2.2. Estudio Tecnológico

A continuación se presenta el estudio de los filtros comerciales de partículas sólidas de agua salada para agua de condensado, con la finalidad de obtener toda la información técnica de los equipos, permitiendo adaptar y relacionar estas partes al diseño. De igual forma permite reconocer piezas importantes a tomar en cuenta para el desarrollo de la solución. Para analizar los sistemas de filtro, se contactaron empresas fabricantes colocando en una tabla comparativa las características de los equipos.

2.2.2.1 Empresas contactadas:

Entre los fabricantes de filtros comerciales para agua de condensado se estudiaron 6 empresas Norteamericanas y 1 alemana. Estas son:

Americanas:

- Atlas manufacturing.
- Brackett Green USA.
- Out-of-the-water Enterprises.
- TAPROGGE America Corp.
- Transco Industries, Inc.
- Usfilter

Alemana:

- Geiger International GmbH & Co.

La información completa de cada una de ellas se observan en el Anexo 1.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los equipos rotativos y estáticos de las empresas estudiadas, describiendo los materiales usados, aplicación, costo, peso, mantenimiento y capacidad de filtrado.

Tabla 11. Filtros Rotativos Comerciales (Fuente: Autor)

Rotativos						
Modelo	Empresa	Usos	Materiales	Espacio filtrado	Costo y peso	Mantenimiento
Dual Flow & Conversion Band Screens	Brackett Green USA	Plantas de Generación, Petroquímicas, Plantas de procesamiento de aluminio y acero, Plantas de tratamiento de agua potable, plantas de desalinación	acero al carbono galvanizado, acero inoxidable	No especificado, depende del proyecto.	No especificado, depende del proyecto.	Mantenimiento reducido, en la parte inferior no posee piñón de movimiento.
CF 100 & CF 200 Band Screen	Brackett Green USA	Plantas de tratamiento de agua potable y no potable, aguas residuales domésticas	acero al carbono galvanizado, acero inoxidable	2 mm a 6 mm	No especificado, depende del proyecto.	No especificado.
Traveling Screen	US filter	Plantas de Generación, Plantas de tratamiento de agua potable	Básquet no metálicos, Acero inoxidable 3161	6,5 mm a 25 mm	US\$167,000 (360 millones) sin incluir instalación	No especificado.
Center-Flow Travelling Band Screen	Geiger		Acero liviano de alta calidad, acero inoxidable, pantallas de poliéster o acero inoxidable	0,2 a 10 mm		No especificado.
Dual-Flow Travelling Band Screen	Geiger		Acero liviano de alta calidad, acero inoxidable, pantallas de poliéster o acero inoxidable	0,2 a 10 mm		No especificado.
Multidisc screen	Geiger		Acero liviano de alta calidad, acero inoxidable, pantallas de plástico o acero inoxidable	2 a 10 mm		No especificado.
Thru Flow Traveling Screen	Atlas		Acero al Carbono A36, Estructura de acero inoxidable 304 y 416, guías de hierro, cold finished steel, fiberglass splash	9,52 mm	- 86711 \$ (186.5 Millones) sin incluir Envío e instalación - Peso: 12 toneladas	No especificado.

Tabla 12. Filtros Estáticos Comerciales (Fuente: Autor)

Estático						
Modelo	Empresa	Usos	Materiales	Espacio filtrado	Costo y peso	Mantenimiento
Bar Screen with Grab Cleaner	Geiger		Acero suave de alta calidad, acero inoxidable	10 a 150 mm	170000\$ Peso: 9 ton	No partes móviles sumergidas
Climber Screen Version KRC	Geiger		Acero suave de alta calidad, acero inoxidable	6 a 12 mm		No partes móviles sumergidas
Revolving chain screen	Geiger		Acero suave de alta calidad, acero inoxidable	2 a 100 mm		
Sewage bosker Raking Machine	Brackett Green Usa	Plantas Hidroeléctricas, Plantas nucleares y generación, Plantas químicas, planta de tratamiento de aguas negras	Aluminio-bronce, acero al carbono galvanizado, acero inoxidable	19,05 a 38,10 mm	194600 \$ Peso: 10 ton	No partes móviles sumergidas
Hydro-bosker Raking machine	Brackett Green Usa	Plantas Hidroeléctricas, Plantas nucleares y generación, Plantas químicas, planta de tratamiento de aguas negras	Aluminio-bronce, acero al carbono galvanizado, acero inoxidable	19,05 a 38,10 mm	Peso: 10 ton	No partes móviles sumergidas
Guardian Bar Screen	US filter		Láminas de acero inoxidable, Caja inferior integral y sellado lateral de Neopreno, cojinetes de bola de tensión, ángulos de acero inoxidable, barras gruesas de desgaste, aros de acero inoxidable de 4.6 lbs/ft y esfuerzo último mínimo 38000 lbs, ejes de acero inoxidable y segmentos de dientes sustituibles UHMW. Piñones de caja utiliza bujes reforzados y resistentes al desgaste.	6,35 a 25,4 mm	Peso: 10 ton	
REX [®] SERIES 1000 BAR SCREEN	US filter		acero inoxidable	6,35 a 25,4 mm		No partes móviles sumergidas
CONT-FLO BAR SCREEN	US filter		acero inoxidable	12,70 mm		No partes móviles sumergidas
LINK BELT [®] GB COG RAKE BAR SCREEN	US filter		Acero Inoxidable, pernos de aceros al carbono, engranes de aceros al carbono o Acero níquel plata.	6,35 mm		No partes móviles sumergidas

La información detallada de algunos equipos de la tabla 11 y 12, explicando funcionamiento y materiales utilizados se hace referencia en el Anexo 1.

2.2.2.2 Análisis de los Sistemas de Filtros para Agua de Condensado:

Para seleccionar un sistema de filtrado para la planta, se muestra una comparación entre los equipos rotativos y estáticos, y se analizan los materiales usados, funcionamiento, tamaño y capacidad de filtrado. Esto permite tener una idea de que sistema se adaptaría mejor al estudio.

Tabla 13. Ventajas y desventajas de sistema Rotativo (Fuente: Autor)

	Ventajas	Desventajas
Rotativo	<ul style="list-style-type: none"> - Interrupción por sobre carga. - Automático. - Sistema de protección de bloqueo de sistema y de escombros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas móviles sumergidas. - Requiere mantenimiento general en cuanto a pintura, cambio de piezas. - Alternabilidad de piezas de estar en el aire y sumergida. - Debe hacerse mantenimiento estricto cuando lo requiera. - Requieren un trabajo previo de ingeniería civil para adaptar los equipos. - Peso. - Costo. - Mayoría de piezas de acero, lo que requiere un cambio de pieza en un período de tiempo fijo, principalmente en las partes rotativas debido al desgaste.

Tabla 14. Ventajas y desventajas de sistema Estático (Fuente: Autor)

	Ventajas	Desventajas
Estático	<ul style="list-style-type: none"> - Interrupción por sobre carga. - Automático. - Sistema de protección de bloqueo de sistema y de escombros. - No existen piezas móviles sumergidas en periodos de tiempo prolongados. - Protección de cargas pesadas como troncos, algas marinas y peses de gran tamaño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de piezas sumergidas (tiempo largo) - Requieren un trabajo previo de ingeniería civil para adaptar los equipos. - Peso. - Costo - Mayoría de piezas de acero, lo que requiere un cambio de pieza en un período de tiempo fijo.

Del análisis de la información de los equipos, se obtiene:

Materiales Utilizados:

En cuanto a materiales, todos usan acero inoxidable para las piezas que están sumergidas dentro del agua. Las piezas movibles acero inoxidable o al carbono resistentes al desgaste, pernos de aceros al carbono e inoxidable, láminas de acero inoxidable, ejes de acero inoxidable, engranes de aceros al carbono o Acero níquel plata, Aluminio-bronce.

Funcionamiento:

Son equipos automáticos, solo paran al momento de mantenimiento, siendo una gran ventaja. Todos depositan la basura en una tolva, para luego ser removido por los usuarios. Poseen protección para no quedar trabado los mecanismos por basura.

Tamaño y Peso:

El tamaño y el peso dependiendo de la profundidad, lugar, aplicación y velocidad del agua.

Filtrado:

Al momento de diseñar un sistema de filtrado, se toma en cuenta la cantidad de basura a filtrar y el tamaño del lugar. Según información obtenida de los fabricantes (Apéndice D), usualmente se usan 2 etapas de filtrado. La primera que es una pantalla de filtrado grueso para frenar cargas pesadas como algas marinas, peces de gran tamaño, troncos, etc. y la segunda es para cargas livianas.

Si la cantidad de basura es muy grande y pesada, se recomienda colocar al comienzo del canal un filtro estático y posteriormente uno rotativo. El espacio de filtrado va a estar relacionado entre ambos equipos, es decir, no se puede colocar una abertura de barras de 100mm y el otro equipo un mesh de 3mm. Los fabricantes ya tienen esa relación entre espacios de cada sistema de filtrado.

Dependiendo de la cantidad de basura y la aplicación, se puede tomar diferentes posibles diseños del equipo, y colocar estático o rotativo.

Los espacios entre barras de los filtros estáticos recomendado son los siguientes:

- Para sistema de protección de cargas pesadas, entre 70 y 100 mm.
- Para sistema de filtrado a carga normal depende de la basura, puede llegar a valores menores a 10 mm.

El tamaño del mesh de los filtros rotativos, el estándar es 4 mm, y dependiendo de la aplicación puede variar de 3 a 10 mm. En el Apéndice C se muestra la información obtenida por las empresas.

En planta Tocoa, justo en la entrada del canal, existe un sistema de barras de protección para cargas pesadas como se observa en la figura 21, lo que permite escoger cualquiera de ambos sistemas de filtro para la solución final.



Figura 21. Barras de protección para cargas pesadas (Fuente: Autor)

Por el tipo de basura que entra al canal no hay diferencia en la escogencia de un sistema rotatorio o estático, ya que no hay cargas pesadas y ambos sistemas nos permiten obtener un filtrado bueno dependiendo del caudal de entrada que se requiera. Además, se observa en la tabla 13 y 14 que los equipos rotativos poseen mayores desventajas que los estáticos, lo que da un peso mayor a la escogencia de un sistema de filtrado estático.

Como se menciona en el capítulo 1, en planta Tocoa se utilizaban filtros rotativos. De datos obtenidos por parte de los técnicos encargados en el mantenimiento de los filtros, el sistema se detuvo debido a una falla en las partes móviles sumergidas. Como son piezas especializadas, muchas de ellas no se consiguen en el país, obligando a pedir las por importación, agregando un costo mayor al mantenimiento. Como son 12 equipos, cada uno fue fallando en periodos cortos, pasando a ser un mantenimiento correctivo. A medida que pasa el tiempo, en el fondo del equipo se deposita sedimentación, quedando bloqueados completamente sin posibilidad de rotación, quedando las partes húmedas por agua de mar a la intemperie, llegando a la oxidación completa del equipo.

Dada la experiencia que se tienen con equipos rotativos en cuanto a mantenimiento, es preferible hacer un equipo que no requiera de piezas móviles sumergidas, favoreciendo a la escogencia de un sistema estático.

2.2.3. Especificaciones de Diseño

Una vez analizada la información obtenida de usuarios, tecnología y ergonomía, se deben definir otros factores claves para complementar el estudio de la necesidad, como lugar de colocación del equipo, espacio disponible, cargas del mar, entre otros, y así establecer los límites del problema.

2.2.3.1 Determinación de variables que afectan el equipo:

Las variables que afectan en la determinación de la colocación del equipo son:

Cargas del mar:

Planta Tocoa se encuentra en el litoral central de Venezuela protegido por un rompeolas. El mar al entrar perpendicular a la costa, dispersa su energía con el rompeolas, y al entrar en el canal para las bombas de circulación cambia su dirección, perdiendo energía, produciendo pequeños oleajes. Luego choca con una estructura que actúa como un disipador de energía en la entrada del canal conformado por 3 canales que se unen formando una especie de difusor. Este choque y la tendencia a disminuir el área de paso disminuye más la energía que trae. En este lugar, la altura que existe entre el suelo y el piso de trabajo es de aproximadamente 9,7 m, y donde se encuentran ubicadas las bombas, la altura es de 8,5 m, lo que existe una pendiente leve positiva, que ayuda a que la ola pierda energía producto de la disminución de la profundidad.

El agua del canal no presenta ningún tipo de perturbación cuando las condiciones ambientales son estables, y cuando hay tempestad, se forman pequeños oleajes que no representan inconvenientes para las bombas de circulación ni para el canal, y no existen reporte alguno que los filtros que se utilizaban anteriormente en la planta se hallan parado a causa del fuerte oleaje, lo que nos lleva a concluir que el equipo no va a estar sometido a cargas producto de mareas y oleaje.

Lugar de colocación del equipo:

En planta Tocoa existen 3 lugares para la colocación de los equipos, estos son: en la entrada del muelle "A" (Figura 22), a mitad del muelle "B" (Figura 23), en la entrada de cada bomba de circulación "C" (Figura 24).



Figura 22. Entrada del Muelle "A" (Fuente: Autor)



Figura 23. Mitad del muelle "B" (Fuente: Autor)



Figura 24. Entrada de cada bomba de circulación "C" (Fuente: Autor)



Las dimensiones de cada espacio se muestran a continuación:

Tabla 15. Dimensiones de posibles lugares de colocación del equipo (Fuente: Autor)

Características	A	B	C
Ancho Canal	3,404 m	6,000 m	3,404 m
Altura de piso al suelo.	9,700 m	9,000 m	8,500 m
Altura máxima del agua	7,096 m	6,600 m	6,096 m
Altura Mínima del agua	4,780 m	4,280 m	3,780 m

Según la tabla 2 (Página 4), el caudal que consumen las bombas es de 22,739 m³/s (360.423,152 GPM). A parte se encuentran 8 bombas de enfriamiento con un caudal de 0,115 m³/s (1.827,200 GPM) cada una, haciendo un total de 0,922 m³/s (14.620 GPM) y para el sistema contra incendio se tiene 0,126 m³/s (2.000 GPM). En total, el caudal mínimo que se debe dejar pasar es de 23,787 m³/s (377.043,152 GPM) desde la entrada del canal. De no existir, el canal va a ir bajando su nivel.

En C, se tiene un área de paso mínimo de agua de 12,87 m². Para las 12 entradas se necesitan 154,4 m². En A se tiene un área de paso mínimo de agua de 48,81 m² y en B de 25,68 m². Se observa que el mejor lugar de ubicación del equipo es en la entrada de cada bomba de circulación, ya que no existe el área capaz de pasar la cantidad de agua que requieren las bombas de circulación en A y B.

Adicionalmente, en C la marea ha perdido gran cantidad de energía, siendo esta casi nula, lo que favorece al funcionamiento del equipo.

Equipos:

Tomando la Bomba de mayor caudal, que sería 2,381 m³/s (37.750 GPM), se calcula la velocidad de succión del agua con el diámetro de la tubería de succión aplicando la ecuación 1, con los datos mostrados en la tabla 16.

Tabla 16. Características de Bomba y agua salada (Fuente: Autor)

Densidad Agua Salada =	1,025	Kg/m ³
Diámetro tubería =	0,900	m
Área Tubería =	0,640	m ²
Caudal =	37.750	GPM
Ancho Canal =	3,404	m
Altura máxima del Agua =	6,096	m

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{37750 \text{ GPM} \cdot 3,7854 \frac{L}{Gal} \cdot 1 \text{ min} / 60 \text{ seg} \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ L}}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,9^2 \text{ m}^2} = 3,75 \frac{m}{s}$$

La velocidad del agua en el canal es de aproximadamente 1 m/s, tomada experimentalmente. Se esta tomando como velocidad de diseño la succión que ejerce la bomba.

Con la ecuación 2 (Cantidad de Movimiento), se calcula la Fuerza de diseño que ejerce la velocidad del agua (suponiendo que esta velocidad es constante) sobre la entrada del canal, y que la marea se encuentra en su mayor altura:

$$F = 1,0252 \frac{Kg}{m^3} \cdot \left(3,75 \frac{m}{s} \right)^2 \cdot 3,404 \text{ m} \cdot 6,096 \text{ m} = 299,16 \text{ N}$$

Se observa que la fuerza que genera la succión es muy pequeña, aproximadamente de 30 Kg, lo que por fuerzas de succión se va a despreciar.

Área Mínima de paso de agua:

Una vez seleccionado el lugar de ubicación del equipo, se debe calcular el área de paso mínimo de agua para que la bomba funcione con su caudal correspondiente, y poder calcular el área disponible de filtrado. Utilizando como velocidad de diseño de agua 1 m/s, caudal mínimo de paso 2,428 m³/s (38500 GPM) y despejando el área de la ecuación 1:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{38500 \text{ GPM} \cdot 3,7854 \text{ L/Gal} \cdot 1 \text{ min} / 60 \text{ seg} \cdot 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ L}}{1 \text{ m} / \text{s}} = 2,43 \text{ m}^2$$

Si la altura mínima del agua es 3,78 m, se calcula la longitud transversal requerida para el paso de agua.

$$L_{\text{min}} = \frac{A_{\text{min}}}{H_{\text{min agua}}} = \frac{2,43 \text{ m}^2}{3,78 \text{ m}} = 0,643 \text{ m}$$

La longitud transversal para filtrado sería:

$$L_{\text{filt}} = 3,404 \text{ m} - 0,643 \text{ m} = 2,761 \text{ m}$$

Para establecer las especificaciones de diseño, se deben resumir todos esos parámetros cualitativos y cuantitativos, y delimitar el diseño llevándolos a parámetros ingenieriles como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Especificaciones de Diseño (Fuente: Autor)

Velocidad del agua de diseño.	1 m/s
Altura de colocación	Mayor de 6,096 m
Ancho	Menor o igual a 3,400 m
Espacio para paso de agua	2 a 20 mm
Área mínima de paso de agua	2,430 m ²
Altura mínima de agua	3,780 m
Altura máxima de agua	6,096 m
Profundidad del piso de trabajo al suelo	8,500 m
Fuerza de diseño	1.200 N
Sistema de protección contra corrosión.	Catódica o recubrimientos
Materiales anticorrosivos.	Necesario
Operación fácil (adultos).	Necesario
Operación silenciosa.	Necesario
Facilidad para el mantenimiento.	Obligatorio
Fácil instalación	Obligatorio
Proceso automatizado.	Necesario
Peso	Menor a 12 toneladas
Costo	menor a 200 millones
Cantidad de basura a recoger por faena de limpieza	menor o igual a 40 Kg
Evite el paso de peces.	Obligatorio

A continuación se procede a descomponer el equipo de filtrado por partes principales para evaluarlas y modelarlas por separado, para luego, unir esos modelos y obtener el diseño final.

2.2.4. *Descomposición Funcional*

Se entiende por descomposición funcional a la división del problema en subpartes principales para establecer por separado la solución del conjunto, atacando de una manera eficiente cada parte del sistema. Luego, se aplican las técnicas creativas para la generación de ideas. Para este sistema se utilizó la tormenta de ideas en forma grupal. Finalmente, viene la etapa de evaluación y selección de la solución a través de una matriz de selección.

De la descomposición en subproblemas se tiene los siguientes aspectos:

- Pantalla de Filtración: Se refiere a la forma del tamiz que va a filtrar las partículas.
- Forma de eliminación de basura: Se refiere al movimiento que debe realizar el equipo para sacar la basura de la pantalla.
- Sistema de elevación del equipo: Se refiere al sistema que se debe usar para sacar el equipo de su lugar de trabajo para realizar mantenimiento o cambio de piezas.

A continuación se procede a la generación de soluciones aplicando tormenta de ideas y a la evaluación por el método de la matriz explicada en el capítulo 1.

2.2.5. *Selección y evaluación*

Se ha empleado el método de matriz de selección mediante una lista de criterios ponderados en función de los requisitos de diseño que se utilizaran para la evaluación las soluciones en la tormenta de ideas. Se utilizará una escala del 0 al 20 con los siguientes niveles de estimación:

Tabla 18. Escala de Evaluación (Fuente: Autor)

Denominación	Valor
Excelente	20
Muy bueno	15
Bueno	10
Regular	5
Deficiente	0

Los parámetros se detallan a continuación en la tabla 19 estableciendo un valor ponderado del 0 al 20, de acuerdo a su importancia:

Tabla 19. Criterios para la evaluación de los diseños (Fuente: Autor)

		Ponderación
1	Automaticidad	20
2	Capacidad de recoger basura	15
3	Mantenimiento general	15
4	Costo de material para construcción	10
5	Facilidades de Construcción	10
6	Fácil Operación	10
7	Estética	5
8	Ergonómico	5
9	Piezas no Móviles	5
10	Fácil acceso para futuros cambios de pieza	5

A continuación se muestra el resultado de las soluciones que cumplen con las especificaciones de diseño, obtenidas de la tormenta de ideas grupal, para la pantalla de filtración.

Pantalla de Filtración:

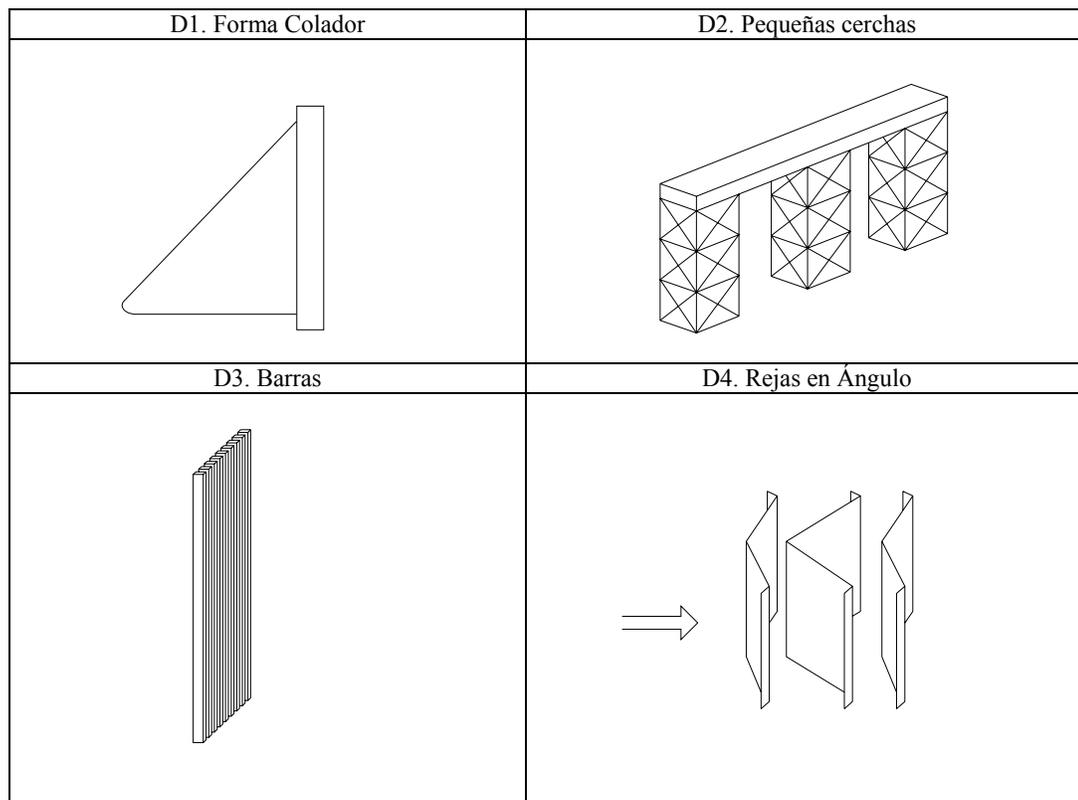


Figura 25. Diseños de pantalla de filtración (Fuente: Autor)

Aplicando los parámetros con sus ponderaciones fijados en la tabla 18 y 19, se colocan valores a cada diseño sin que la suma supere el asignado, como se muestra en la tabla 20:

Tabla 20. Evaluación de diseños de pantalla de filtración (Fuente: Autor)

	Ponderación	D1	D2	D3	D4
Automaticidad	20	0	0	20	0
Capacidad de recoger basura	15	7	2	4	2
Mantenimiento general.	15	7	1	4	3
Costo de material para construcción	10	4	2	2	2
Facilidades de construcción	10	6	2	1	1
Fácil Operación.	10	2	1	4	3
Estética.	5	1	1	2	1
Ergonómico.	5	1	1	2	1
Piezas no móviles	5	2	2	0	1
Fácil acceso para futuros cambios de piezas.	5	2	1	1	1
Total		32	13	40	15

Se observa que el diseño que obtuvo el mayor puntaje es el D3, lo que quiere decir que es el que mejor cumple con los criterios de diseño. El más deficiente es el D2 y D4, quedando descartados por su baja puntuación. Se aplica el mismo procedimiento para obtener el sistema de elevación del equipo basándose en las especificaciones de diseño, y aplicando la tormenta de ideas en forma grupal.

Sistema de Elevación del Equipo:

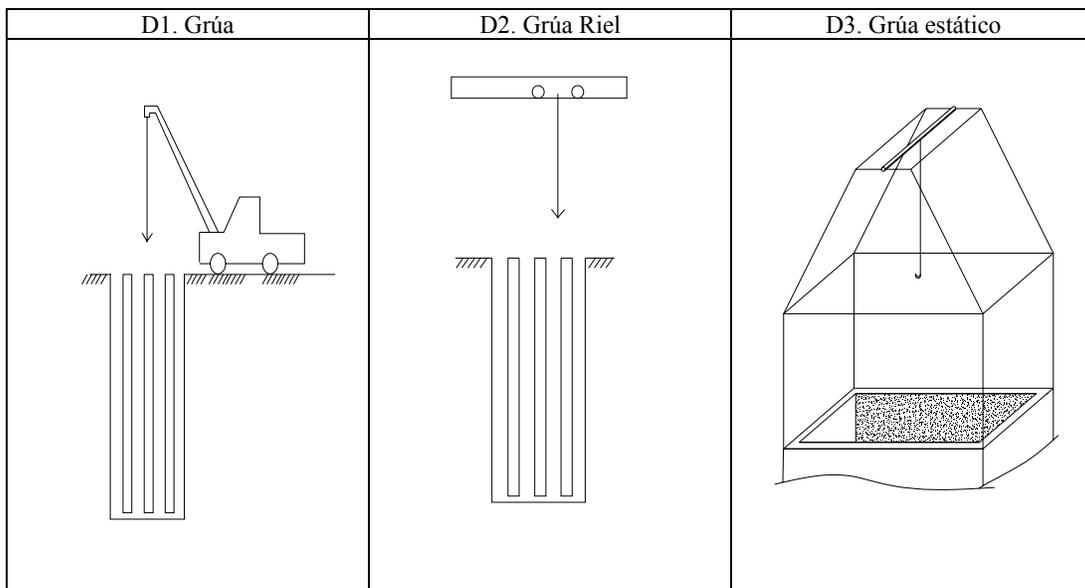


Figura 26. Diseños para sistemas de Elevación (Fuente: Autor)

Aplicando los parámetros con sus ponderaciones fijados en la tabla 18 y 19, se colocan valores a cada diseño sin que la suma supere el asignado, como se muestra en la tabla 21:

Tabla 21. Evaluación de diseños para sistemas de Elevación (Fuente: Autor)

	Ponderación	D1	D2	D3
Automaticidad	30	0	15	15
Mantenimiento general.	20	15	3	2
Costo de material para construcción	10	3	4	3
Facilidades de construcción	10	6	2	2
Fácil Operación.	10	5	3	2
Estética.	5	2	2	1
Ergonómico.	5	1	2	2
Piezas no móviles	5	5	0	0
Fácil acceso para futuros cambios de piezas.	5	3	1	1
Total		40	32	28

Se observa que el diseño que obtuvo el mayor puntaje es el D1, lo que quiere decir que es el que mejor cumple con los criterios de diseño. El más deficiente es el D3. Por último, se aplica el procedimiento para obtener la forma de eliminación de basura, basándose en las especificaciones de diseño, y aplicando la tormenta de ideas en forma grupal.

Forma de Eliminación de Basura:

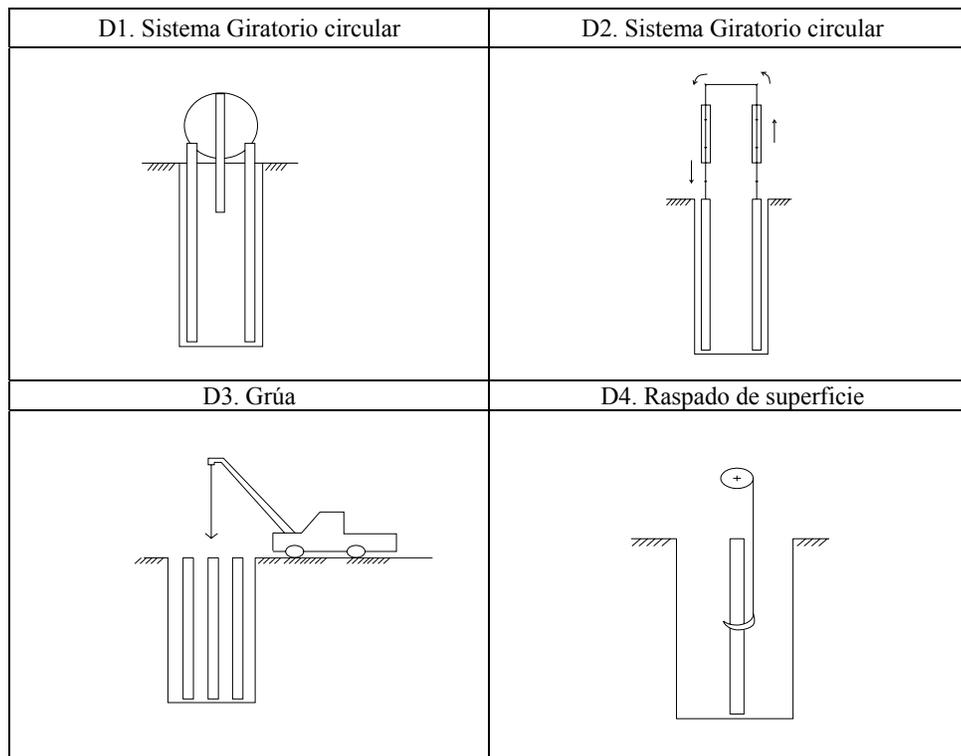


Figura 27. Diseños para sistema de eliminación de basura (Fuente: Autor)

Aplicando los parámetros con sus ponderaciones fijados en la tabla 18 y 19, se colocan valores a cada diseño sin que la suma supere el asignado, como se muestra en la tabla 22:

Tabla 22. Evaluación de diseños para sistema de eliminación de basura (Fuente: Autor)

	Ponderación	D1	D2	D3	D4
Automaticidad	20	7	7	0	6
Capacidad de recoger basura	15	3	3	3	6
Mantenimiento general.	15	1	1	6	7
Costo de material para construcción	10	2	2	2	4
Facilidades de construcción	10	1	1	5	3
Fácil Operación.	10	1	1	5	3
Estética.	5	1	1	2	1
Ergonómico.	5	1	1	1	2
Piezas no móviles	5	1	1	2	1
Fácil acceso para futuros cambios de piezas.	5	1	1	2	1
Total		19	19	28	34

Se observa que el diseño que obtuvo el mayor puntaje es el D4, lo que quiere decir que es el que mejor cumple con los criterios de diseño. El más deficiente es el D1 y D2. Una vez obtenido los diseños que cumplen con los criterios de evaluación aplicando los métodos de evaluación y selección, se muestra el resultado final de la propuesta solución.

2.2.6. Propuesta solución

Básicamente la solución comprende un sistema de filtrado en forma de barras, sistema de elevación con grúa y sistema de limpieza en forma de raspado de superficie.

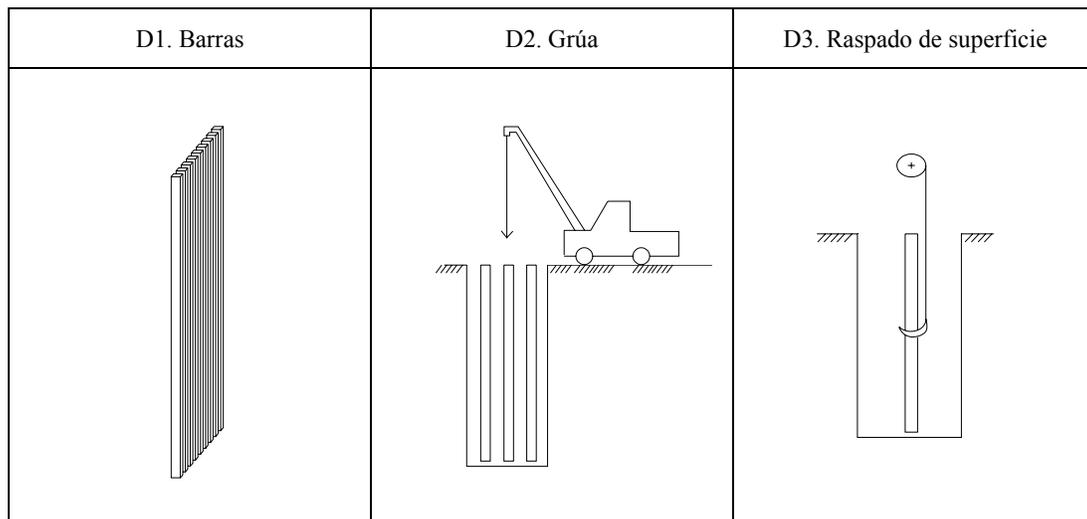


Figura 28. Propuesta Solución (Fuente: Autor)

Ahora se procede a definir con carácter ingenieril y con lujo de detalles las partes que componen el equipo para llegar a la solución final.

2.2.7. *Desarrollo de Solución*

Una vez seleccionada la propuesta solución, se procede a llevar las ideas a un lenguaje ingenieril, seleccionando componentes constructivos, materiales, uniones, y otros factores, tomando las consideraciones necesarias para su modelado.

Se van a plantear 2 modelos de equipo. Uno con material filtrante metálico y otro no metálico, de manera que la empresa pueda elegir entre 2 posibilidades de solución que cumplan con los requerimientos de la empresa. El material va a ser seleccionado por el costo, resistencia a la corrosión y disponibilidad en el mercado venezolano.

Del Apéndice A, se observa que el acero inoxidable 316 tiene buenas propiedades de resistencia a la corrosión en ambientes marinos y de disponibilidad en el país, pero su costo es muy elevado. El acero al carbono es un material con buenas propiedades mecánicas, disponible en el país, muy económico y de propiedades de resistencia a la corrosión es muy baja. Pero si se protege con galvanizado y recubrimientos, es una excelente opción.

Se plantea la utilización de acero al carbono galvanizado con recubrimientos, y para piezas especiales la utilización de acero inoxidable 316.

De los materiales no metálicos, se observa que el poliéster reforzado con fibra de vidrio tiene muy buenas propiedades mecánicas, disponible en Venezuela, y es resistente a ambientes marinos. El inconveniente es que al momento de realizar alguna unión se va a recurrir a uniones apernadas. Por otra parte, es un material costoso, pero requiere poco mantenimiento ya que no se necesita de aplicación de recubrimientos.

Se plantea la utilización de poliéster reforzado con fibra de vidrio y para uniones pernos de acero inoxidable 316.

Como el diseño se esta realizando en un ambiente agresivo, se va a utilizar un espesor mínimo de pared de 4 mm.

El equipo va a colocarse en un ambiente marino, el cual existen fluctuaciones de la marea, por lo que se plantea un estudio para diseñar el equipo en módulos

independientes, obligando a que si se daña un trozo, no se tenga que reemplazar todo el equipo, solo el cambio del trozo afectado.

2.2.8. Diseños Modulares

Debido a las fluctuaciones de la marea y las dimensiones que va a tener el equipo, se plantea dividir el diseño en módulos, de manera que el ensamblaje del equipo sea sencillo y de haber una falla por corrosión, se dañe solo un tramo y no el equipo completo. Esta división de módulos se va a aplicar tanto horizontal como verticalmente. Como son 3,4 metros de ancho, se va a dividir el equipo en dos partes de 1,7 m.

En la figura 29 se observan las diferentes fluctuaciones que tiene la marea en planta Tocoa.

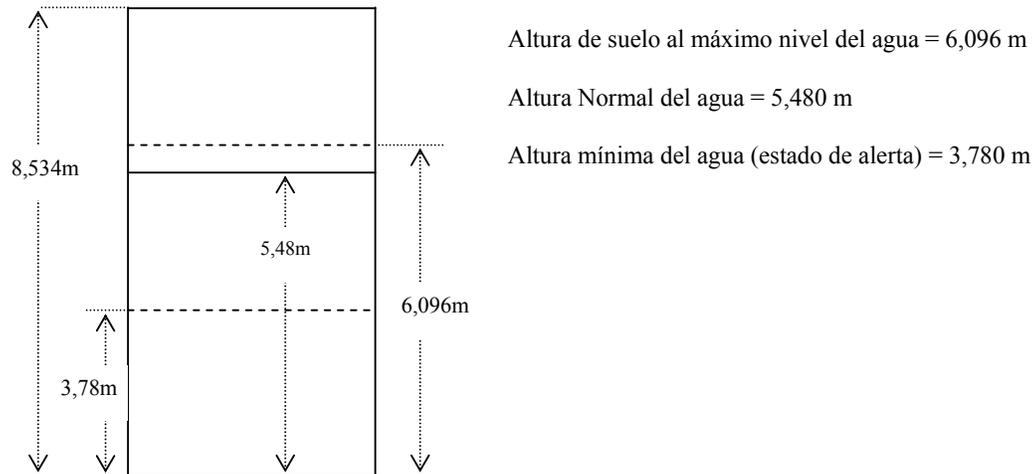


Figura 29. Niveles de fluctuación de la marea en la planta (Fuente: Autor)

Para planta Tocoa, cuando el nivel de agua en el canal llega a 3,78 m se considera un estado de alerta. Pero por información obtenida en planta, nunca ha llegado a este valor. Como son 8,5 metros entre el nivel de trabajo y el suelo, y hay 3 niveles posibles de marea, se plantea para el diseño modular la división horizontal en:

$$\text{Módulos} \geq 3 \text{ divisiones}$$

A continuación se muestran diferentes divisiones de módulos, para escoger la mejor opción:

Tabla 23. Evaluación de diseños para sistema de Eliminación de basura (Fuente: Autor)

	Altura módulo (m)	Nº módulos	h _{total} (m)
a	2,0	3	6
b	1,5	4	6
c	1,2	5	6
d	1,0	6	6

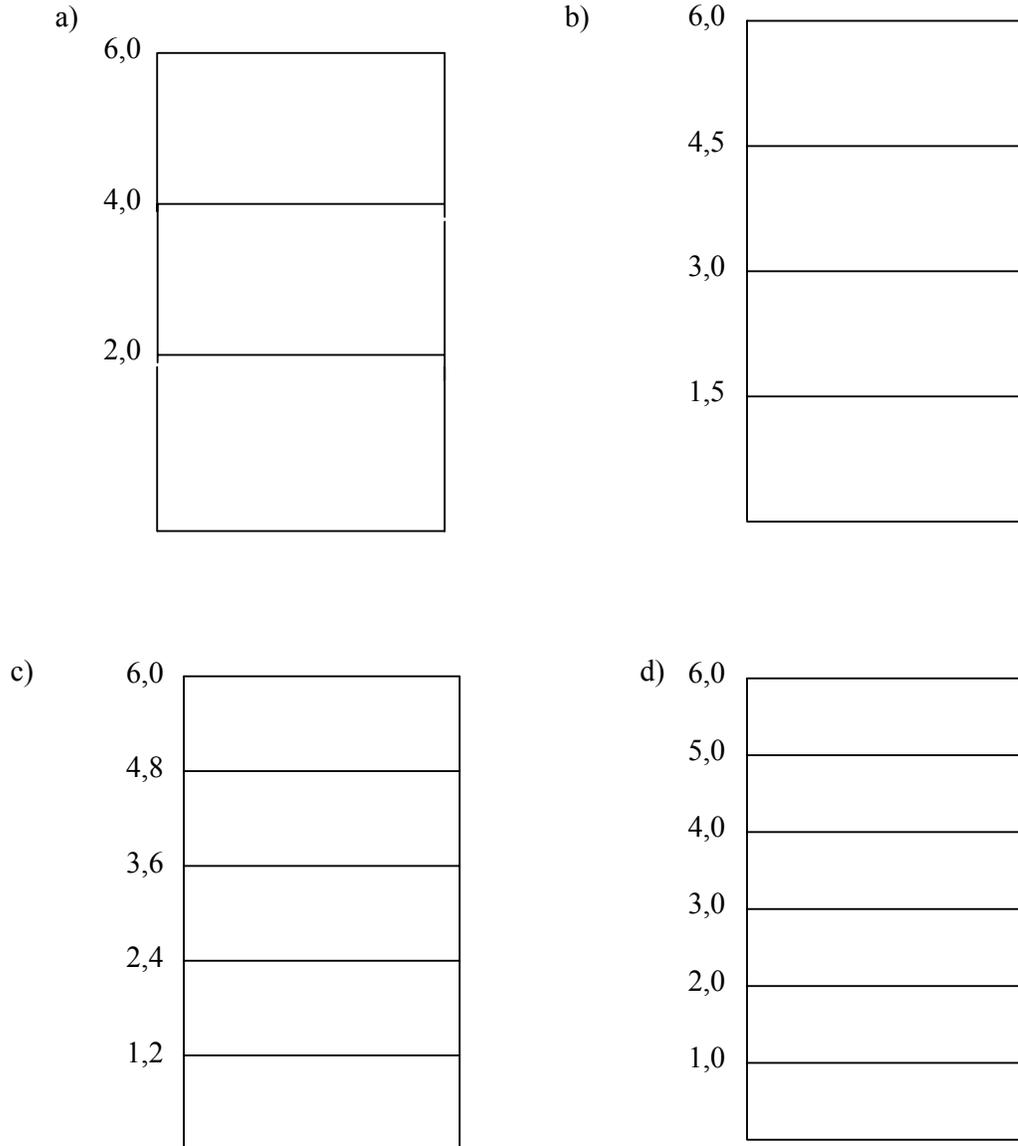


Figura 30. Diseños modulares (Fuente: Autor)

De la figura 30, en la parte (a), se plantean divisiones horizontales cada 2,00 m. En la parte (b) divisiones cada 1,50 m. En la (C) divisiones cada 1,20 m y en la (d) divisiones cada metro.

Considerando que el agua fluctúa entre 4,00 m y 5,48 m, se observa que en la opción “c” se dañarían dos módulos de 1,20 m cada uno. En la opción “d” se dañan dos módulos de 1,0 m cada uno. El nivel del agua es superior a 4 m, lo que asegura que se dañarían módulos de 1m cada uno, ahorrando material.

Un ejemplo esquemático de como queda el equipo se muestra a continuación en la figura 31. Los números y letras son colocados para asignar secciones que se utilizaran mas adelante para los cálculos.

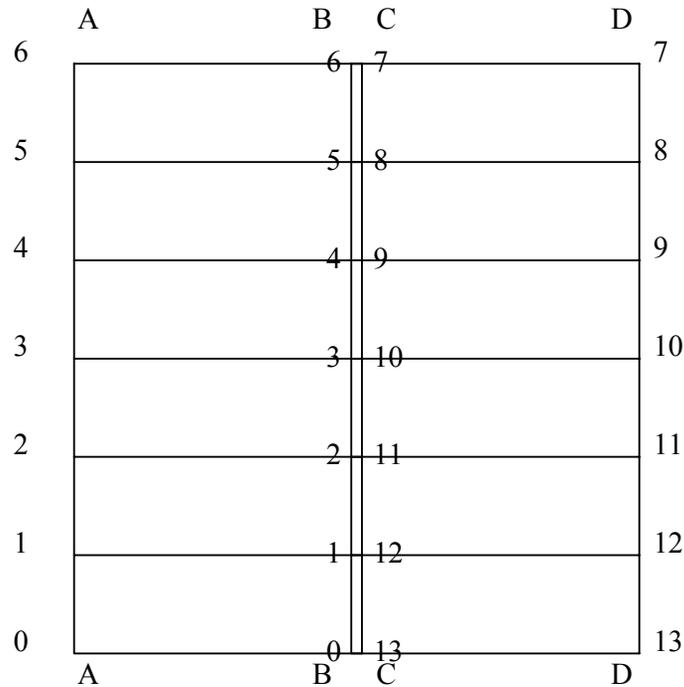


Figura 31. Dibujo esquemático del sistema de filtrado

El cuadrado formado por A-A-D-D corresponde a la sección donde se van a ubicar las barras para la pantalla de filtrado. Los números del 0 al 6 no son los metros de separación de los módulos, son valores para asignar secciones a estudiar. El sector B-C corresponde a la división horizontal del equipo. Las dimensiones de A-B y C-D son iguales. El módulo estaría formado por la sección 1-0-A-B.

Para los modelos a diseñar, existen partes cuyo cálculo son similares, como es el caso del eje de potencia, sistema de limpieza por agua de mar a presión, rigidez del equipo y los procedimientos de instalación, construcción y mantenimiento.

A continuación se procede al diseño de los equipos.

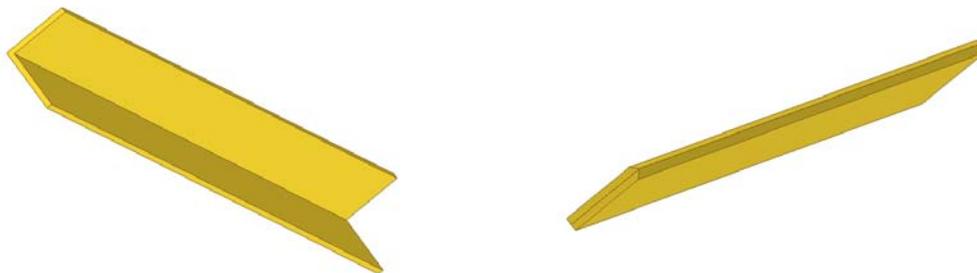
2.3. *MODELO 1. Poliéster reforzado con fibra de Vidrio*

Como se explicó en el punto 2.2.7, el material base para el Modelo 1 va a ser el Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio. Para piezas que requieran una protección especial se va a utilizar acero inoxidable 316. Para el diseño se va a empezar por el sistema filtrante, y luego con la forma de eliminación de basura.

2.3.1. *Sistema Filtrante*

Para soportar los medios filtrantes es necesaria la colocación de una estructura resistente a los lados del equipo. Esta sección pertenece a la A-A y D-D de la figura 31. Para ello se va a utilizar un perfil de acero Conduven cuadrado de 200x200x7 mm como se observa en la figura 33, parte A. Como la estructura va a ser principalmente de poliéster reforzado, y la altura mínima entre el nivel de operación y el suelo es de 8,5 m, se dividirá la columna en 8 tramos de 1m y 1 tramo de 0,5m para cada lado.

Para formar la pantalla de filtrado, se desean colocar barras separadas a un valor que depende del paso de la cantidad de paso de agua, a lo largo de la sección A-A-D-D de la figura 31, de manera que bloquee el paso de materias de gran tamaño y permita el caudal de agua suficiente para el funcionamiento de la bomba. Analizando los perfiles comerciales del poliéster reforzado (anexo 2), se observa que no existen barras que permitan una facilidad de unión y de filtrado. Se plantea utilizar un perfil L-3 picado por la mitad, de manera de obtener pletinas de tamaño 76,2 x 6,3 mm. El largo a utilizar es de 3 m cada perfil. Con la unión de estos se obtienen barras de filtrado de 12,6 mm de espesor como se muestra en la figura 32 B.



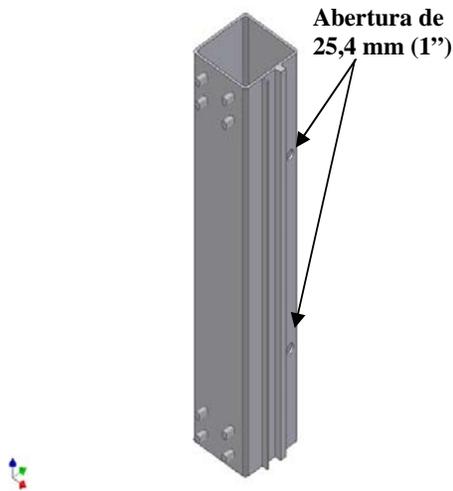
A- Perfil L-3 Completo

B- Perfil L-3 picado

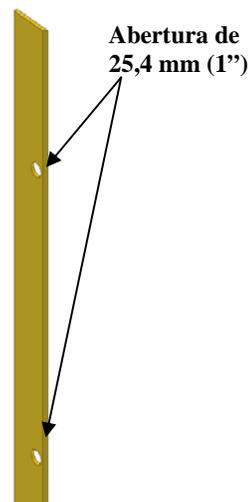
Figura 32. Corte de perfil L-3 (Fuente: Autor)

Es importante destacar que las barras van a tener una longitud de 3m y las columnas de 1m. Para este modelo, el módulo va a estar compuesto de la sección 3-0-A-B según la figura 31.

Para fijar las pletinas a la columna (sección A-A y D-D), se taladra un hueco de 25,4mm (1") a una distancia específica a lo largo del perfil L-3 y de la columna, y se atraviesa una barra circular del mismo material de 25,4 m (1") de diámetro y pequeños trozos del mismo perfil para formar el espacio de filtrado, que sería de 6,3 mm (que corresponde al espesor del perfil L-3). Estos trozos deben dejar un espacio para que pueda pasar el recoge basura. En las siguientes figuras se muestra la ubicación de los elementos en diferentes vistas.



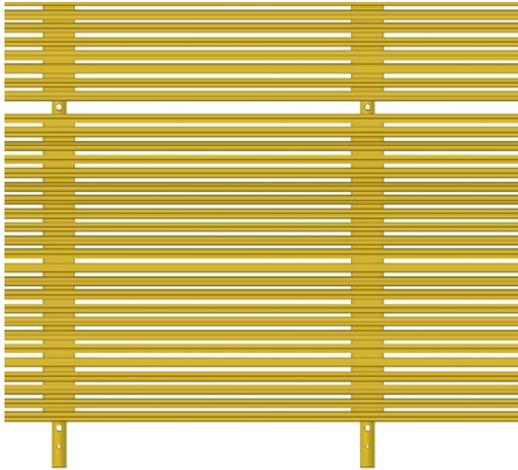
A- Columna de acero Conducen 200x200x7 mm



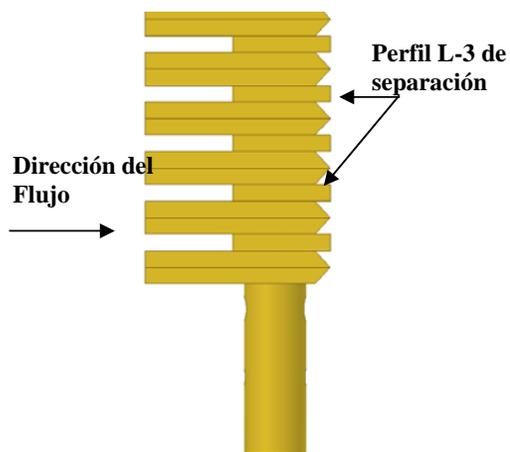
B- Perfil L-3 para sistema de filtrado

En la figura 33 A, se observa la columna de acero de 1 m, que va a soportar las pletinas filtrantes (sección A-A y D-D de la figura 31). Se taladra una abertura de 25,4 mm de diámetro a 250mm del borde y 500 mm de separación, para poder pasar una barra de material poliéster reforzado con fibra de vidrio del mismo diámetro. Para la columna de 0,5 m, es igual a esta solo que picada por la mitad.

En la figura 33 B, se observa el perfil L-3 picado en forma de pletina que va a estar ubicado a lo largo de la sección A-A-D-D. Se taladra una abertura de 25,4 mm de diámetro a 250mm del borde y 500 mm de separación, para poder pasar una barra de material poliéster reforzado con fibra de vidrio del mismo diámetro. Tiene una altura de 3 m. El procedimiento se realiza a cada una de las pletinas que van a formar el sistema de filtrado. La abertura no esta en el medio de la barra.



C- Vista Frontal



D-Vista Superior

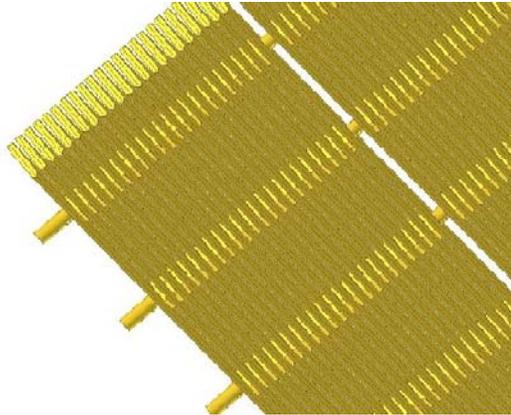


E-Corte de Perfil L-3 para separación

En la figura 33 C, se observa una vista frontal del sistema filtrante que va a formar la sección A-A-D-D de la figura 31. Están separados a 6,3 mm, que es el espesor del perfil L-3. Se observa como la barra de 25,4 mm atraviesa los perfiles.

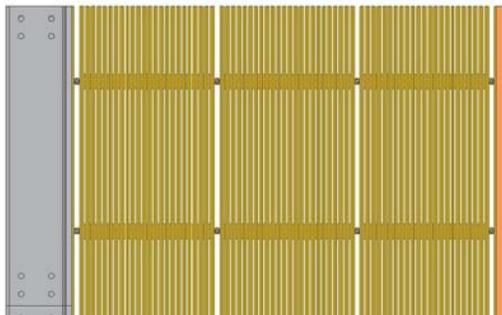
En la figura 33 D, se observa la ubicación de los Perfiles L-3 de separación y la distribución de las pletinas de 12,6 mm. Se observa la separación que existe entre el inicio de entrada del agua y el perfil de separación. Esto es para evitar las guías del recoge basura se bloqueen, como se verá mas adelante.

En la figura 33 E, se observa el perfil L-3 de separación. La abertura es de 25,4 mm (1"), y el espesor es de 6,3 mm.



F- Vista Ángulo

En la figura 33 E, se observa una vista en ángulo del sistema de filtrado y la forma en que las barras atraviesan los perfiles. Se recuerda que para este primer módulo, los perfiles L-3 tienen un largo de 3 m.

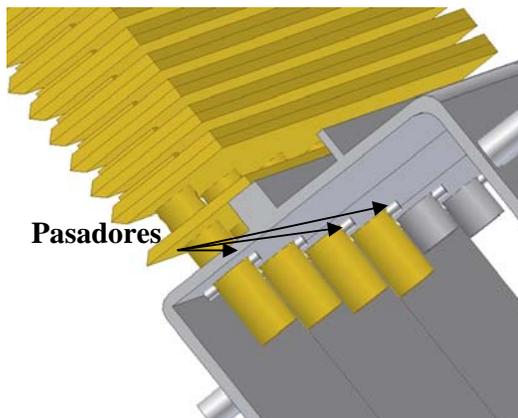


G- Vista ampliada de un módulo

En la figura 33 G, se observa como queda un trozo de 1m del módulo completo con las barras de filtrado, que según la figura 31 sería la sección 6-5-A-B, repitiéndose en cada tramo.

Figura 33. Configuración de perfiles para el filtrado (Fuente: Autor)

Para fijar los perfiles a la columna, se utiliza un pasador de acero inoxidable 316 como se muestra en la figura 34.



F- Conexión Columna

En la figura 34, se observa la ubicación de los pasadores, que atraviesan la barra de 25,4 mm de diámetro. Esto es la sección A-A-D-D con las columnas A-A y D-D. El cálculo del diámetro del pasador se muestra a continuación.

Figura 34. Fijación de perfiles L-3 a columna (Fuente: Autor)

Para unir el sistema de filtrado a la columna, se van a utilizar pasadores de acero inoxidable 316. La fuerza transmitida por las pletinas horizontales corresponde a 1 paño (mitad superior y mitad inferior) de la configuración mostrada en la figura 33 C (vista Frontal). Esto se observa también en la figura 31, la mitad del tramo 6-5-A-B corresponde a medio paño y ejercen fuerza al tramo 5-5. El peso del perfil L-3 es de 1,75 Kg/ml, valor obtenido del anexo 2. El paño tiene una dimensión de 0,5 m, lo que el peso del perfil se reduce a la mitad, 0,875 Kg. En el módulo van a haber 73 pletinas de 12,6 mm de espesor, dando un peso de 63,84 Kg. Como son 2 paños la carga es de 127,68 Kg. Se van a utilizar pasadores de 9,525 mm (3/8") de diámetro. Para determinar la capacidad del pasador, se utiliza el criterio de esfuerzo de corte máximo (Hibbeler 1998):

$$\sigma_{corte} = \frac{F_{corte}}{A} \leq \frac{S_y}{2 \cdot \Psi}$$

Para el Pasador se tiene: $S_y = 2100 \text{ Kg/cm}^2$

$\Psi = \text{Factor de seguridad}$

Aplicando la ecuación y despejando el factor de seguridad, se obtiene:

$$\frac{127,78 \text{ Kg}}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,9525 \text{ cm})^2} \leq \frac{2100}{2 \cdot \Psi}$$

$$\Psi \leq \frac{1050}{179,32} = 5,85$$

A continuación se compara el factor de seguridad obtenido con los valores que se observan en la tabla 24

Tabla 24. Factores de diseño recomendados (Fuente: Shigley)

Conocimiento de las cargas	Conocimiento del Esfuerzo	Conocimiento del Entorno	Conocimiento del Material	Factor de Seguridad
Determinación precisa	Determinación precisa	Condiciones controlables	Muy conocido	1,25 - 1,50
Determinado fácilmente	Determinado fácilmente	Razonablemente constante	Muy conocido	1,50 - 2,00
Determinable	Determinable	Ordinario	Promedio	2,00 - 2,50
Promedio	Promedio	Promedio	Menos probado o frágil	2,50 - 3,00
Promedio	Promedio	Promedio	No probado	3,00 - 4,00
Incierto	Incierto	Incierto	Mejor conocido	3,00 - 4,00

Se observa que el factor de diseño más alto recomendado para un material que no posee conocimientos de cargas y esfuerzos, esta entre 3 y 4, y el factor de diseño obtenido es de 5,85 con la fuerza aplicada directamente al pasador. Lo que permite concluir que las fuerzas a las que va a estar sometido el pasador las soportar.

A continuación se determina si el espesor de filtrado utilizado mostrado en la figura 33 D permite la entrada de agua necesaria. Para ello se calcula cuantas barras caben en el ancho disponible para filtrar ($L_{\text{filt}} = 2,761 \text{ m}$), y se toma el valor entero menor. Para el calculo de espesor mínimo de filtrado que se puede lograr con esta barra, divide la longitud disponible para caudal de agua ($L_{\text{min}} = 0,643 \text{ m}$) entre el número de barras.

$$\text{N}^\circ \text{ Barras} = 2,7610 \text{ m} / 0,0126\text{m} = 219,1269$$

Se toman 219 Barras.

$$\text{Espesor mínimo de filtrado} = 0,6430 \text{ m} / 219 = 0,003 \text{ m}$$

El espesor mínimo que se puede lograr es de 3 mm para el paso del caudal, y se esta utilizando 6,3 mm.

2.3.2. Sistema Recoge basura:

Para este sistema se plantea una especie de tolva con un elemento que raspe la pantalla de filtrado. Se van a utilizar 2 para el equipo completo, de manera de cubrir la superficie A-A-B-B y C-C-D-D de la figura 31. Para esto se van a utilizar planchas PL-600 de poliéster reforzado junto con piezas de acero inoxidable que le van a dar resistencia y a formar el volumen de recolección de basura. Para el elemento raspador, se van a utilizar pelos de PVC de escobas industriales sujetados con lámina de acero inoxidable.

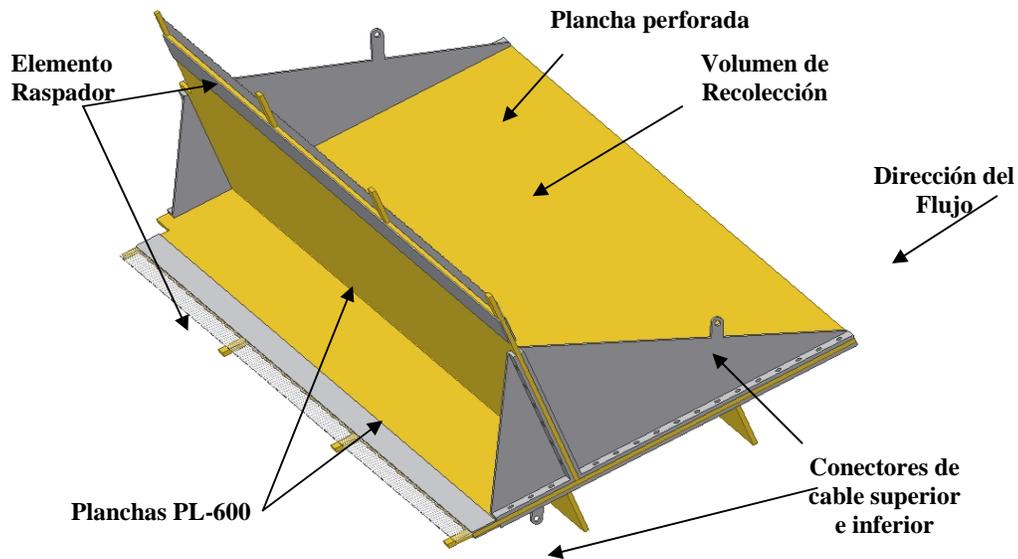
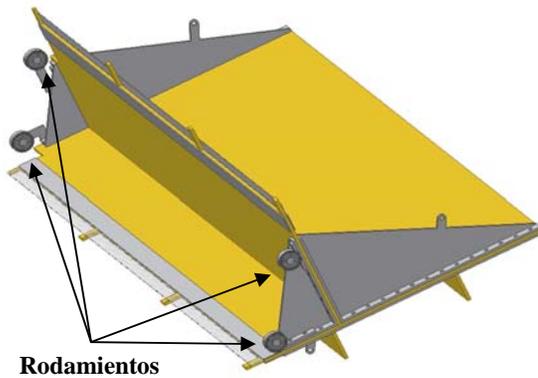


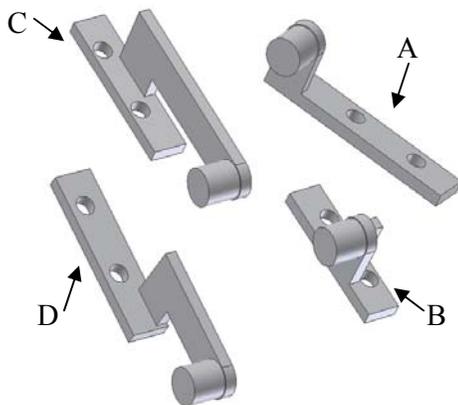
Figura 35. Forma principal del recoge basura (Fuente: Autor)

En la figura 35 se observa la disposición de las planchas para crear el volumen de recolección. El elemento raspador va a estar cercano a la superficie de filtrado. Las piezas de unión de los perfiles son planchas de acero inoxidable 316 de 4,75 mm de espesor. Las Planchas PL-600 van a estar perforadas con varios huecos de diámetro de 3mm, para que el agua valla saliendo mientras el equipo sube.

El raspador debe subir y bajar por la pantalla de filtrado para realizar la tanda de recolección de basura, por lo que se va a utilizar un sistema de cable con un eje que se encargue de producir el movimiento deseado recogiendo o halando el equipo. El sistema de cable se verá mas adelante. Es por ello que se deben colocar conectores entre el cable y el recolector de basura, como se observa en la figura 35 en cada lado del recoge basura, y unas guías a los laterales y en el medio para que el sistema mantenga el movimiento de subida y bajada. Para evitar que se genere fricción entre las guías y el equipo se colocan rodamientos de acero inoxidable. Para evitar pandeo de la lámina, se coloca un rigidizador en la parte inferior de la misma. Igualmente se hace sobresalir en las láminas unas guías pequeñas que sirven para mantener en su lugar el sistema ante cualquier fuerza externa que se genere. En las siguientes figuras se muestra la ubicación de los elementos en diferentes vistas.



A- Recoge basura con rodamientos



B- Soporte de Rodamientos

En la figura 36 A, se observa la colocación de rodamientos a los lados del recoge basura, las cuales van a estar dentro de unas guías que van a darle el recorrido en sentido hacia arriba y abajo.

En la figura 36 B, se observan los soportes de los rodamientos al recoge basura:

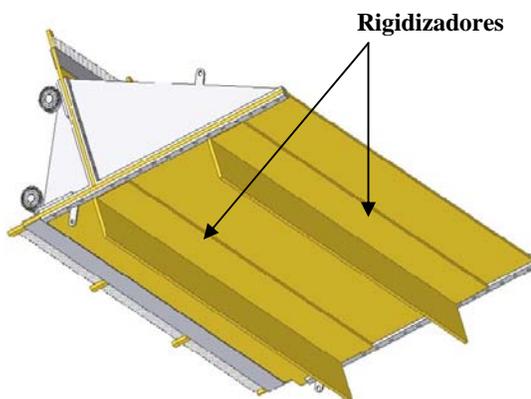
A: Soporte lateral superior.

B: Soporte lateral inferior.

C: Soporte superior medio.

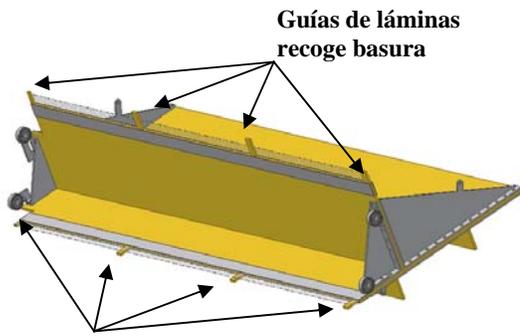
D: Soporte inferior medio.

Son hechas con láminas de acero inoxidable 316 de espesor 4,75 mm.



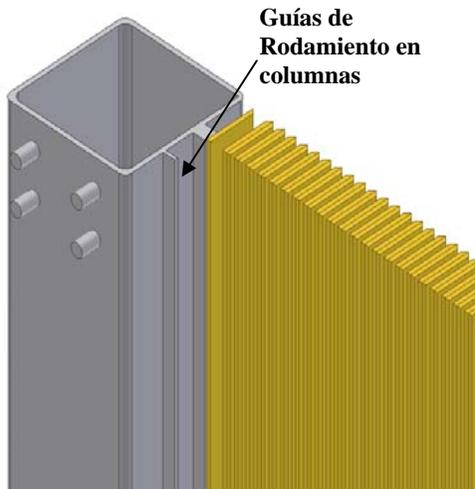
C- Rigidizadores

En la figura 36 C, se observan los rigidizadores del recoge basura. Esto es para evitar el pandeo de la lámina. Para ello se va a utilizar un perfil L-3.



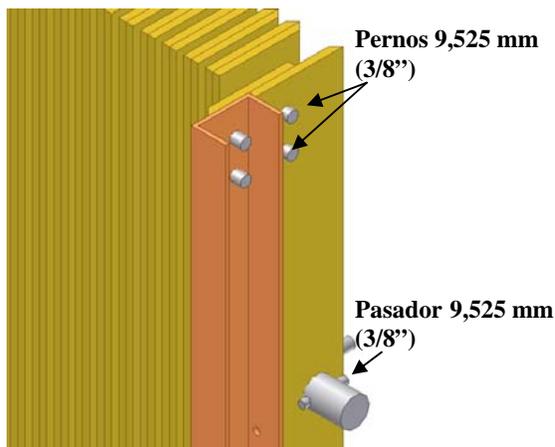
D- Guías de láminas del recoge basura

En la figura 36 D, se observan las guías de las láminas del recoge basura. Su función principal es el mantener al equipo en la línea de subida y bajada ante cualquier fuerza externa que se genere, al igual que mantener las tolerancias de ajuste en el espacio de trabajo del recoge basura.



E- Guías de rodamientos en las columnas de acero

En la figura 36 E, se observa la guía de los rodamientos en la columna. Está hecha con pletinas de acero de 19,05 x 4,763 mm y de barra cuadrada 20 x 20 mm. El espacio que se deja para el paso del rodamiento es de 43 mm.



F- Guías de rodamientos en la parte media del equipo

En la figura 36 E, se observa la guía para rodamiento en la parte media del equipo. Se observa la configuración para soportar la guía al sistema filtrante a través de pernos de 9,525 mm, y un pasador que permite que los elementos filtrantes queden fijados en su posición. Este esquema se repite en el equipo.

Figura 36. Sistema Recoge Basura (Fuente: Autor)

Para dar movimiento de subida y bajada se van a amarrar en conjunto con cable de acero inoxidable 316 en tres puntos: A los lados y en el medio, por la parte superior e inferior, como se muestra en la figura 37.

Cable lateral superior

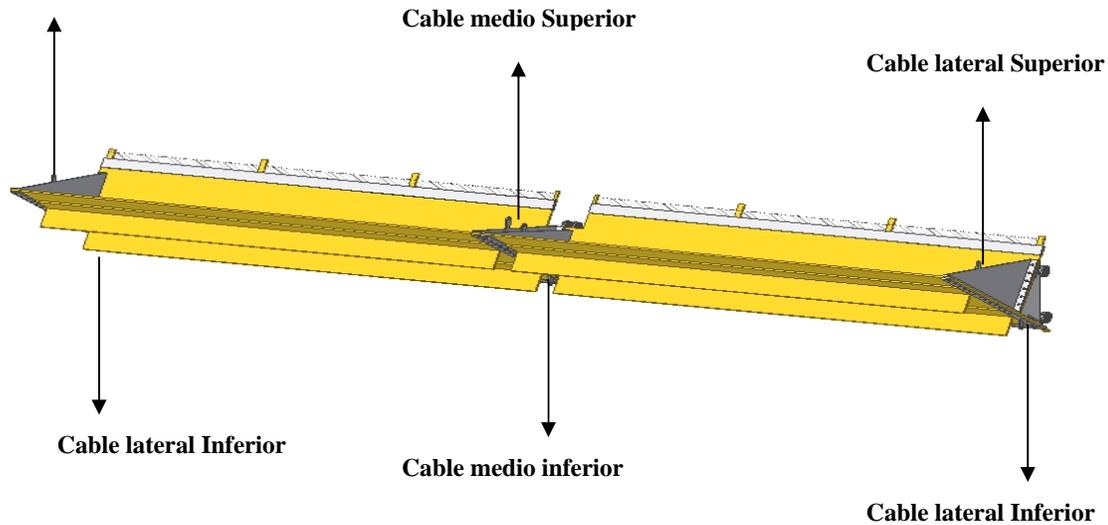


Figura 37. Sistema de recolección de basura completo (Fuente: Autor)

Los cables superiores son para hacer subir al equipo, mientras que los cables inferiores ayudan al recolección de basura a bajar, a través de un sistema de pivote que se muestra mas adelante. Los rodamientos a utilizar son rígidos de bola SKF, de una hilera, obturadas con protecciones a ambos lados.

Designación: W 6302-2Z

Carga dinámica: 9560 N

Carga Estática: 5200 N

Velocidad Límite: 19000 rpm

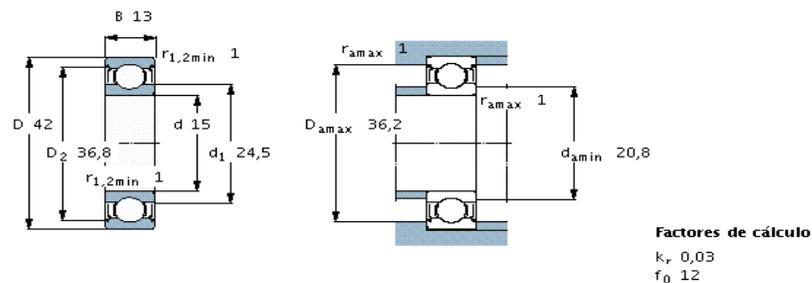


Figura 38. Dimensiones de los rodamientos rígidos de bola para el recolección de basura (Fuente: SKF)

El sistema de recoge basura va a ser igual para el modelo 2, lo que solo se mostrará en esta parte del trabajo.

El volumen de recolección de basura es de $0,092 \text{ m}^3$, que multiplicándolo por el criterio de diseño de la norma COVENIN, da un peso de basura de $63,72 \text{ Kg}$ de basura.

Para lograr la separación de las guías de las láminas, se utilizan pernos de cabeza hexagonal de $9,525 \text{ mm}$ ($3/8''$) cuya cabeza es de $19,05 \text{ mm}$, atravesando la barra de $25,4 \text{ mm}$, cuya colocación se muestra en la figura 39 y 40.

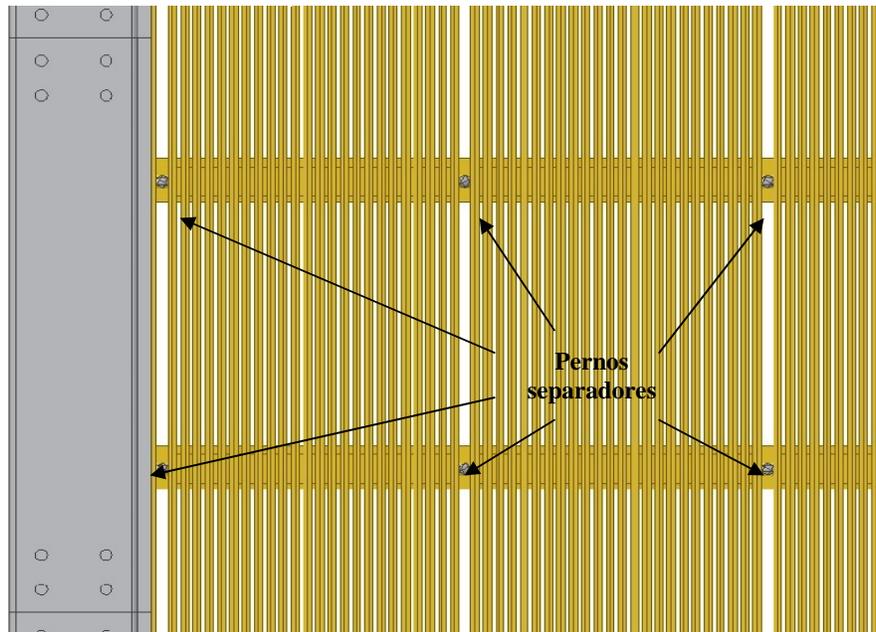


Figura 39. Colocación de pernos separadores (Fuente: Autor)

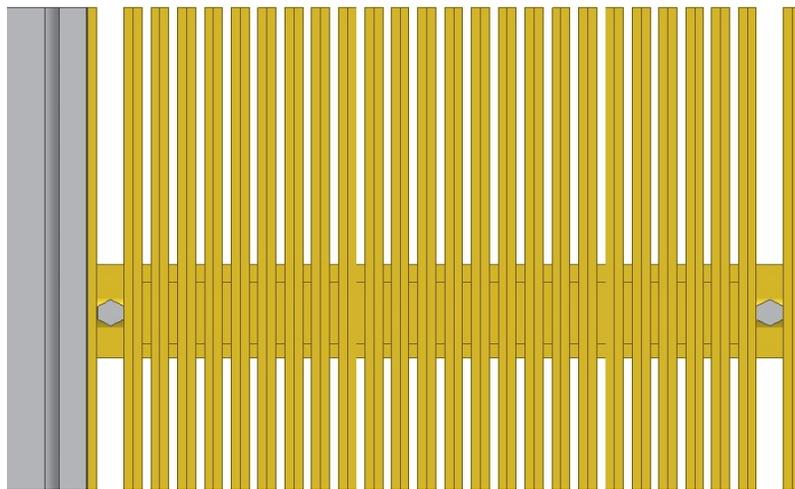


Figura 40. Vista ampliada de separadores (Fuente: Autor)

Al unir los módulos horizontales, se obtiene una configuración como la que se muestra en la figura 41.

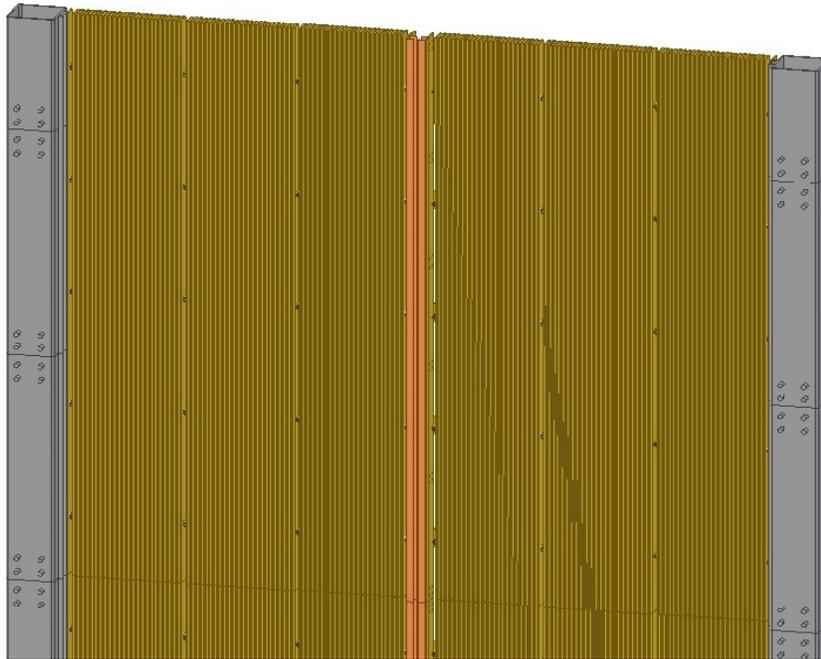


Figura 41. Vista completa frontal del equipo con separadores (Fuente: Autor)

Para la unión de los módulos, se van a utilizar perfiles L-3 en la parte trasera del equipo, unidos con los pernos de 9,525 mm de diámetro utilizados para la separación de guías de láminas, como se muestra en la figura 42.

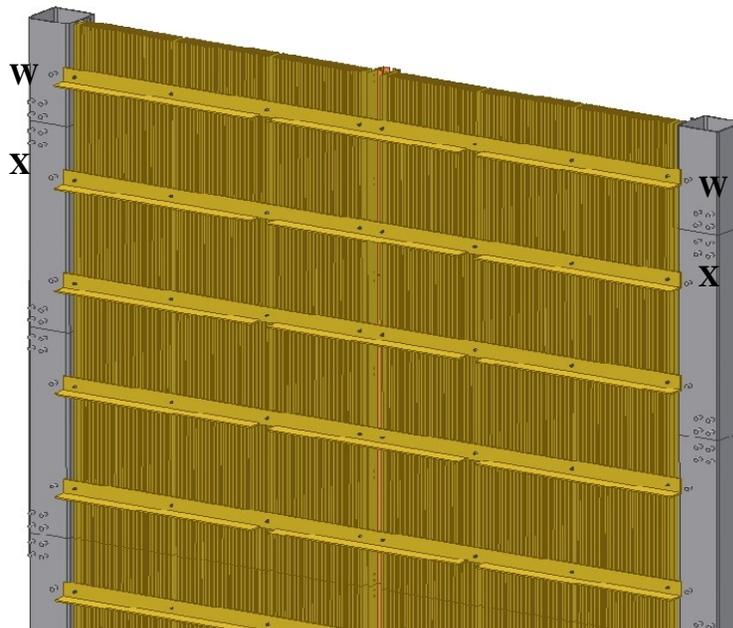


Figura 42. Parte posterior del equipo unido con perfiles L-3 (Fuente: Autor)

De la figura 42, se observa que el perfil L-3 ubicado en la parte trasera del equipo para la unión de los módulos (sección W-W y X-X), absorbe toda la carga del equipo, ya que en ella se sostienen los pernos separadores que llevan consigo la barra circular de 25,4mm de diámetro y las barras de filtrado. Debido a esto se realiza un estudio de cargas en esta sección. Este caso se repite a lo largo de la parte trasera del equipo. El modelado de las cargas que actúan sobre el perfil se muestra a continuación:

SECCIÓN W-W

Se procede a calcular el centro de gravedad y la inercia del perfil L-3

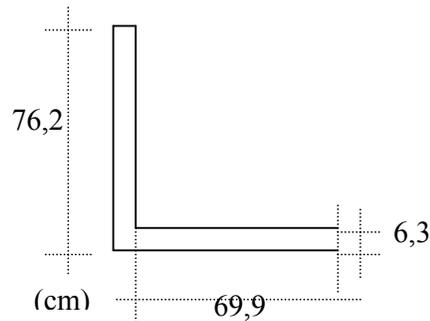


Figura 43. Dimensiones del perfil L-3 (Fuente: Autor)

Partiendo de la ecuación de cálculo de centro de gravedad, se tiene

$$\bar{y} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{(76,2 \cdot 6,3)38,1 + (69,9 \cdot 6,3)3,15}{76,2 \cdot 6,3 + 69,9 \cdot 6,3} \quad \bar{y} = 21,38mm$$

$$\bar{x} = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} = \frac{(76,2 \cdot 6,3)3,15 + (69,9 \cdot 6,3)41,25}{76,2 \cdot 6,3 + 69,9 \cdot 6,3} \quad \bar{x} = 21,38mm$$

$$I_{xx} = I_{yy} = \frac{6,3(76,2)^3}{12} + (6,3 \cdot 76,2)(18,23)^2 + \frac{69,9(6,3)^3}{12} + (69,9 \cdot 6,3)(19,87)^2$$

$$I_{xx} = I_{yy} = 567148,4 \text{ mm}^4$$

Los Valores de Inercia obtenido son $I_{xx} = I_{yy} = 56,75 \text{ cm}^4$. En la figura 44 se muestra la distribución del centro de gravedad en el Perfil L-3

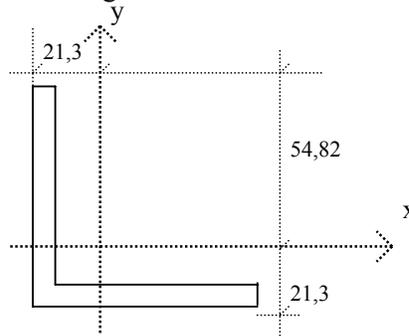


Figura 44. Centro de Gravedad del perfil L-3 (Fuente: Autor)

Por definición de módulo de sección:

$$S_x = \frac{I}{y}$$

El brazo más desfavorable es 54,82 mm ya que es el brazo mas alejado.

$$S_x = \frac{567148,4}{54,82} = 10345,64 \text{ mm}^3$$

$$S_x = 10,345 \text{ cm}^3$$

La fuerza transmitida por las pletinas horizontales corresponde a 1 paño (mitad superior y mitad inferior) como se observa en la figura 31, la mitad de la sección 6-5-A-D y la mitad de la sección 5-4-A-D. La carga que se transmite al perfil debido a los pesos viene dada por:

Pesos de perfiles:

- Perfil "L-3": 1,75 kg/m N° de perfiles L-3 por tramo de 0,5m = 24

$$24 \text{ "L-3"} = 1,75 * 24 * 0,5 = 21 \text{ kg/paño a cada } 0,5 \text{ m}$$

- Perfil "U-35": 0,6 kg/m Perfil "U-35" = 0,6*2*0,5 = 0,6 kg

- Barra diámetro 25,4 mm → P = 1,01 kg/m

- Otras fuerzas = 0,7 kg

- Peso en parte central = 0,7 + 0,6 = 1,3 kg + pernos = 3 kg

Considerando una viga simplemente apoyada, con separación a cada 0,5m en la sección 0-0 (que es igual en las secciones 1-1, 2-2, etc) se muestran las cargas que generan flexión sobre la sección:

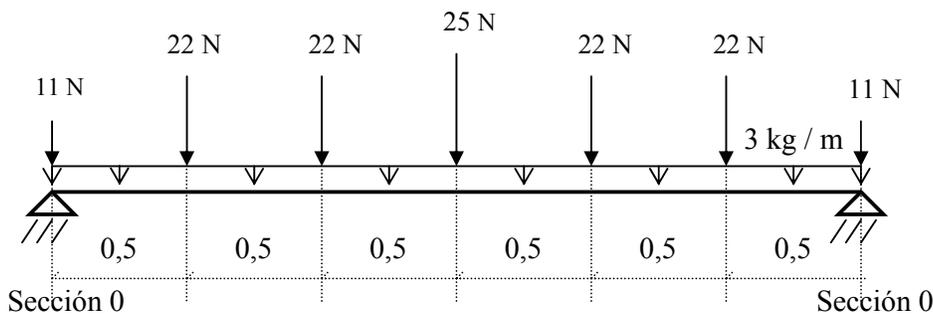


Figura 45. Modelado de cargas para el perfil L-3 sección 0-0 (Fuente: Autor)

Utilizando el programa “Vigas” de la calculadora HP48 GX, se obtuvieron las reacciones, corte máximo y el momento flector máximo.

$$RA = RB = 72 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 56 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 61 \text{ kg} \quad \text{de 0 a 0,5 m}$$

Sabiendo que

$$S_x \geq \frac{M_{\max}}{\left(\frac{S_y}{\phi} \right)}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_y = 2100 \text{ kg / cm}^2 \\ \text{Factor de Seguridad } \Phi = 3 \end{array} \right\} S_x \geq 8 \text{ cm}^3$$

Se observa que,

$S_x \text{ necesario} \geq S_x \text{ obtenido}$ (La capacidad del perfil L-3 de la sección W-W es suficiente).

Cuando el equipo se eleva para su colocación en el lugar de trabajo o durante el ensamble, las partes que lo componen, por peso propio, van a aplicar una carga que genera flexión en el sistema (observe la sección 0-0 de la figura 31).

Para calcular la deflexión máxima producida, se suman las cargas aplicadas anteriormente y se dividen entre la longitud total del perfil, obteniendo un valor de carga distribuida de $0,48 \text{ kg/m}$ ($\Sigma(q/m) + q$) y se aplica la ecuación de deflexión para una viga simplemente apoyada:

$$\delta_{\max} = -\frac{5WL^4}{384EI}$$

$$\delta_{\max} = -\frac{5 \cdot 0,48(\text{kg/cm})(300)^4}{384 \cdot 140000 \cdot 56,7} = 6,37 \text{ cm}$$

La deformación es muy grande en la sección 0-0, por lo que se plantea la necesidad de colocar rigidizadores en la parte posterior. Este efecto se produce cuando está en posición horizontal (ensamblado) y vertical (colocación en espacio de trabajo), lo que conlleva a la colocación de una cercha con tirantes de la siguiente manera:

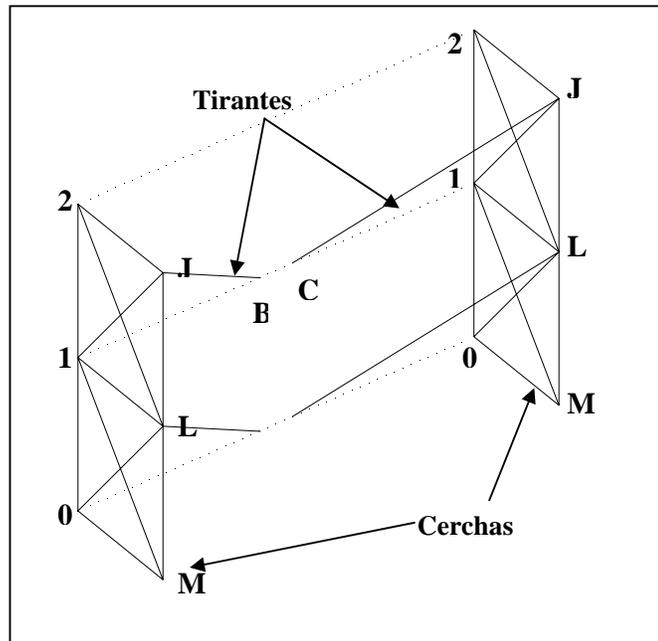


Figura 46. Modelo de cercha con tirantes (Fuente: Autor)

Se observa en la figura 46 que la cercha está compuesta por las secciones 2-J-M-0. Esta va a ir a lo largo de las secciones A-A y D-D de la figura 31. Los tirantes están compuestos por la sección J-B y J-C y se repite a lo largo. Están colocados a tracción, de manera de evitar el pandeo del perfil utilizado.

A continuación se procede a calcular la flecha que se genera una vez ubicado los tirantes con las cargas que generan flexión en la sección 0-0. Se analiza la misma viga, colocando rodillos como apoyos intermedios, simulando los rigidizadores. A esta configuración se llamará Tirante Caso 1:

Ubicación Tirante Caso 1:

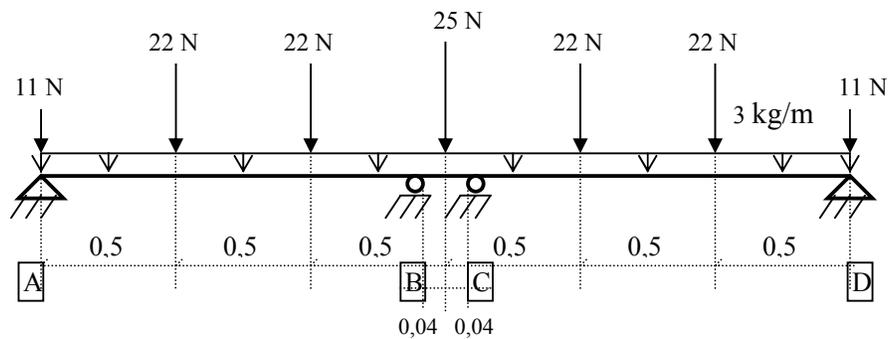


Figura 47. Modelado de cargas con ubicación de tirantes caso 1 (Fuente: Autor)

Utilizando el programa “Vigas” de la calculadora HP48 GX, Se obtuvieron las reacciones y las deflexiones

$$RA = 27,3 \text{ kgf} \quad RC = 44,7 \text{ kgf}$$

$$RB = 44,7 \text{ kgf} \quad RD = 27,3 \text{ kgf}$$

Calculando el Producto E.I para la deflexión, tomando el módulo de elasticidad del material según el anexo 2 y la inercia calculada anteriormente, se tiene:

$$E.I = 140000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}.56,7 \text{ cm}^4 = 7938000 \text{ kg-cm}^2$$

$$EI = 793,8 \text{ kg-m}^2$$

La deflexión Y_{\max} ocurrida en $L = 2,368 \text{ m} \longrightarrow Y_{\max} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,5 \text{ mm}$

Como la deflexión da un valor apreciable, se procede a ubicar los tirantes en la mitad de los módulos. Se analiza la misma viga, colocando rodillos como apoyos intermedios, simulando los rigidizadores. A esta configuración se llamara Tirante Caso2:

Ubicación Tirante Caso 2

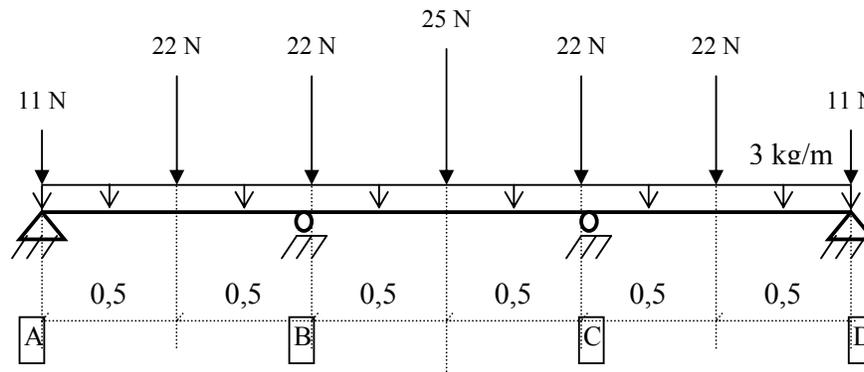


Figura 48. Modelo de cargas con ubicación de ubicación de tirantes caso 2 (Fuente: Autor)

Utilizando el programa “Vigas” de la calculadora HP48 GX, Se obtuvieron las reacciones y las deflexiones

$$RA = 19,67 \text{ kgf} \quad RC = 52,33 \text{ kgf}$$

$$RB = 52,33 \text{ kgf} \quad RD = 19,67 \text{ kgf}$$

La deflexión Y_{\max} ocurrida en $L = 2,54 \text{ m} \longrightarrow Y_{\max} = 3,30 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,3 \text{ mm}$

Para el caso de ubicación 2 la deflexión es menor, siendo esta la mejor ubicación de los tirantes. RB y RC serían las fuerzas transmitidas a los perfiles.

Para evitar posibles problemas de rigidez y pandeo cuando el equipo este en proceso de ensamblaje o levantándolo para colocarlo en su posición de trabajo, se colocará una cercha en la columna de acero de la sección A-A y D-D, modelada de la siguiente manera:

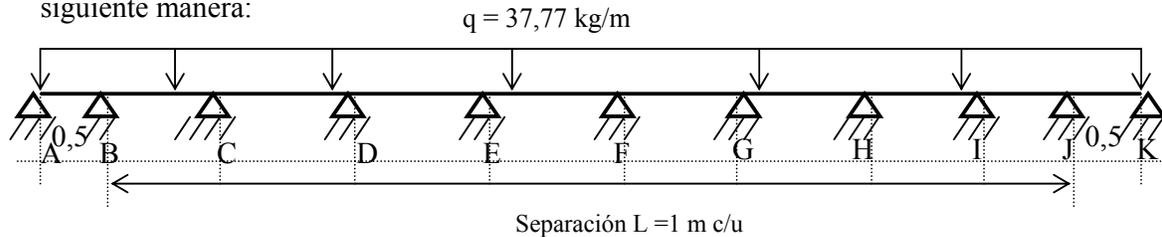


Figura 49. Modelado de cargas para columnas (Fuente: Autor)

Donde:

q = Peso propio del perfil

$E = 2,04 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$I = 3194 \text{ cm}^4$

Utilizando el programa “Vigas” para la calculadora HP48 GX, Se obtuvieron las reacciones y las deflexiones

$RA = RK = 5,00 \text{ kgf}$ $RC = RI = 39,09 \text{ kgf}$ $RE = RG = 37,82 \text{ kgf}$

$RB = RI = 31,66 \text{ kgf}$ $RD = RH = 37,52 \text{ kgf}$ $RF = 37,75 \text{ kgf}$

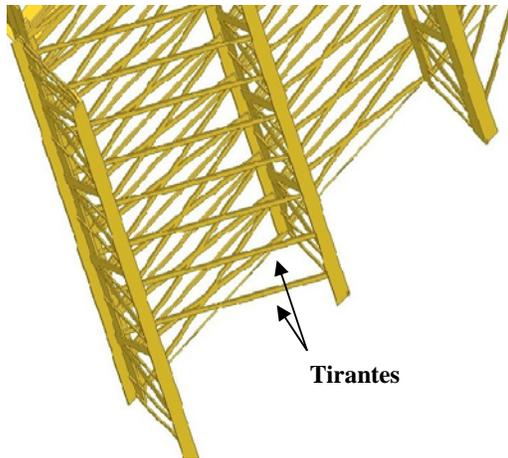
La deflexión Y_{max} ocurrida en $L = 4 \text{ m}$ $\rightarrow Y_{max} = 7,14 \times 10^{-8} \text{ m}$

La Deflexión producida con la aplicación de una estructura de cerchas es prácticamente despreciable cuando el equipo este en posición horizontal o cuando se valla a movilizar. La forma de la cercha y los tirantes se muestra a continuación en la figura 50.



A- Cercha

En la figura 50 A, se observa la forma de la cercha final. Posee 4 filas de perfiles, permitiendo mayor rigidez al equipo.



B- Vista de tirantes

Figura 50. Cercha y tirantes (Fuente: Autor)

En la figura 50 B, se observa los tirantes. Están hechos con pletinas de perfil L-3. Se observa como no se encuentran ubicados en un mismo plano.

Para unir esta estructura con el sistema filtrante, se van a utilizar pernos de 9,525 mm (3/8") de diámetro. La fuerza aplicada en el perno es 127,78 Kg, la misma que absorbe el pasador calculado anteriormente. Para determinar la capacidad del perno, se utiliza el criterio de esfuerzo de corte máximo:

$$\sigma_{corte} = \frac{F_{corte}}{A} \leq \frac{S_y}{2 \cdot \Psi}$$

Para el perno se tiene: $S_y = 2100 \text{ Kg/cm}^2$

Ψ = Factor de seguridad

Aplicando la ecuación y despejando el factor de seguridad, se obtiene:

$$\frac{127,78 \text{ Kg}}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,9525 \text{ cm})^2} \leq \frac{2100}{2 \cdot \Psi}$$

$$\Psi \leq \frac{1050}{179,32} = 5,85$$

A continuación se compara el factor de seguridad obtenido con los valores que se observa en la tabla 24. Se observa que el factor de diseño más alto recomendado para un material que no posee conocimientos de cargas y esfuerzos, esta entre 3 y 4, y el factor de diseño obtenido es de 5,85 con la fuerza aplicada directamente al perno. Lo que permite concluir que las fuerzas a las que va a estar sometido el perno las soportar.

Debido a que las solicitaciones a las que está sometido el equipo no son grandes, los pernos se usarán estrictamente para soporte y unión de piezas.

Esta cercha se va a utilizar igual en el modelo 2, lo que los cálculos respectivos estarán en esta parte del trabajo y no se repetirán más adelante.

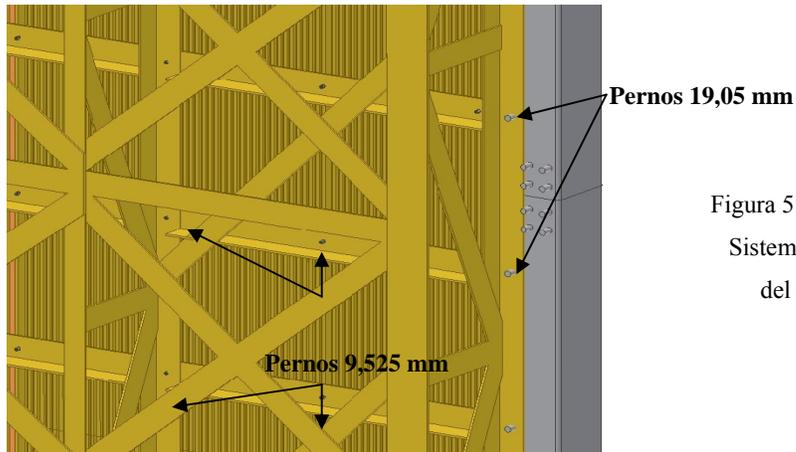


Figura 51. Unión de Cercha con Sistema Filtrante. Vista posterior del equipo (Fuente: Autor)

En la figura 51 se observa que para la unión de la cercha con el sistema filtrante se utilizan pernos de 9,525 mm (3/8"), y para unirlo con columna se utilizan pernos de 19,05 mm (3/4"). A continuación se muestra en la figura 52 el sistema de filtrado con el recoge basura.

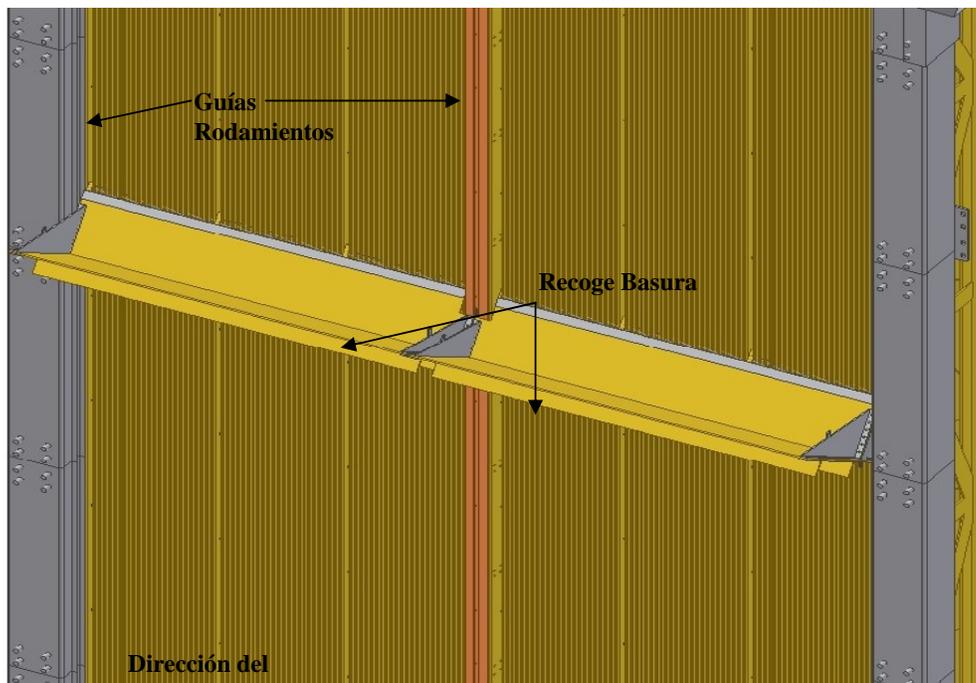
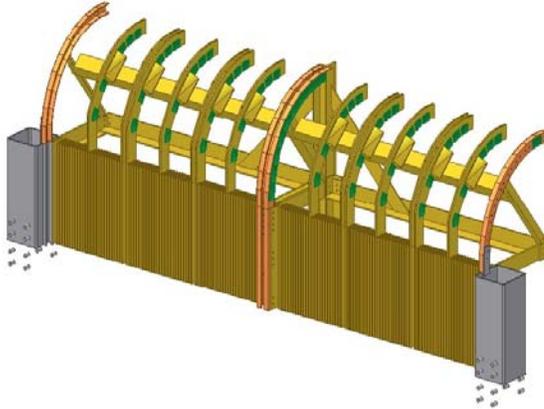


Figura 52. Sistema filtrante con el recoge basura (Fuente: Autor)

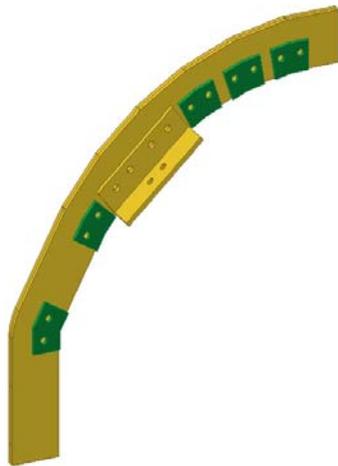
2.3.3. Parte superior del equipo:

Una vez que el recoge basura limpie la pantalla de filtrado, se colocara una superficie curva en la parte superior del equipo con perfiles picados a ángulos específicos para producir un giro de 90°. Esta guía curva esta hecha de perfil U-35 con pequeños trozos de plancha PL-600 que fijan la línea. Se soporta con una estructura para que le de rigidez al sistema. La forma del elemento curvo se muestra a continuación en la figura 53.



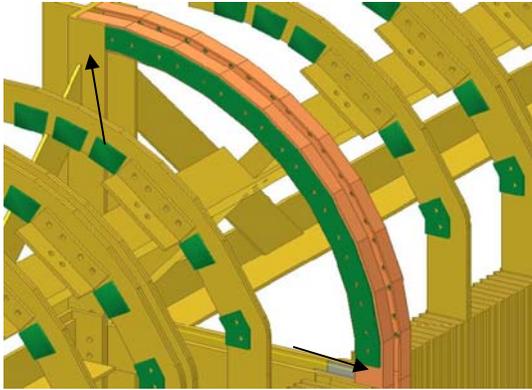
En la figura 53 A, se observa una vista completa de la parte superior del equipo y la estructura que soporta las guías curvas. Esto se une a través de pernos a la cercha ya antes mostrada. El tamaño de las columnas mostradas es de 0,5 m, al igual que los perfiles L-3.

A- Vista Total de la parte superior



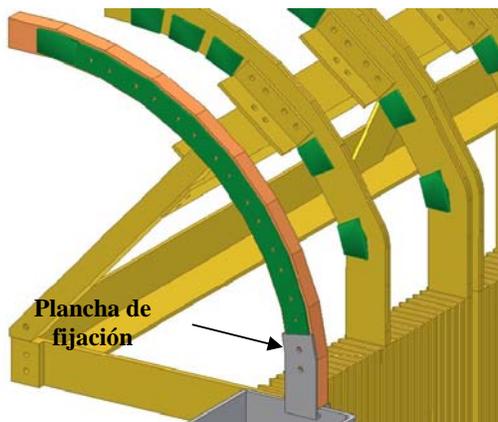
En la figura 53 B, se observa una guía del recoge basura cuando este esta en el proceso de giro de 90° para descargar la basura.

B- Guía de Recoge basura



C- Guía de rodamiento curvo parte media

En la figura 53 C, se observa las guías curvas para la parte media del equipo. Está hecho con perfiles U-35 picados en ángulos específicos que permiten formar la forma curva. Tiene un radio de aproximadamente 0.5 m. Al momento de hacer mantenimiento solo hay que quitar los pernos en los puntos marcados para sacar la guía.



D- Guía de rodamiento curvo laterales

En la figura 53 D, se observa la guía curva para los laterales del equipo. Van a estar soportados con la cercha. Se observa una plancha de acero para la fijación del elemento curvo al equipo. Al momento de hacer mantenimiento solo hay que quitar los pernos para sacar la guía.

Figura 53. Guías curvas de recoge basura y rodamientos (Fuente: Autor)

A continuación se muestra en la figura 54, el giro que realizaría el recoge basura en la parte superior del equipo. Se muestran otros elementos que serán explicados mas adelante.

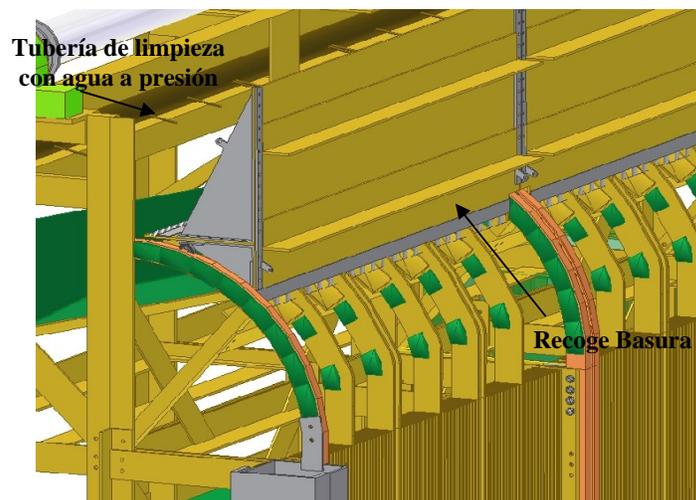


Figura 54. Giro del recoge basura en la parte superior del equipo (Fuente: Autor)

En esta posición, se limpia el sistema con agua de mar a presión proveniente de unos spray de una tubería de acero inoxidable 316 como se observa en la figura 54.

Para definir las propiedades del sistema de limpieza con agua a presión, se utilizan algunos de los valores de especificaciones de los filtros Rex utilizados anteriormente en la planta, como el tamaño de la tubería y caudal de paso. En la tabla 25 se muestran las especificaciones del sistema:

Tabla 25. Propiedades del sistema de limpieza a presión (Fuente: Autor)

Díámetro de la tubería	0,076 m (3")
Presión de salida de chorro de agua	413,690 KPa (60 psi)
Caudal de paso por tubería	0,015 m ³ /s (245 GPM)
Spray Nozzle acero inoxidable 316	12 unidades
Pulg. de spray	0,006 m (1/4")

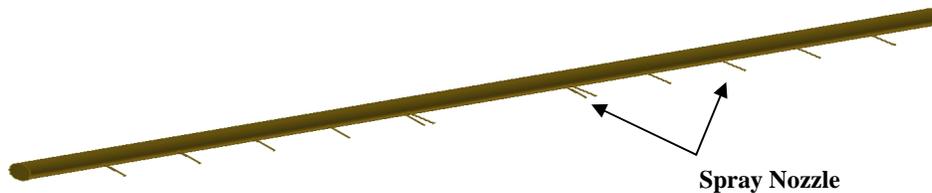
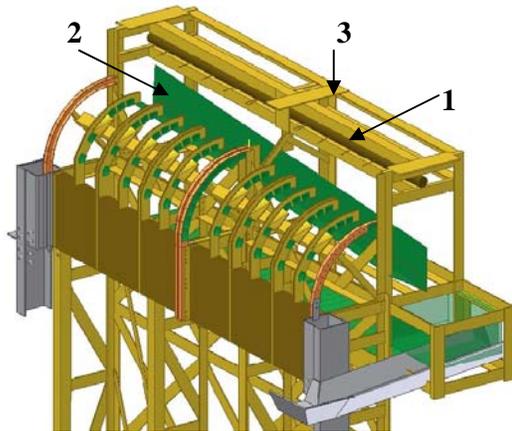


Figura 55. Tubería de limpieza con spray de limpieza (Fuente: Autor)

En la figura 55 se observa la tubería para el sistema de agua a presión con los spray. Este sistema con estas condiciones se va aplicar igual al modelo 2 a diseñar.

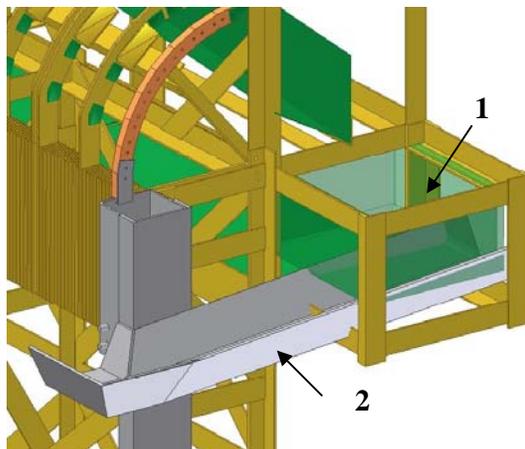
El agua junto con la basura caen sobre un canal inclinado hecho de plancha PL-600 de poliéster reforzado hacia un colador grande, donde se queda la basura y el agua se devuelve al canal principal de entrada de agua.



A- Canal de basura

En la figura 56 A, se observa:

- 1- Tubo de Agua
- 2- Canal
- 3- Estructura soporte



B- Colador y canal de retorno de agua

En la figura 56 B, se observa:

- 1- Colador.
- 2- Canal de regreso de agua.

Figura 56. Canal de eliminación de basura (Fuente: Autor)

2.3.4. Sistema de potencia para el movimiento del Recoge basura

Para producir el movimiento ascendente y descendente del recoge basura, se va a utilizar un eje impulsor con poleas planas que se encarguen de recoger y halar el cable. El sistema es como el que muestra la figura 57.

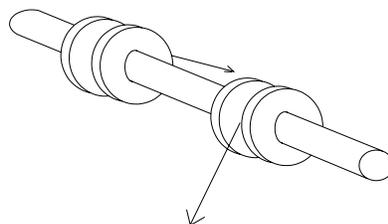


Figura 57. Sistema de unión de cables en eje (Fuente: Autor)

Se observa que cuando el eje gira en un sentido, por un carrete el cable se libera, y el otro lo recoge. Como es el mismo cable, este pasa por un sistema de poleas sumergida hecho con plancha y rodamientos de acero inoxidable que va a esta ubicado debajo del equipo, de manera de hacer un punto pivote y el equipo realice su movimiento de limpieza.

Los rodamientos a utilizar son rígidos de bola SKF, de una hilera, obturadas con protecciones a ambos lados.

Designación: **W 6210-2Z**

Carga dinámica: 29600 N

Carga Estática: 22400 N

Velocidad Límite: 8000 rpm

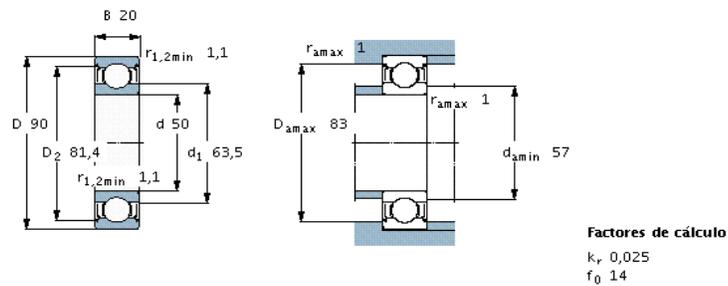
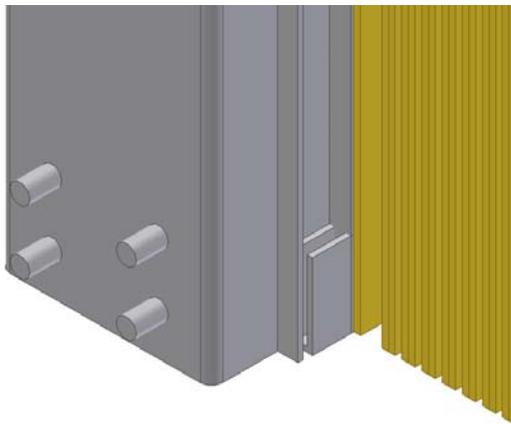


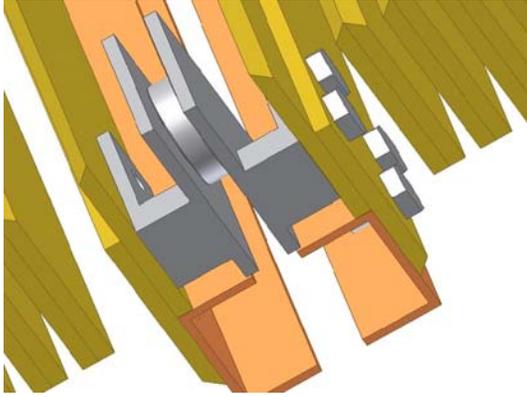
Figura 58. Dimensiones de los rodamientos rígidos de bola para el sistema pivote sumergido(Fuente: SKF)

A continuación se muestra la forma de los puntos pivotes que se van a encontrar en la parte de abajo del equipo.



A- Pivote en columna

En la figura 59 A, se observa el punto pivote del cable de acero en los laterales del equipo. Dentro se encuentra ubicado el rodamiento anteriormente especificado. Una sección va soldada a la columna y la otra que es donde lleva el rodamiento va a ir apernado a la pletina del sistema filtrante. Va a ser de plancha de acero inoxidable 316.



En la figura 59 A, se observa el punto pivote del cable de acero de la parte central inferior del equipo. Está hecho de acero inoxidable 316 y va apernado a las pletinas del sistema filtrante. Dentro se encuentra el rodamiento anteriormente especificado.

B- Pivote central

Figura 59. Pivotes para el cable (Fuente: Autor)

2.3.5. Diseño de eje de potencia:

Para iniciar el cálculo de eje, se debe saber el torque que hay que vencer producto del peso de la basura. Según Brivensa, fabricante de cables en Venezuela, los carretes para cables se deben fabricar de un diámetro 34 veces mayor o igual al diámetro del cable. El carrete que se encarga de enrollar el cable al momento de subir y bajar el equipo. El cálculo mostrado a continuación se aplica igual al modelo 2 a diseñar.

El tipo de cable a utilizar es cable 7 x 19 de acero inoxidable 316 de diámetro 3,175 mm (1/8"). Para iniciar los cálculos se parten de las siguientes dimensiones del carrete:

$$\text{Diámetro de carrete} = 34 \times 3,175 \text{ mm} = 107,950 \text{ mm}$$

Se toma 110 mm de diámetro. El ancho de la cara se va a tomar 10 veces el diámetro del cable.

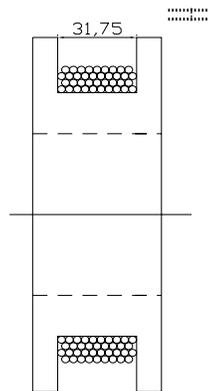


Figura 60. Dimensiones del carrete (Fuente: Autor)

Para material del eje y de los carretes se va a seleccionar acero inoxidable 316. Para calcular el torque, se toma en cuenta el peso de la basura y de las partes que componen el recoge basura, y se modela como una viga con 3 apoyos de la siguiente manera:

$$L = 2.964 \text{ mm}$$

Peso Aproximado por tramo del Recoge basura = 2.500 N

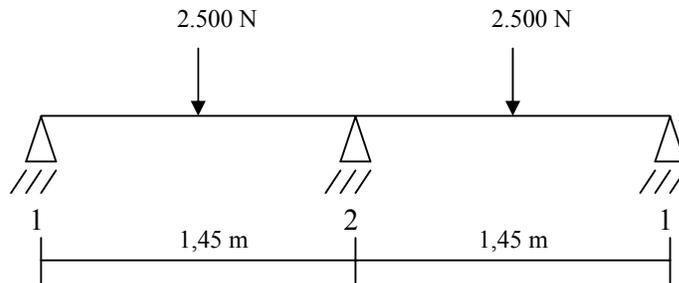


Figura 61. Modelado para cargas en recoge basura (Fuente: Autor)

Utilizando el programa “Vigas” de la calculadora HP48 GX, Se obtuvieron las siguientes reacciones:

$$R1 = 781,25 \text{ N} \approx 800 \text{ N}$$

$$R2 = 3.437,5 \text{ N} \approx 3.500 \text{ N}$$

Con la fuerza y el radio de la polea se calcula el torque:

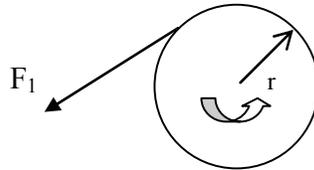


Figura 62. Dirección de las fuerzas y el radio del carrete (Fuente: Autor)

$$1) T = F \cdot r = 800 \cdot 0,55 = 440 \text{ N-m}$$

$$2) T = 3500 \cdot 0,55 = 1.925 \text{ N-m}$$

Para el cálculo de eje se debe fijar la potencia, torque y velocidad de giro. Para obtener estos valores se toman los datos de los equipos anteriores que son:

Potencia del motor: 0,75 kW (1 HP).

Velocidad de salida: 0,86 rpm

De los distribuidores de motoredutores en Venezuela, se utilizó el recomendado por la empresa MAI C.A, cuyas características son:

Potencia del motor: 0,75 Kw. (1 HP).

Torque: 5.773 N-m

Velocidad de salida: 1,1 rpm

Para acoplar la potencia del motor al eje se va a utilizar transmisión de cadena

La longitud requerida para el eje es de 3.2 m, por lo que para el cálculo se van a utilizar tres apoyos, simulando 3 rodamientos, como se muestra en la figura 63. Los rodamientos se les asignan con las letras A, D e I; K1, K4 y K6 son los carretes que enrollan el cable cuando el equipo sube; y K2, K3 y K5 son los carretes que enrollan el cable cuando el equipo baja. K7 es el engranaje que recibe la potencia del motor.

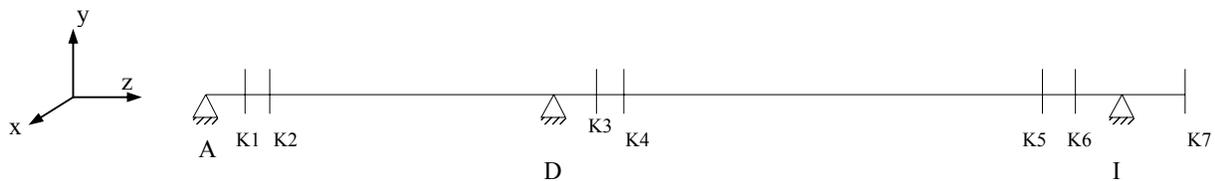


Figura 63. Modelado de Eje de potencia (Fuente: Autor)

Para calcular el eje se deben tomar en cuenta 2 casos diferentes de carga:

- Cuando el recoge basura sube para realizar la limpieza de la pantalla de filtrado (Caso Subida)
- Cuando el recoge basura baja para establecerse en la posición inicial de trabajo (Caso Bajada).

A continuación se muestra la distribución de fuerzas sobre el eje para cada caso.

Caso subida:

El eje gira en sentido horario, tal que el recoge basura sube para realizar la limpieza de la pantalla de filtrado. La distribución de las fuerza se muestra en la 64. Este caso se aplica para los puntos K1, K4 y K6 de la figura 63.

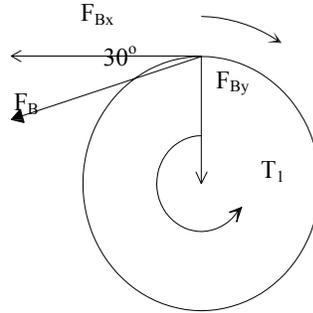


Figura 64. Distribución de fuerza caso subida (Fuente: Autor)

Caso bajada:

El eje gira en sentido antihorario, tal que impulsa al recoge basura a bajar. La distribución de las fuerza se muestra en la 65. Este caso se aplica para los puntos K2, K3 y K5 de la figura 63.

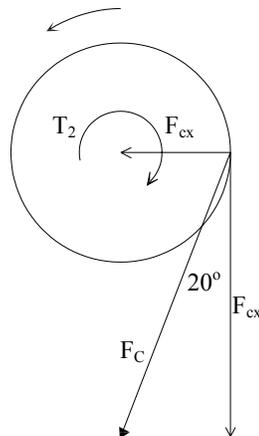


Figura 65. Distribución de fuerza caso bajada (Fuente: Autor)

Al descomponer las fuerzas que ejercen los carretes para los casos de subida y bajada (Figura 64 y 65), se observa que se ejercen reacciones en el plano Y y X. Como el módulo de la fuerza en los carretes son los valores calculados para la figura 61, de $R_1 = 800\text{ N}$ y $R_2 = 3500\text{ N}$, se procede a descomponer la carga en cada punto de la figura 63. Los valores de las cargas en los diferentes planos son:

$$\begin{array}{l}
 F = K_1 = K_6 = 800\text{ N} \\
 \\
 F' = K_2 = K_5 = 800\text{ N}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 F_x = 800 \cdot \cos(30) = 693\text{ N} \\
 F_y = 800 \cdot \sin(30) = 400\text{ N} \\
 \\
 F'_y = 800 \cdot \sin(20) = 273,61\text{ N} \\
 F'_x = 800 \cdot \cos(20) = 751,75\text{ N}
 \end{array}
 \right.$$

$$\begin{aligned}
 K3 = 3500 \text{ N} & \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{K3x} = 3500 \cdot \cos(30) = 3050 \text{ N} \\ F_{K3y} = 3500 \cdot \sin(30) = 1750 \text{ N} \end{array} \right. \\
 K4 = 3500 \text{ N} & \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{K4x} = 3500 \cdot \sin(20) = 1200 \text{ N} \\ F_{K4y} = 3500 \cdot \cos(20) = 3300 \text{ N} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

K7: Fuerza que ejerce el engranaje

Para el calculo de la fuerza en el engrane

- N° de dientes = 25

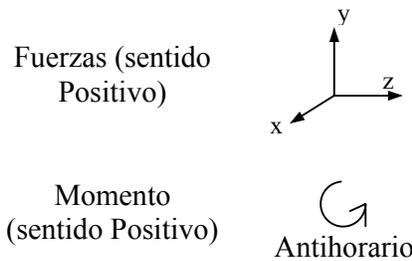
$$Dp = \frac{P}{\sin(180/Np)} = 5,98''$$

Con la ecuación de cálculo de fuerza de engranes se tiene

$$F_y = \frac{T \cdot 2}{D} = \frac{4257,933 \cdot 2}{5,98} = 1424,03 \text{ lbf} \cong 6350 \text{ N}$$

Una vez obtenido todos los valores de las cargas en los diferentes planos, se establece la convención de signos a utilizar en los cálculos del eje, como se observa en la tabla 26.

Tabla 26. Convención de signos para el cálculo del eje de potencia (Fuente: Autor)



A continuación se muestra en una tabla resumen con los valores de las cargas en las direcciones Y y X, y los valores de los momentos, para el eje de potencia con su signo respectivo de acuerdo con la convención de signos mostrada en la tabla 26.

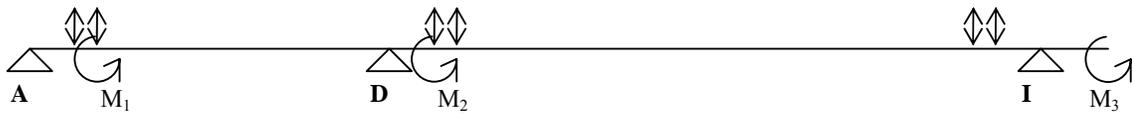
Tabla 27. Reacciones en los puntos de interés para el eje de potencia (Fuente: Autor)

	X (N)	Y (N)	Momento (N-m)
K1 = K6	-693,00	-400,00	440,00
K2 = K5	-273,61	-751,75	-220,00
K3	-3.050,00	-1.750,00	1.925,00
K4	-1.200,00	-3.300,00	-1.815,00
K7	6.350,00		+/- 5.773,00

Para cada caso de carga, se tienen reacciones en diferentes planos: Caso subiendo en Plano YZ y XZ, caso bajando en plano YZ y XZ, para los cuales se determinaran las sollicitaciones en los puntos de interés para posteriormente tomar para el diseño los valores mas desfavorables.

A continuación se presentan el modelo para cada caso, las reacciones generadas por las fuerzas, y un ejemplo de los diagrama de corte y momento para uno de estos.

Caso subiendo



Caso bajando



Nota: \updownarrow $\left\{ \begin{array}{l} \uparrow \text{ Para plano xz} \\ \downarrow \text{ Para plano yz} \end{array} \right.$

Figura 66. Modelado de cargas para los diferentes casos de carga en el eje de potencia (Fuente: Autor)

Utilizando el programa “Vigas” de la calculadora HP48 GX, y sustituyendo los valores de la tabla 27 dependiendo del caso, se obtuvieron las siguientes reacciones mostradas en la tabla 28.

Tabla 28. Sollicitaciones en los puntos para el eje (Fuente: Autor)

Caso	Plano	Reacciones (N)			Momentos (N-m)		
		R_A	R_D	R_I	M_1	M_2	M_3
Bajando	xz	-1.704,5	615,8	1.254,7	-	-	5.773,0
	yz	-1.068,8	1.077,1	-2.354,3	-220,0	-1.815,0	5.773,0
Subiendo	xz	1.485,0	-10.475,0	-9.157,0	440,0	1.925,0	-5.773,0
	yz	1.880,0	-190,0	5.680,1	-	-	-5.773,0

A continuación se muestra el diagrama de momento y fuerzas cortantes para el caso de subida del recoge basura en la figura 66.

Caso subida

Plano yz

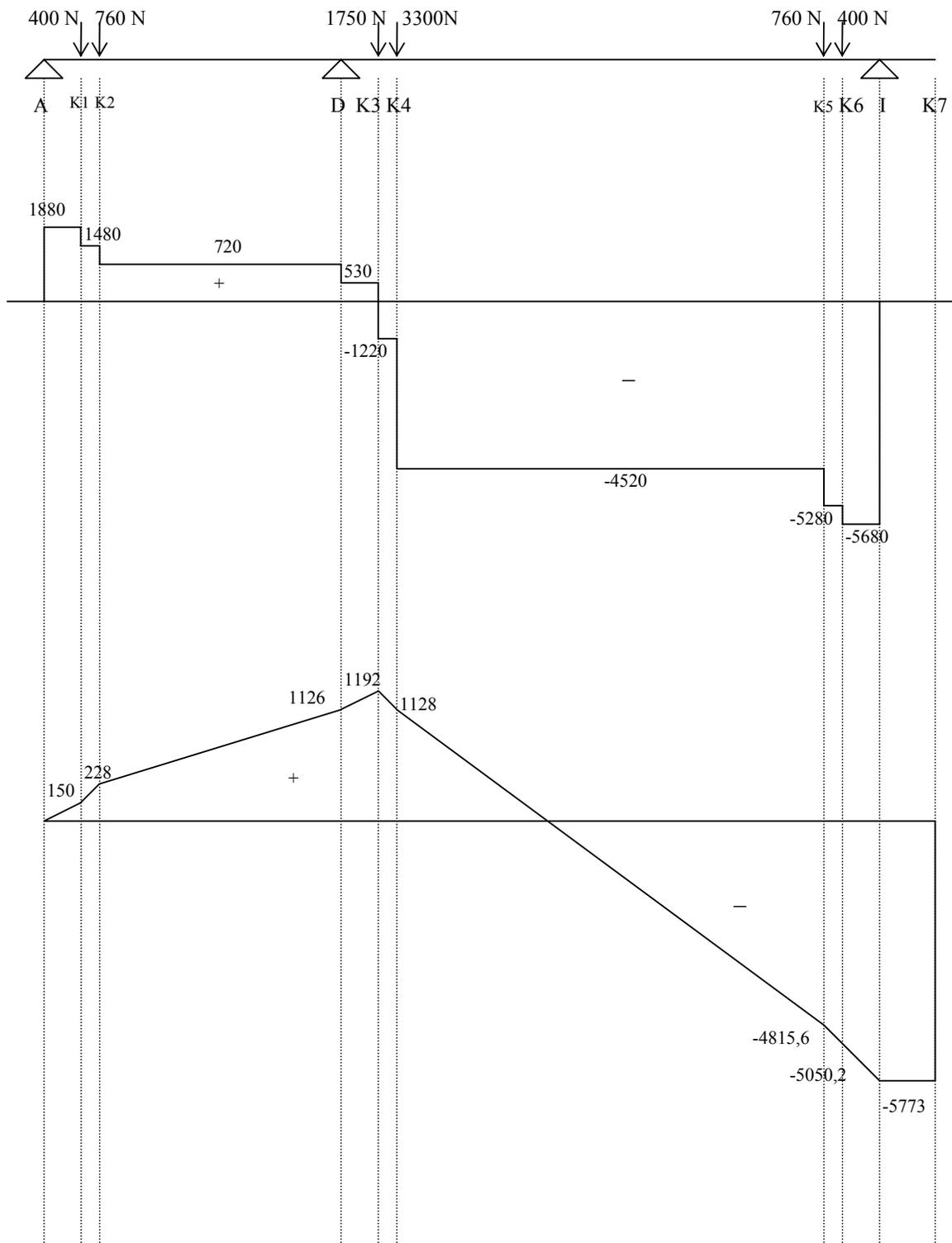


Figura 67. Diagrama de momento y corte para Caso Subida (Fuente: Autor)

2.3.6. Diámetros de eje:

Aplicando la ecuación de Von Mises y Goodman para cálculo de ejes en cada uno de los casos, se observa que el más desfavorable es el caso subida. En todos los puntos de apoyo se utilizaron chavetas como concentradores de esfuerzos. Los diámetros obtenidos se muestran a continuación.

Como en el punto A no existe momentos flectores, se utiliza la ecuación 12:

$$D_A = \sqrt{\frac{16T}{\pi 0,577 S_y}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 51000}{\pi 0,577 \cdot 70000}} = 2,54" = 64,516mm$$

$$D_{k1} = \sqrt[3]{\frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{K_f M}{S_e} \right) + \left(\frac{\sqrt{3} T_m}{S_{ut}} \right) \right]} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1}{\pi} \left[\left(\frac{0,8 \cdot 66549}{31350} \right) + \left(\frac{\sqrt{3} 51000}{91000} \right) \right]} = 3,28" = 83,312mm$$

Aplicando la ecuación para cada uno de los puntos, se obtienen los siguientes diámetros:

Tabla 29. Diámetros para el ejes (Fuente: Autor)

D	Pulgadas	Milímetros (mm)
D _a	2,54	64,516
D _{K1}	3,28	83,312
D _{K2}	3,27	83,058
D _D	3,76	95,500
D _{K3}	3,60	91,440
D _{K4}	3,44	87,376
D _{K5}	4,30	109,220
D _{K6}	4,38	111,252
D _I	4,43	112,522
D _{K7}	4,42	112,268

Como los rodamientos tienen dimensiones en múltiplos de 5mm se va a dimensionar el diámetro del eje en 115 mm. De información técnica de los equipos anteriores, el tamaño del eje es aproximadamente el tamaño planteado.

Con esto, se debe cambiar el tamaño de los carretes para ajustarlo al eje. Las dimensiones se muestran a continuación:

Se toma 115 mm de diámetro interno y diámetro externo 125 mm. El ancho de la cara se va a tomar 10 veces el diámetro del cable.

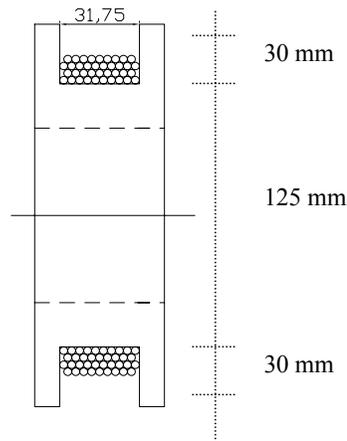


Figura 68. Dimensiones del carrete ajustado al eje de potencia (Fuente: Autor)

Para las dimensiones de la chaveta, según la tabla 10 se recomienda:

$$W = 31,75 \text{ mm (1 } \frac{1}{4} \text{")}$$

$$L = \frac{4TN}{DWS_y} = \frac{4 \cdot 51200 \cdot 3}{4,52 \cdot 1,25 \cdot 71000} = 1,54 \text{"} = 39,116 \text{ mm}$$

Como se ha visto, las fuerzas a las que está sometida el equipo no son muy grandes, así que la selección de chumaceras para soportar el eje no va a ser por carga sino por material y tamaño.

Como ya se tiene la velocidad de salida requerida en el motor, no es necesario aplicar alguna reducción con los engranajes. Así que se seleccionan de acuerdo al torque de salida del motor.

Según los catálogos de la empresa Link – Belt, encargada de Rodamientos, chumaceras y engranajes, se seleccionan las siguientes partes:

- Spherical Roller Bearing Pillow Blocks 4 7/16 Shaft diameter.
- Cast Tooth sprockets: 25 cast - pitch 0.902 - No of Teeth 30.

El eje se va a soportar en la estructura donde se encuentran las cerchas, como se observa en la figura 69.

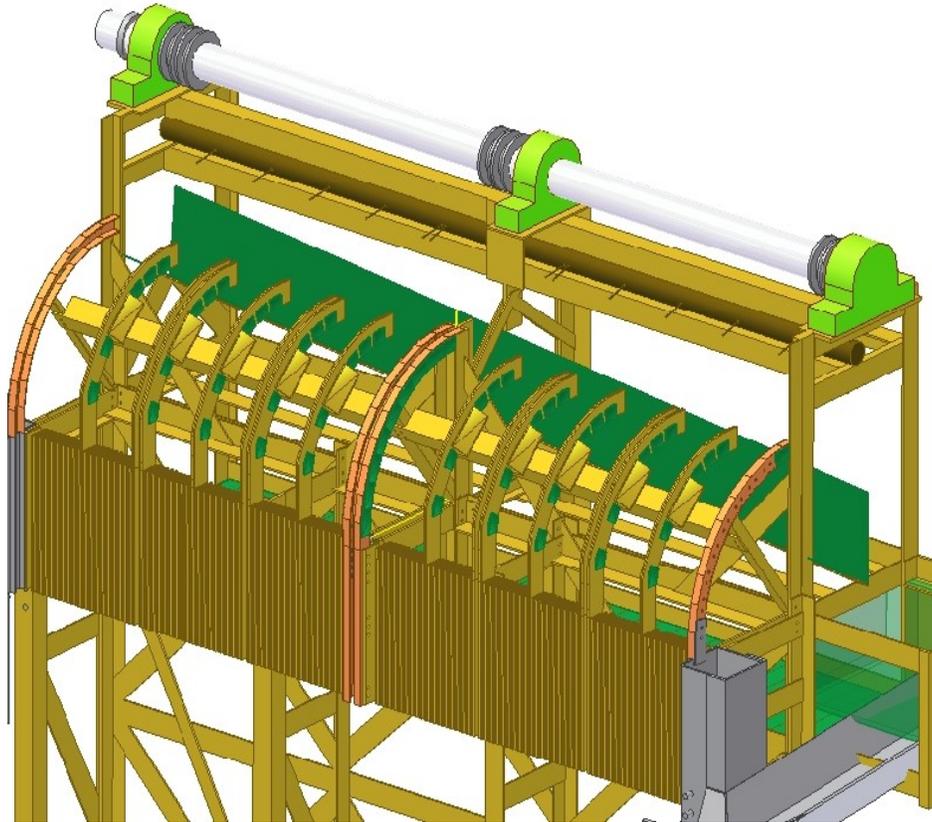


Figura 69. Estructura soporte Eje y tubería (Fuente: Autor)

En la figura 69 se observa la colocación del eje en la estructura, al igual que las chumaceras y los carretes de los cables. A continuación se procede a calcular la distancia de colocación del motor respecto al eje. Esta configuración de ejes, carrete y soporte se va a aplicar igual para el modelo 2.

2.3.7. Distancia entre eje y motor:

Se toma como valor inicial distancia entre centro $C = 30$ pasos. Aplicando la ecuación para longitud de cadena, se obtiene $L = 85$ pasos.

Con este valor se calcula nuevamente la distancia entre centros, dando como resultado $C = 30$ pasos.

Multiplicando estos valores por el paso de la cadena, los resultados finales son:

$$C = 0,687 \text{ m.}$$

$$L = 1,947 \text{ m.}$$

2.3.8. Estructura del motor:

Para la estructura del motor, se va a utilizar pletinas Cabiperca de acero al carbono 75x6 y perfiles angulares Cabiperca de acero al carbono 75x75x6 y una plancha de acero al carbono de 5 mm de espesor como se muestra en la figura 70.

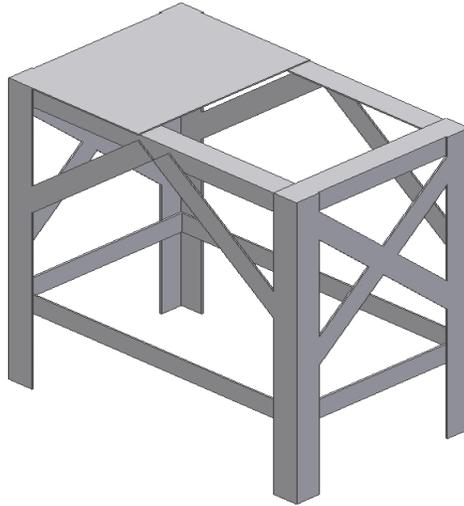


Figura 70. Estructura soporte Eje y tubería (Fuente: Autor)

El Peso del motor de 250 Kg, en cada pata de la estructura se distribuye una fuerza de 62,5 Kg, siendo muy bajo para una estructura de acero, por lo que no se va a realizar un cálculo para esta estructura.

Para unir los módulos, se soldan pernos de $\frac{3}{4}$ " a las columnas para colocar una plancha de 9,5 mm de espesor de acero inoxidable, como se muestra en la figura 71.

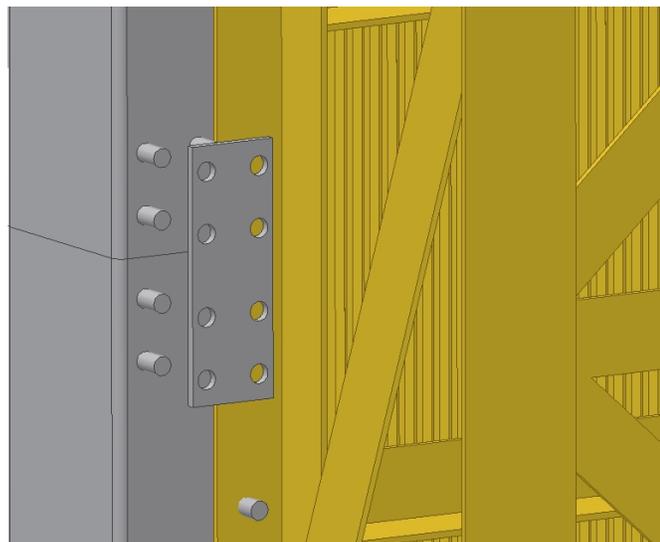


Figura 71. Plancha de unión (Fuente: Autor)

En la figura 71 se observa la colocación de la plancha de acero inoxidable 316 para la unión de los módulos. Los pernos utilizados se soldan a la columna de manera que solo se tengan que colocar las tuercas para apriete. La estructura del motor y la unión de los módulos va a ser igual para el modelo 2.

Para levantar el equipo de su lugar de trabajo, se van a soldar unas placas en las cada una de las columnas en la parte superior, como se muestra en la figura 72.

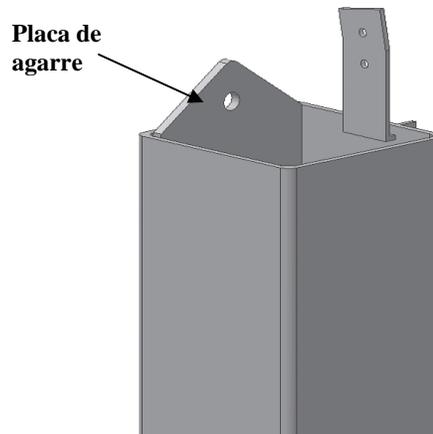
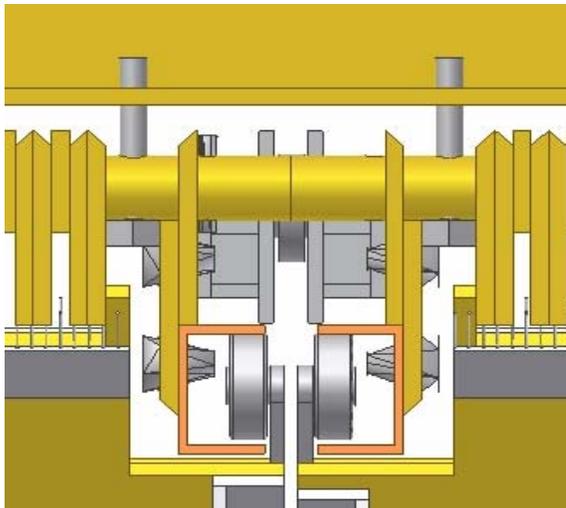


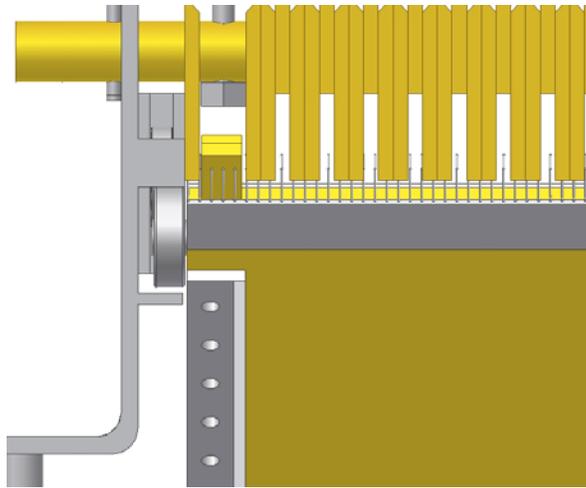
Figura 72. Placa de agarre del equipo (Fuente: Autor)

A continuación se muestra un corte en vista superior de las guías de los rodamientos para observar el juego de tolerancias y demostrar que el sistema puede hacer su recorrido sin pegar de los pernos ni de la columna.



En la figura 73 A, se observa que los rodamientos nunca van a pegar de los pernos ya que existe un espacio limitante entre las guías del recoge basura y el perfil U-35

A- Tolerancias guías del centro



En la figura 73 B, se observa que los rodamientos de los laterales del equipo nunca van a chocar con la columna debido a las tolerancias aplicadas en la parte central del equipo.

B- Tolerancias guías columnas

Figura 73. Tolerancias entre guías de rodamientos y Recoge basura

2.3.9. *Diseño Completo Modelo 1. Poliéster reforzado con fibra de Vidrio*

Ya una vez definida las partes del equipo, se procede a ensamblar para crear el modelo final como se muestra en las figura 74, 75, 76 y 77

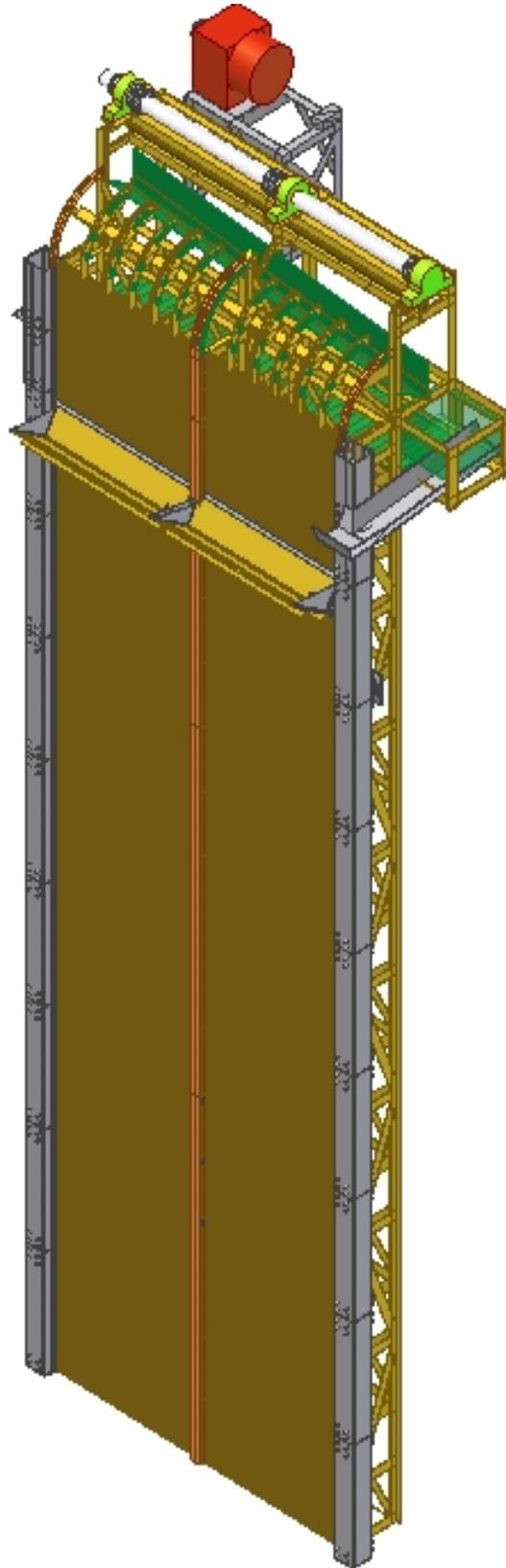


Figura 74. Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista en ángulo (Fuente: Autor)

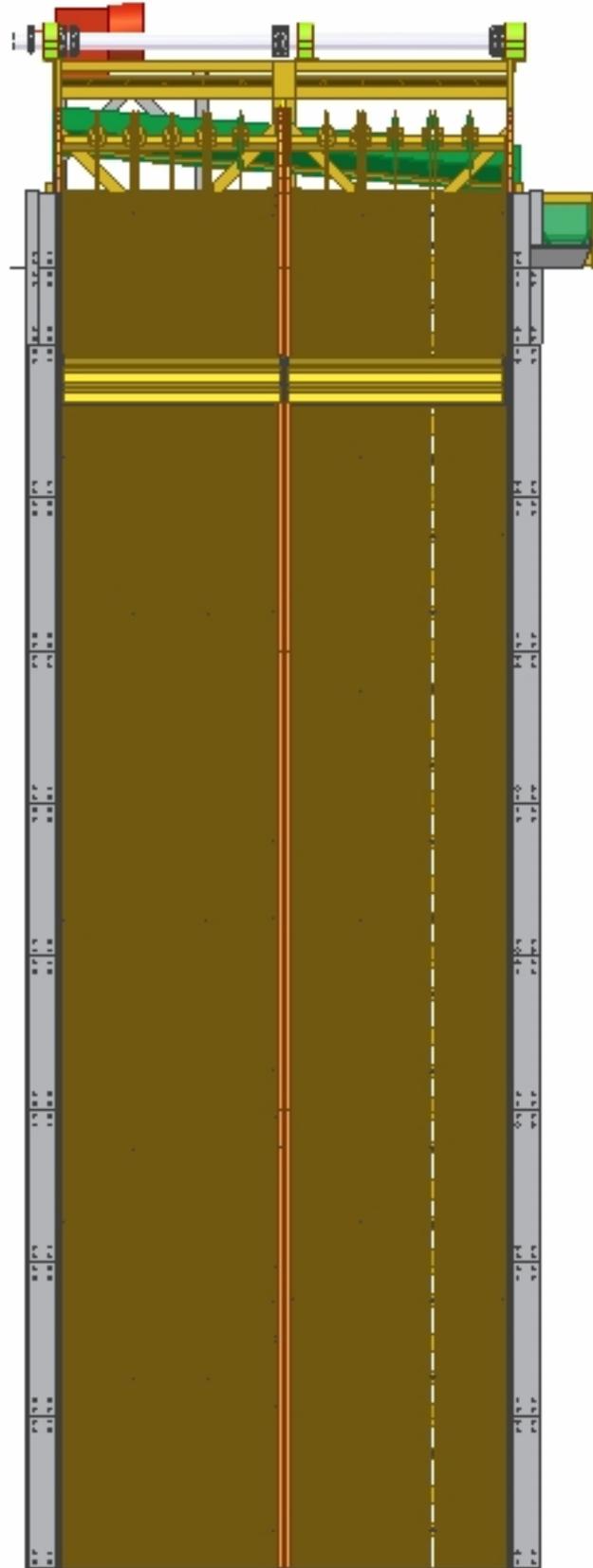


Figura 75. Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista frontal (Fuente: Autor)

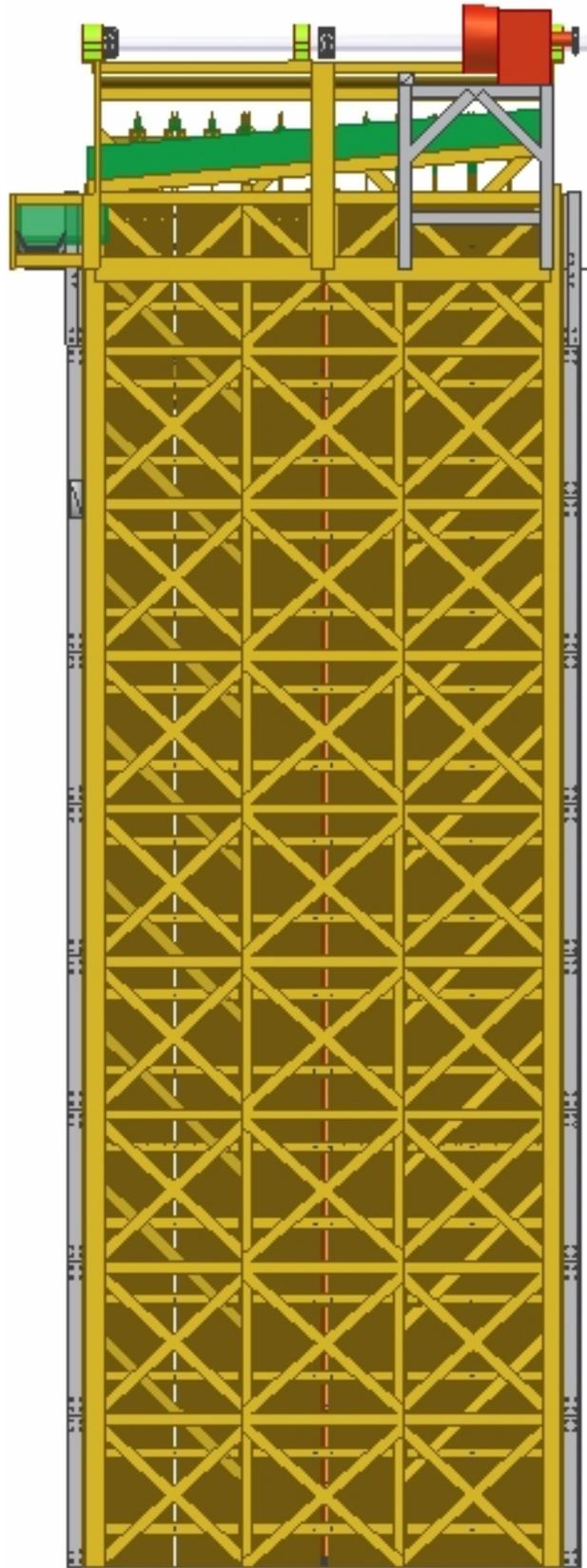


Figura 76. Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista Posterior (Fuente: Autor)

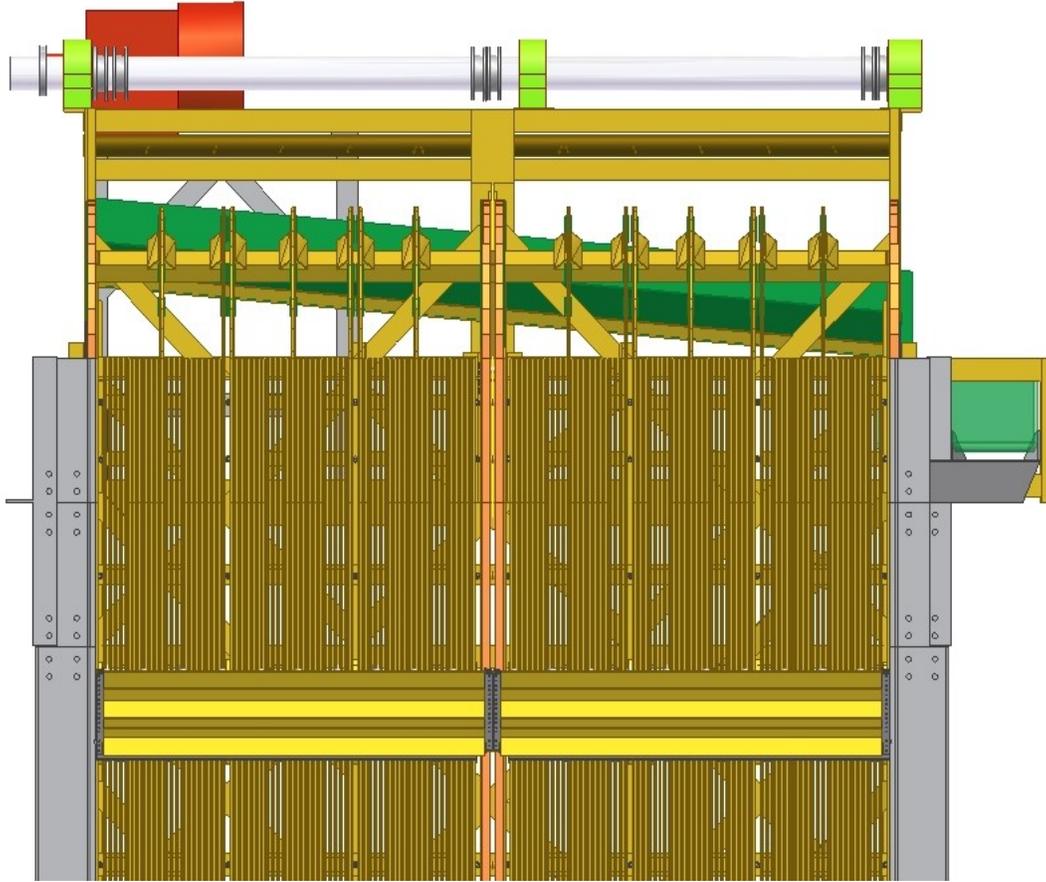


Figura 77. Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio. Vista parte superior (Fuente: Autor)

2.3.10. Peso del equipo

Una vez definido el Modelo 1, se contabilizan los materiales con ayuda de los cómputos métricos del equipo ubicado en el apéndice B y a través del software de diseño, llegando al siguiente resultado:

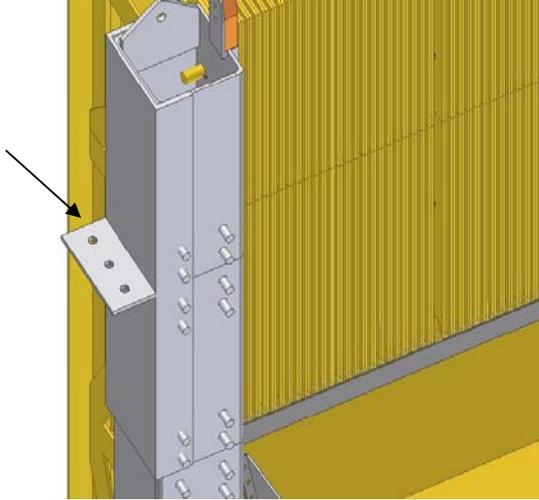
Tabla 30. Peso del Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio (Fuente: Autor)

	Peso en materiales Kg	Peso en pernos (5 %Peso en materiales)	Total Kg
Modelo 1	4.084,96	204,24	4.289,21

2.3.11. Proceso de instalación

Para el Ensamblaje del equipo, debe hacerse en un área de 9,5 m x 4,5 m preferiblemente. Primero se debe armar la pantalla filtrante y luego unir la cercha y la parte superior con el procedimiento seguido anteriormente. Este proceso se hace con los módulos acostados. Si el espacio lo permite, con la grúa se levanta el equipo 90° y con ayuda de 2 trabajadores guiar al equipo dentro del canal. Cuando toque suelo, se fijan

los soportes laterales al nivel del suelo de trabajo, se fija la estructura del motor con la distancia especificada y se une el eje con el motor. Para sacar al equipo el proceso es inverso al anterior.



En la figura 78, se observa el soporte lateral del equipo con el nivel de trabajo, señalado con una flecha. Es un perfil UPN, con una plancha soldada a la que se van a fijar 3 pernos de 19,05 mm.

Figura 78. Soportes laterales del equipo en el nivel de trabajo (Fuente: Autor)

2.3.12. Operación del Equipo

Una vez colocado el equipo en su lugar de trabajo, se lleva el recoge basura a la parte inferior del equipo. Cuando se aprieta el botón de encendido, el recoge basura inicia su recorrido de ascenso, raspando la superficie de filtrado. El Recoge basura va a tener pequeñas perforaciones para que al subir, el agua depositada en la tolva se devuelva al canal y quede solo la basura a recoger. Cuando llegue a la parte superior, da un giro de 90 grados unos spray con agua de mar a presión eliminan la basura del recolector, cayendo sobre un canal inclinado, obligando a la basura a bajar y caer en un colador. El agua sigue otro canal y se devuelve al fondo. Los encargados de limpieza solo deben sacar el colador y depositar la basura en una bolsa.

2.3.13. Mantenimiento del equipo

El mantenimiento del equipo se divide en dos partes principales: Aplicación de pintura y cambio de rodamientos.

La aplicación de pintura se va a dividir en 2: Aplicación de Antifloulin o antiincrustante, que se realiza cada 2 años; y aplicación de pintura Brea y antifouling cada 4 años. Para sacar el equipo se siguen los procedimientos de instalación, y con la grúa se lleva al lugar de aplicación de pintura con la mano de obra correspondiente.

El cambio de rodamientos se fija cada 4 años, y se realiza cuando se le valla a aplicar las pinturas. Los rodamientos se encuentran en una especie de caja que va a estar apernada a la estructura filtrante (figura 59). Para realizar el cambio solo se sacan los pernos de la caja y se realiza el cambio de rodamiento.

Para sacar el recoge basura se deben quitar las guías curvas ubicadas a los extremos y en el medio.

Si por alguna emergencia se debe sacar el recoge basura con el equipo colocado en su posición de trabajo, se quitan las guías laterales que están a la mano del trabajador. Para las guías centrales, el equipo posee un piso de trabajo, donde el trabajador entra, quita el canal de descarga de la basura, y tiene el espacio necesario para colocar herramientas y trabajar cómodamente para quitarlas.

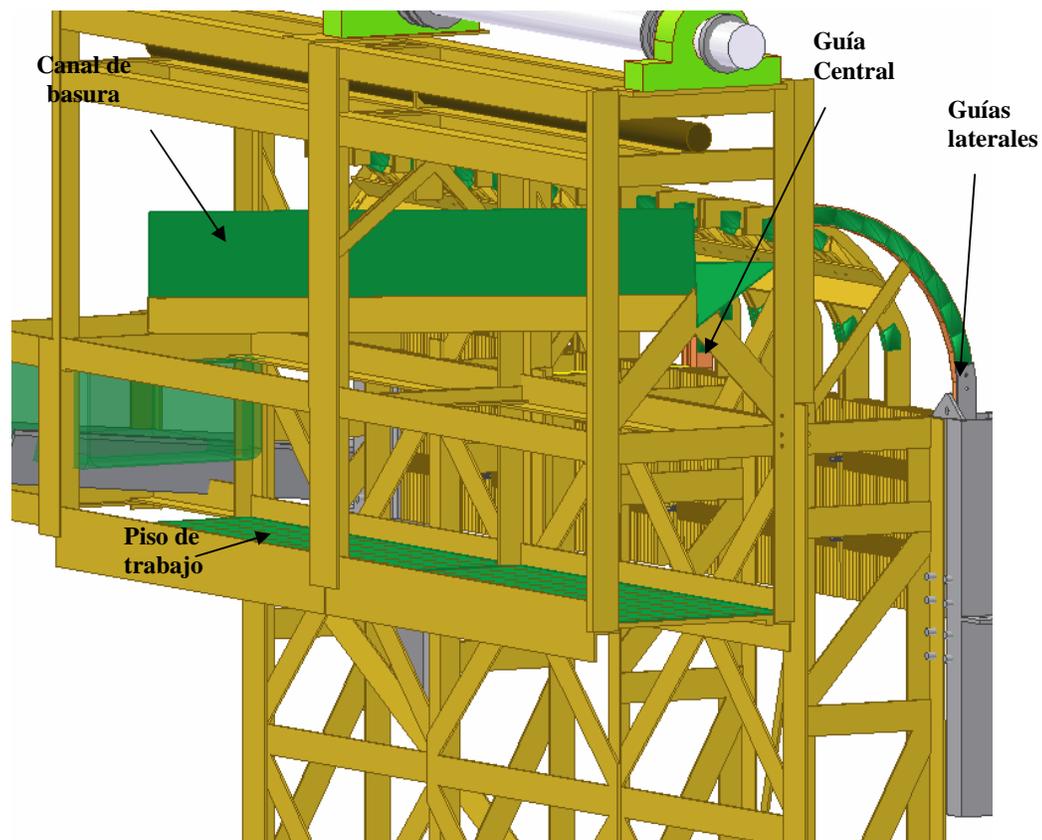


Figura 79. Piso de trabajo para quitar recoge basura en lugar de trabajo (Fuente: Autor)

El procedimiento de instalación, operación y mantenimiento es igual para el modelo 2. A continuación se muestra el diseño del modelo 2.

2.4. *MODELO 2. Acero al carbono con recubrimientos*

Como se explicó en el punto 2.2.7, el material base para el Modelo 2 va a ser Acero al carbono protegido con recubrimientos especiales para la corrosión. Para piezas que requieran una protección especial se va a utilizar acero inoxidable 316. Para el diseño se va a empezar por el sistema filtrante, y luego con la forma de eliminación de basura.

El cálculo y selección del sistema de limpieza por chorro de agua de mar a presión, el canal inclinado, colador, sistema de potencia, rodamientos pivotes, eje, poleas, chumaceras, engranajes, sistema de transmisión, estructura del motor, sistema de agarre y sistema de unión de módulos, se aplican de igual manera que en el modelo 1, no se van a realizar los cálculos tipos en esta parte.

2.4.1. *Sistema Filtrante*

La ventaja de trabajar con acero es la aplicación de soldadura para unir elementos. En el modelo 1 la dificultad era la sujeción de las barras de filtrado. Para este caso se plantea de la siguiente forma:

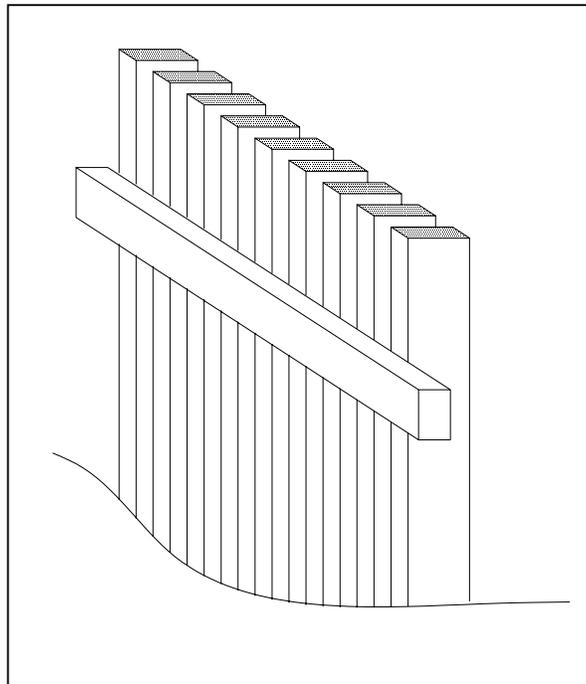


Figura 80. Propuesta de unión de barras Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)

El inconveniente es que al momento de soldar los elementos, las barras van a estar muy cercanas, evitando la penetración adecuada del electrodo con la superficie.

Para soportar los medios filtrantes es va a colocar un perfil de acero Conduven cuadrado de 200x200x7 mm. Debido a que 3 metros de material van a estar sumergidos, se plantea colocar módulos de acero de 3 m de altura y de 1,7m de ancho, solo para la parte sumergida. El resto se plantean módulos de 1 m Cada uno y 1,7 m de ancho.

Para la parte inferior se plantea la configuración mostrada en la figura 81:

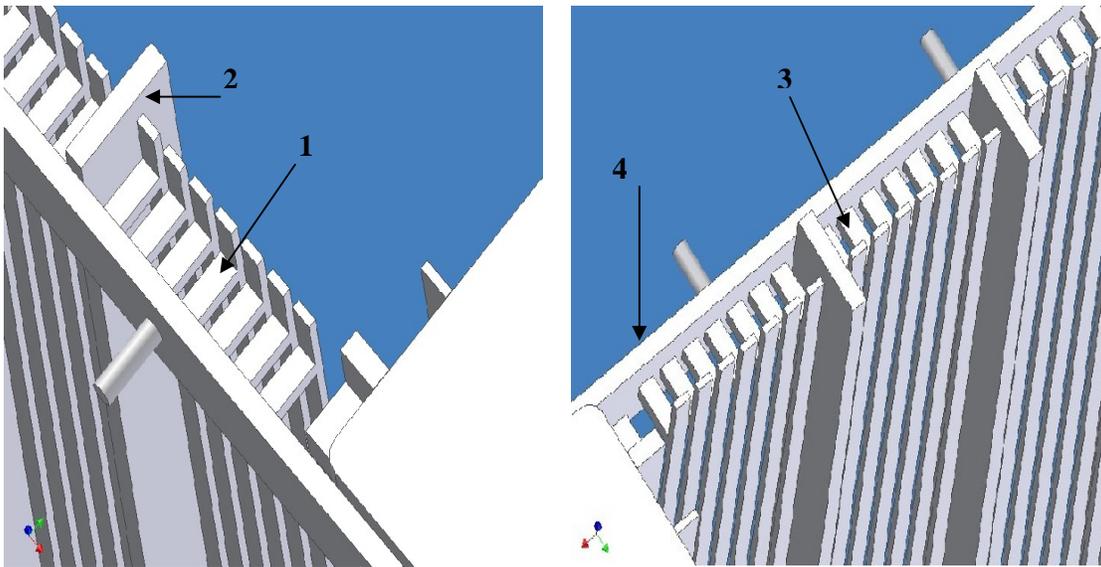


Figura 81. Configuración de barras para Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)

Las dimensiones de la pletina se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 31. Pletinas para pantalla de filtrado de acero (Fuente: Autor)

Pletina	Dimensiones	Aplicación
1	12 x 12 x 48 mm	Dar una separación al recoge basura de la pletina de unión, y ofrece mayor área para la aplicación de soldadura.
2	12,7 x 4,763 x 3.000 mm	Superficie filtrante.
3	65 x 12 x 3.000 mm	Riel para el sistema recoge basura.
4	65 x 12 x 3.400 mm	Elemento de unión de pletinas.

Determinamos si con el espesor de barra se permite la entrada de agua necesaria y el cálculo de espesor mínimo de filtrado que se puede lograr con esta barra.

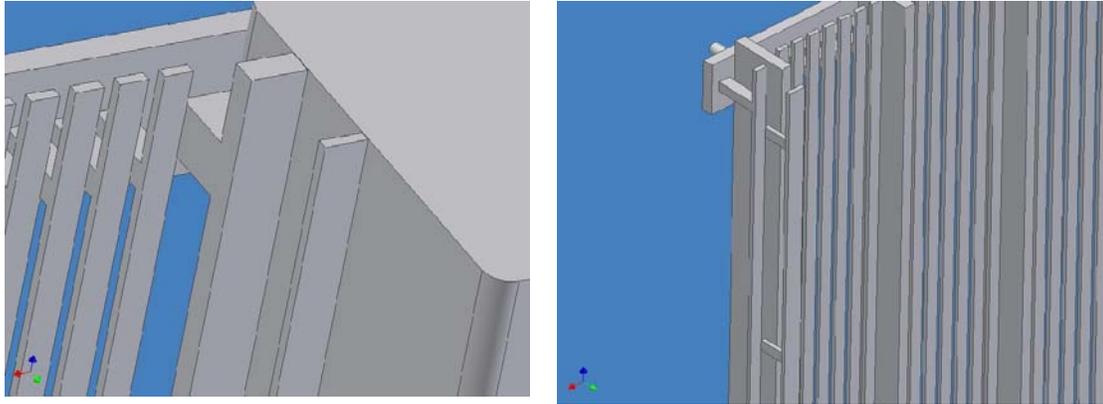
$$\text{N}^\circ \text{ Barras} = 2,761 \text{ m} / 0,012\text{m} = 217,40$$

Se toman 216 Barras.

$$\text{Espesor mínimo de filtrado} = 0,643 \text{ m} / 216 \approx 0,003 \text{ m}$$

2.4.2. Recoge basura

Se utiliza la misma configuración que el Modelo 1, solo que cambian la forma de las guías de los rodamientos, como se muestra en la figura:



A- Guía columna

B- Guía medio

Figura 82. Guías de rodamientos Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)

En la figura 82 A se muestran las guías laterales, utilizando pletinas de 19,05 x 4,763 mm. En la figura 82 B se muestra la guía central, formada por pletinas de 12,7 x 4,763mm. Se recuerda que para el módulo inferior, la longitud de las pletinas es de 3m, y para el resto de los módulos es de 1m.

Para unir los módulos transversalmente, se utilizan perfiles UPE 160 con pernos de 3/4" como se muestra en la figura:

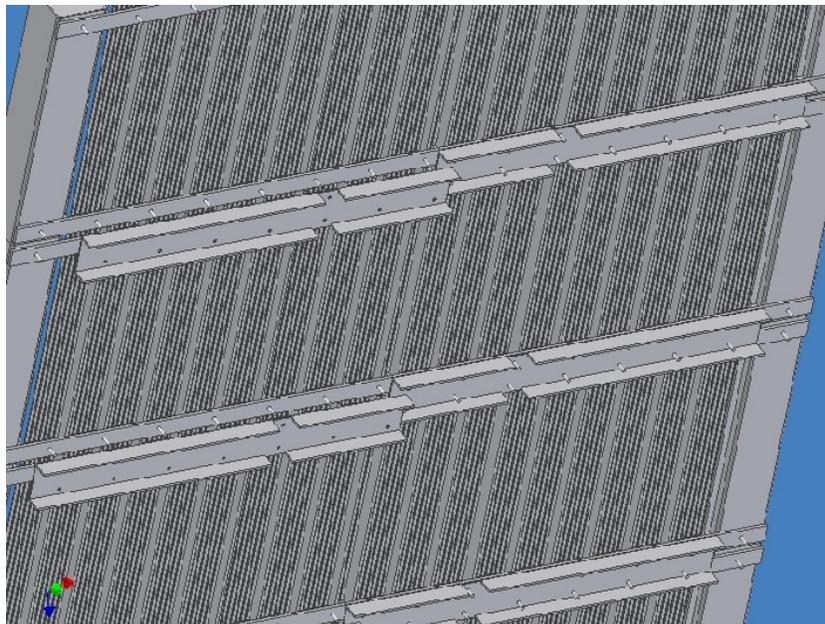


Figura 83. unión de módulos Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)

Debido al peso que ejercen las pletinas al momento de levantar el equipo o al acostarlo y para dar rigidez al sistema, se va a colocar la cercha calculada para el Modelo 1.

2.4.3. Parte superior del equipo:

Para dar el sentido de giro de 90° del recoge basura, se realizan doblados de pletinas dando una guía curva como se muestra en la figura 84, utilizando pletinas de 65 x 12 mm y de 19,05 x 4,764 mm. Se soporta con una estructura para que le de rigidez al sistema.

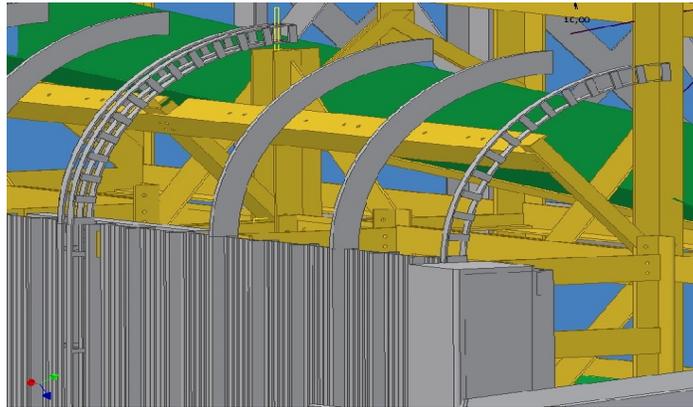


Figura 84. Unión de módulos Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)

Dado que el sistema de limpieza por chorro de agua de mar a presión, el canal inclinado, colador, sistema de potencia, rodamientos pivotes, eje, poleas, chumaceras, engranajes, sistema de transmisión, estructura del motor, sistema de agarre y sistema de unión de módulos, se aplican de igual manera que en el modelo 1, no se van a realizar los cálculos tipos en esta parte.

2.4.4. Diseño Completo Modelo 2

Ya una vez definida las partes del equipo, se procede a ensamblar para crear el modelo final como se muestra en las figura 85, 86, 87 y 88.

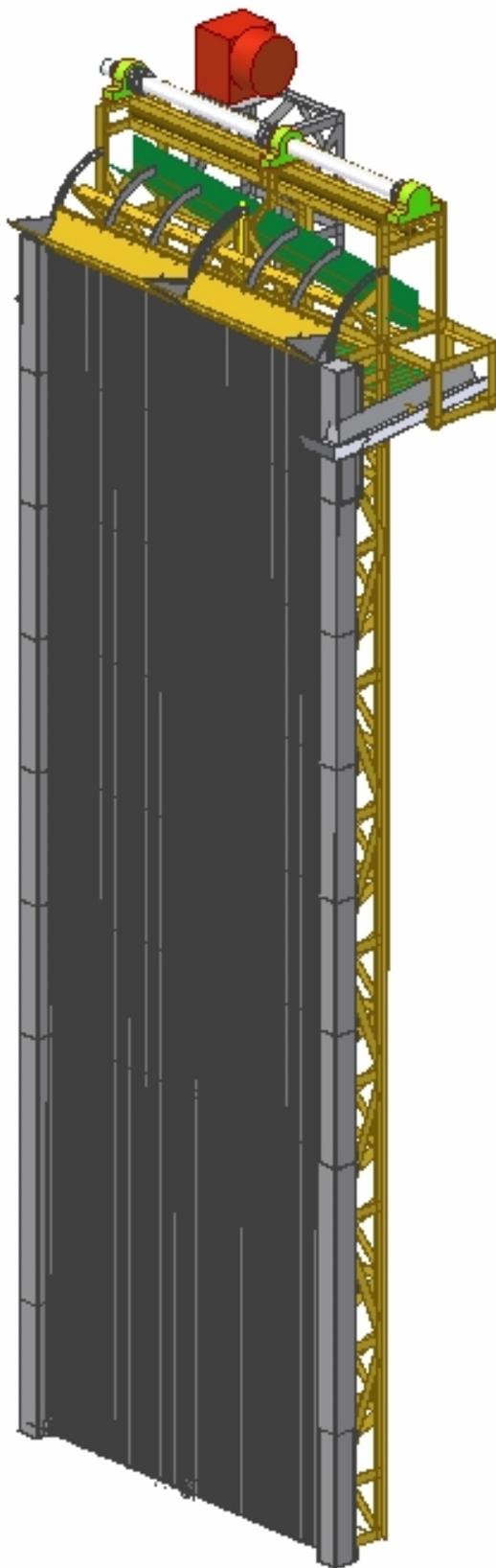


Figura 85. Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista en ángulo (Fuente: Autor)

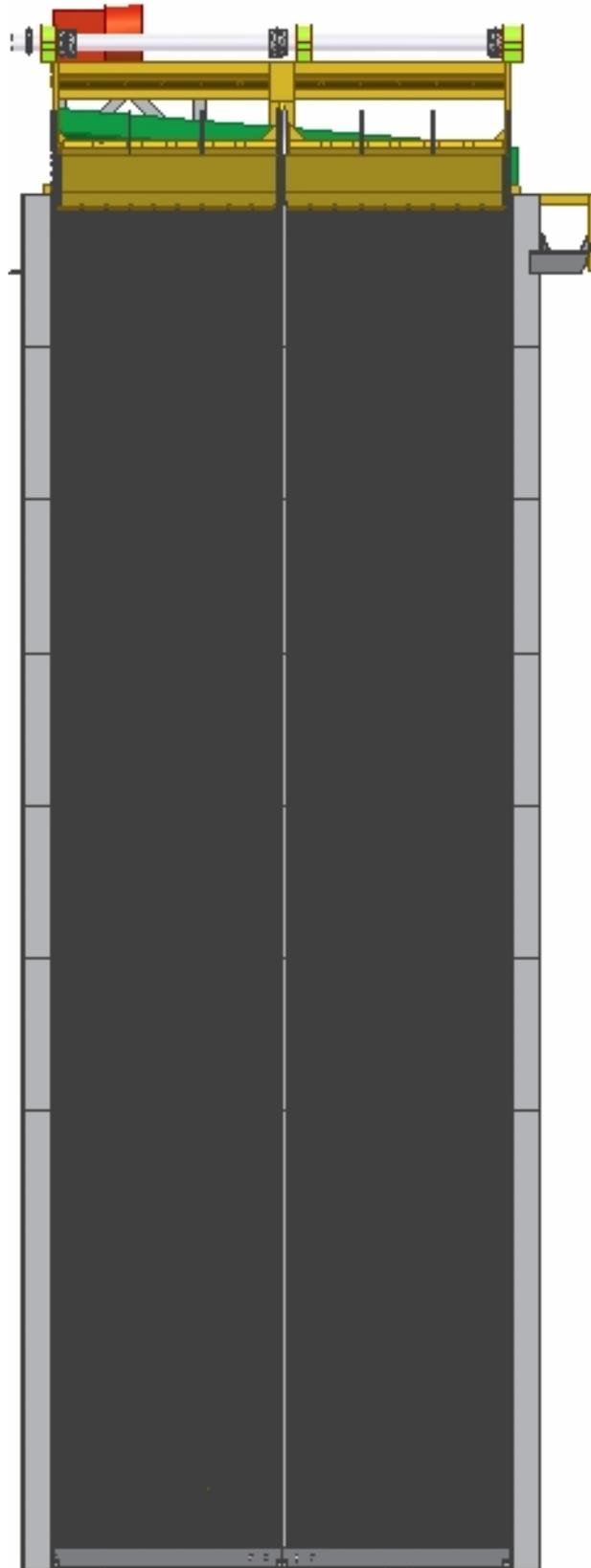


Figura 86. Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista frontal (Fuente: Autor)

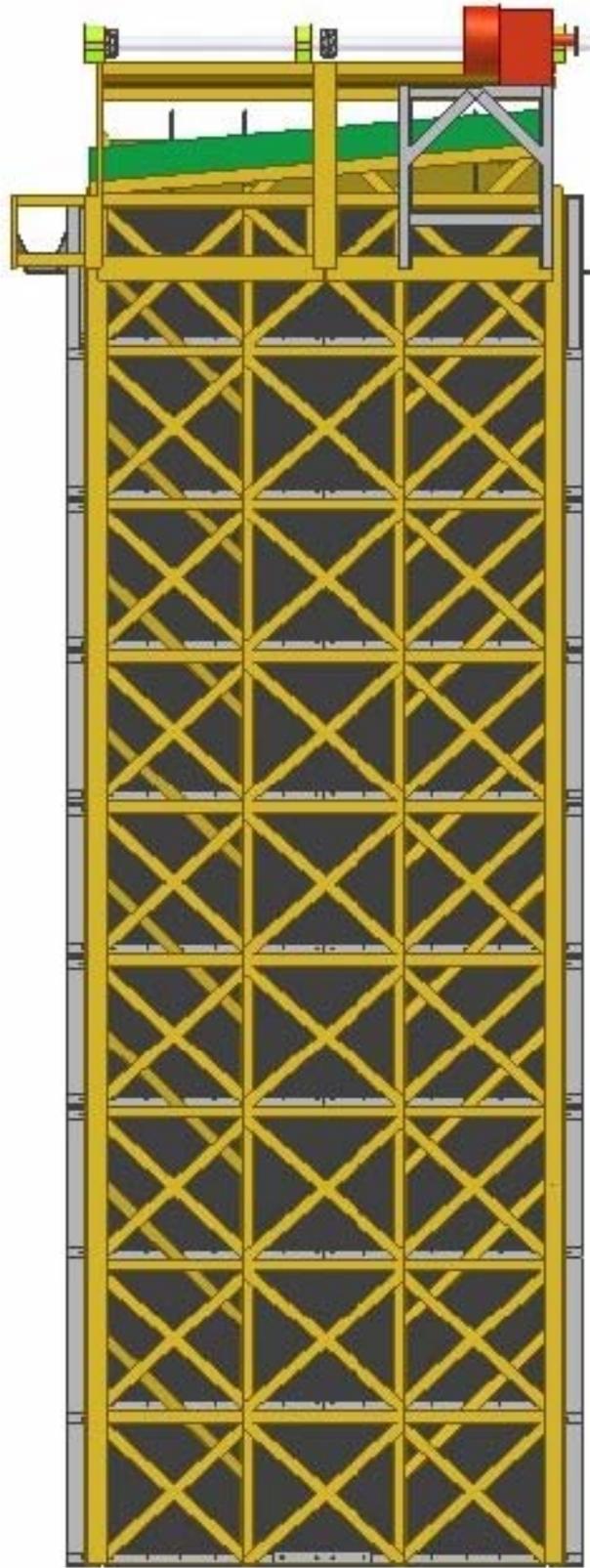


Figura 87. Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista Posterior (Fuente: Autor)

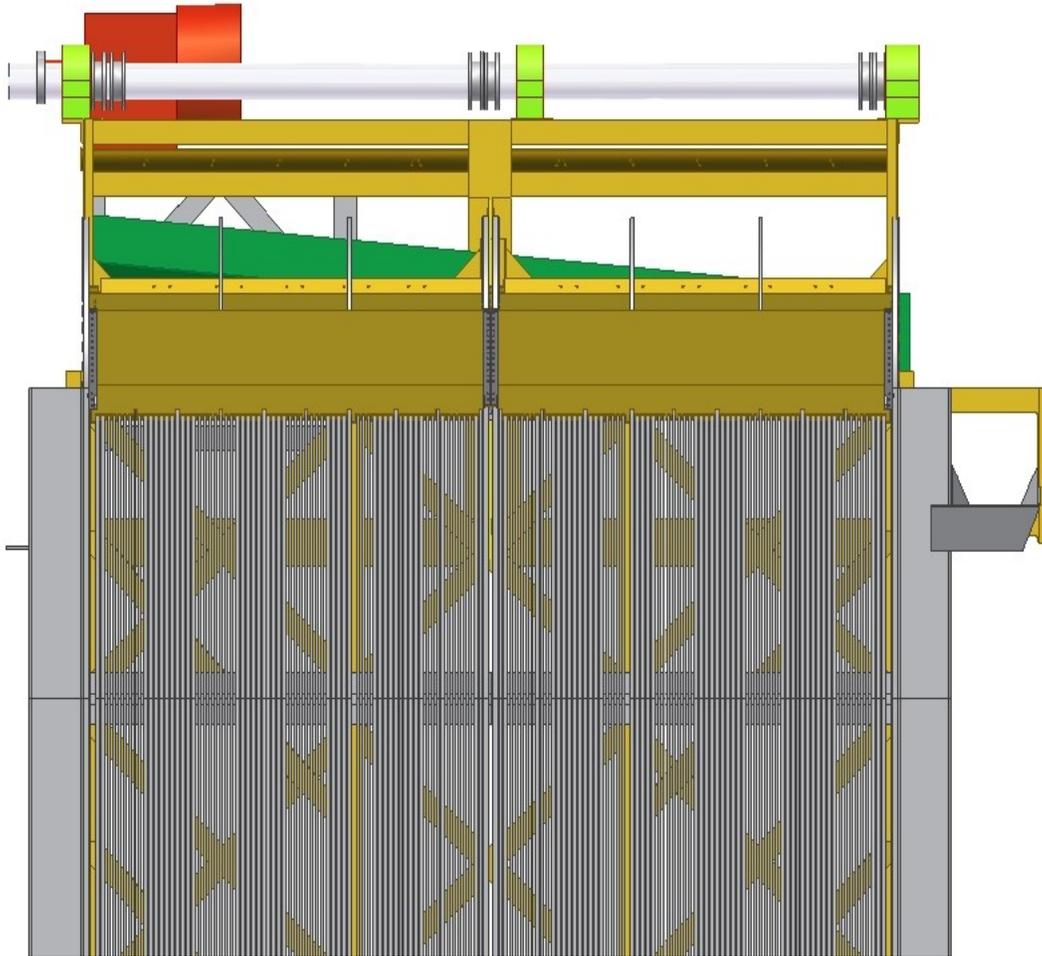


Figura 88. Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos. Vista parte superior (Fuente: Autor)

2.4.5. Peso del equipos

Una vez definido el Modelo 2, se contabilizan los materiales con ayuda de los cómputos métricos del equipo ubicado en el apéndice B y a través del software de diseño, llegando al siguiente resultado:

Tabla 32. Peso del Modelo 2 Acero al carbono con recubrimientos (Fuente: Autor)

	Peso en materiales Kg	Peso en pernos (5 %Peso en materiales)	Total Kg
Modelo 2	4166,81	208,34	4375,15

El procedimiento de Instalación, operación y mantenimiento es igual que el modelo 1, solo que la cantidad de pintura a aplicar es mayor ya que existe mayor área de acero.

2.5. Estudio Económico

Culminado el diseño de los modelos, basándose en los cálculos métricos, costos de materiales, costos de pintura, estimación de días de construcción, inversión inicial, costos fijos y ahorro anual por la colocación de filtros de cada modelo, se procede seleccionar un equipo, llevándolo a Valor Presente en un período de 12 años. Los valores obtenidos son Estimaciones. A continuación se muestra el costo de materiales para los Modelos 1 y 2, basándose en la lista de precios mostrada en el Apéndice C.

2.5.1. Costo materiales Modelo 1 Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio

Tabla 33. Costo de material en perfiles Poliéster Reforzado con Fibra de vidrio. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Piezas (L = 6,00m)	metros total	Bs/ml	Precio (Bs)
<i>Perfiles L-30</i>	273	1.638,00	34.993,40	57.319.189,20
<i>Perfiles L-15</i>	1	6,00	11.014,20	66.085,20
<i>Perfil Angular V-60</i>	1	6,00	25.000,00	150.000,00
<i>Barra redonda</i>	9	54,00	19.546,00	1.055.484,00
<i>Perfil Tipo U</i>	4	24,00	13.740,20	329.764,80
	Piezas (L = 3,40m)			
<i>Plancha PL-600</i>	8	27,20	80.260,40	2.183.082,88
				61.103.606,08

Tabla 34. Costo de material en Acero al carbono. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	(L = 6m)	m total	Kg/ml	Precio (Bs)
<i>Pletina (19,050 x 4,763 mm)</i>	3	18	0,71	17.942,40
<i>Pletina (75 x 7 mm)</i>	2	12	5,30	89.040,00
<i>Angulo (75 x 75 x 7 mm)</i>	2	12	7,94	133.392,00
<i>Perfil Cuadrado 200 x 200 x 7</i>	3	18	32,77	825.804,00
<i>Perfil cuadrado macizo Lado = 20mm</i>	3	18	3,14	79.128,00
<i>Barra cuadrada 20 mm</i>	3	18	3,14	79.128,00
<i>Perfil UPE 220 x 84</i>	1	6	28,80	241.920,00
				1.466.354,40

Tabla 35. Costo de Galvanizado. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Bs/kg	Kg	Precio (Bs)
<i>Galvanizado modelo 1</i>	800	275,01	220.011,20

Tabla 36. Costo en Acero inoxidable 316. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Und.		Bs/und	Precio (Bs)
<i>Plancha 2x1x4,75"</i>	7,0		1.380.000,00	9.660.000,00
<i>Spray Nozzles 1/4ZF4060 - 303 SS</i>	12,0		38.872,00	466.464,00
	M	Bs/m	Kg/m	Precio (Bs)
<i>Barra 127 mm (5")</i>	3,2		100,00	7.040.000,00
<i>Tubo 76.2 mm (3")</i>	4,0		0,50	44.000,00
<i>Guaya 7x19</i>	72,0	6450		464.400,00
<i>Tocho 203,2 x 101,6 mm (8" x 4")</i>	0,7		255,00	3.927.000,00
				21.601.864,00

Tabla 37. Costo en Pernos. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Und.	Bs/und	Precio (Bs)
<i>3/8"-16 3/4"</i>	350	1.503,83	526.340,50
<i>3/8"-16 3"</i>	1.170	4.208,07	4.923.441,90
<i>3/4"-10 2-1/2"</i>	340	16.151,04	5.491.353,60
<i>Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"</i>	74	362,54	26.827,96
			10.967.963,96

Tabla 38. Costo en Tuercas. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Und.	Bs/und	Precio (Bs)
<i>3/8"-16 3/4"</i>	350	692,00	242.200,00
<i>3/8"-16 3"</i>	1.170	1.354,97	1.585.314,90
<i>3/4"-10 2-1/2"</i>	340	4.208,00	1.430.720,00
<i>Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"</i>	74	106,10	7.851,40
			3.266.086,30

Tabla 39. Costo en Rodamientos. Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Und.	Bs/und	Precio (Bs)
<i>W_61905_2RS1 (42 X 25)</i>	4	16.560,00	66.240,00
<i>W_6302_2Z (42 X 15)</i>	8	7.387,00	59.096,00
			125.336,00

Sumando todos los valores finales de cada tabla, se tiene un valor total en materiales de:

Tabla 40. Costo de materiales total Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Costo (Bs)
Material en perfiles Poliéster	61.103.606,08
Material en Acero al Carbono	1.466.354,40
Galvanizado	220.011,20
Acero inoxidable 316	21.601.864,00
Pernos	10.967.963,96
Tuercas	3.266.086,30
Rodamientos	125.336,00
Total	98.751.221,94

A continuación, se aplica el mismo procedimiento al Modelo 2.

2.5.2. Costo de Materiales Modelo 2 Acero al Carbono

Tabla 41. Costo de material en perfiles Poliéster Reforzado con Fibra de vidrio. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	Piezas (L = 6,00m)	m total	Bs/ml	Precio (Bs)
<i>Perfiles L-30</i>	46	276	34.993,40	9.658.178,40
<i>Perfiles L-15</i>	1	6	11.014,20	66.085,20
<i>Perfil Angular V-60</i>	1	6	25.000,00	150.000,00
	Piezas (L = 3,4m)			
<i>Plancha PL-600</i>	8	27,2	80.260,40	2.183.082,88
				12.057.346,48

Tabla 42. Costo de material en Acero al carbono. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	(L = 6m)	m total	Kg/ml	Precio (Bs)
<i>Pletinas 12,7 x 4,763 mm</i>	182	1.092	0,48	881.790,00
<i>Barra cuadrada macizo 12 mm</i>	13	78	1,13	149.838,00
<i>Láminas 65 x 12 mm</i>	36	216	6,12	2.246.162,40
<i>Pletinas 19,050 x 4,763 mm</i>	2	12	0,71	14.524,80
<i>Barra cuadrada 25 mm</i>	1	6	4,90	49.980,00
<i>Barra cuadrada 20 mm</i>	3	18	3,14	96.084,00
<i>Perfil UPE 160</i>	4	24	18,90	771.120,00
<i>Perfil UPE 100</i>	1	6	10,90	111.180,00
<i>Pletina (75x7 mm)</i>	2	12	5,30	108.120,00
<i>Angulo (75x75x7 mm)</i>	2	12	7,94	161.976,00
<i>Perfil Cuadrado 200x200x7</i>	3	18	32,77	1.002.762,00
<i>Barra cuadrada macizo Lado = 20mm</i>	3	18	3,14	96.084,00
<i>Perfil UPE 220 x 84</i>	1	6	28,80	293.760,00
				5.983.381,20

Tabla 43. Costo de Galvanizado. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	Bs/kg	Kg	Precio (Bs)
<i>Galvanizado modelo 2</i>	800	3.247,96	2.598.364,83

Tabla 44. Costo en Acero inoxidable 316. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	Und.		Bs/und	Precio (Bs)
<i>Plancha 2x1x4,75"</i>	7,0		1.380.000,00	9.660.000,00
<i>Spray Nozzles 1/4ZF4060 - 303 SS</i>	12,0		38.872,00	466.464,00
	M	Bs/m	Kg/m	Precio (Bs)
<i>Barra 127 mm (5")</i>	3,2		100,00	7040.000,00
<i>Tubo 76.2 mm (3")</i>	4,0		0,50	44.000,00
<i>Guaya 7x19</i>	72,0	6.450		464.400,00
<i>Tocho 203,2 x 101,6 mm (8" x 4")</i>	0,7		255,00	3.927.000,00
				21.601.864,00

Tabla 45. Costo en Tuercas. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	Und.	Bs/und	Precio (Bs)
<i>3/8"-16 3/4"</i>	78	1.503,83	117.298,74
<i>3/8"-16 3"</i>	940	4.208,07	3.955.585,80
<i>1/2"-10 2-1/2"</i>	232	6.557,35	1.521.305,20
<i>3/4"-10 2-1/2"</i>	240	16.151,04	3.876.249,60
<i>Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"</i>	74	362,54	26.827,96
			9.497.267,30

Tabla 46. Costo en Tuercas. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	und	Bs/und	Precio (Bs)
<i>3/8"-16 3/4"</i>	78	692,00	53.976,00
<i>3/8"-16 3"</i>	940	692,00	650.480,00
<i>1/2"-10 2-1/2"</i>	232	1.354,97	314.353,04
<i>3/4"-10 2-1/2"</i>	240	4.208,00	1.009.920,00
<i>Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"</i>	74	106,10	7.851,40
			2.036.580,44

Tabla 47. Costo en Rodamientos. Modelo 2 (Fuente: Autor)

	und	Bs/und	Precio (Bs)
W_6210_2Z (90 X 50)	4	25.107,00	100.428,00
W_6302_2Z (42 X 15)	8	7.387,00	59.096,00
			159.524,00

Sumando todos los valores finales de cada tabla, se tiene un valor total de:

Tabla 48. Costo de materiales total Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Costo (Bs)
Material en perfiles Poliéster	12.057.346,48
Material en Acero al Carbono	5.983.381,20
Galvanizado	2.598.364,83
Acero inoxidable 316	21.601.864,00
Pernos	9.497.267,30
Tuercas	2.036.580,44
Rodamientos	159.524,00
Total	53.934.328,25

A continuación se muestra el costo de Pintura y mano de obra para los Modelos 1 y 2, basándose en la lista de precios mostrada en el Apéndice C

2.5.3. Costo Pinturas de los Modelos 1 y 2

Se procede a calcular el área de superficie a pintar para cada modelo, como se muestra en la tabla 49. Para el cálculo del área se baso en el modelo computacional a través de las propiedades físicas de la pieza:

Tabla 49. Cálculo de área de pintura para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

<i>Modelo 1</i>			<i>Modelo 2</i>		
	Área m2 x Und	Total		Área m2 x Und	Total
Columna inferior	1,63	26,14	Modulo inferior	35,00	35,00
Columna superior	0,84	1,68	Módulos pequeño	7,10	85,20
Estruc. Motor		9,62	Pletinas	1,00	2,00
			Estruc. Motor		9,62
		37,45 m²			131,83 m²

A continuación se calcula la cantidad de galones que necesita cada módulo para pintura Brea Epóxica y Antifloulng. Las características de las pinturas en cuanto a costo, duración y rendimiento son:

Tabla 50. Cálculo de área de pintura para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

	Bs.		duración	Rendimiento
Brea Epoxi poliamina	211.000	Juego	4 años	114 m ² /Gal a 1,0 mils
Antifouling	437.000	Galón	24 meses	60 m ² /Gal a 1,0 mils

Para obtener de costo de los galones de pintura, de divide el área de pintado entre el rendimiento de la pintura. El resultado, da la cantidad de galones para 1 mils (milésima de pulgada) de espesor. El espesor recomendado para superficies húmedas para Brea Epóxica esta entre 11 y 22 mils. Para el antifouling es de 6 mils. Se va a utilizar como valor de alta protección 20 mils para la Brea.

Modelo 1:

La cantidad de Galones de brea para el modelo 1 es:

$$Gal = \frac{37,451m^2}{144m^2} = 0,63$$

Como esta cantidad es para 1 mils de espesor, se multiplica por el espesor recomendado:

$$Gal_{total} = 0,63 \cdot 20 = 6,57$$

Se toma el número entero superior, dando como resultado 7 galones de Brea Epóxica. El costo en pintura es de:

$$Costo_{pintura} = 211.000Bs \cdot 7 gal = 1.477.000Bs / Gal$$

Aplicando el procedimiento con la pintura antifouling, se tiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 51. Costo de pintura para el Modelo 1 (Fuente: Autor)

	Gal	a 20 mils	Gal	a 6 mils	Gal	Precio (Bs)
Brea Epoxi poliamina	0,33	6,57	7			1.477.000,00
Antifouling	0,63			3,75	4	1.748.000,00
						3.225.000,00

A través de los cálculos métricos mostrados en el apéndice B, se calculan los metros de pieza para obtener el costo de mano de obra por mils. Luego se multiplica por el valor de espesor recomendado, como se muestra en la tabla 52.

Tabla 52. Costo de mano de obra para el Modelo 1 (Fuente: Autor)

Pintor			
	Metros lineal a espesor recomendado (m)	Costo mano de obra (Bs/m)	Precio (Bs)
Brea Epoxi poliamina	749,02	2.000	1.498.040,00
Antifouling	224,70	2.000	449.412,00
			1.947.452,00

Se estimaron los valores de los días de uso de la maquinaria Sand Blasting acuerdo al área de aplicación para el Modelo 1 debido a la inexistencia de un valor para calcular los días de trabajo a través de entrevista no estructurada aplicada a 3 especialistas encargados de la maquina en Planta Tocoa:

Tabla 53. Costo de maquinaria para el Modelo 1 (Fuente: Autor)

Maquinaria			
	Días	Precio (Bs/día)	Precio (Bs)
Sand Blastin	2	103.000,00	206.800,00

Modelo 2:

Aplicando el mismo procedimiento para cálculo de costo de pintura y mano de obra para el Modelo 2, se tiene la siguiente tabla resumen:

Tabla 54. Costo de pintura para el Modelo 2 (Fuente: Autor)

	Gal	a 20 mils	Gal	a 6 mils	Gal	Precio (Bs)
Brea Epoxi poliamina	1,16	23,13	24			5.064.000,00
Antifouling	2,20			13,19	14	6.118.000,00
						11.182.000,00

Tabla 55. Costo de mano de obra para el Modelo 2 (Fuente: Autor)

Pintor			
	Metros lineal a espesor recomendado (m)	Costo mano de obra (Bs/m)	Precio (Bs)
Brea Epoxi poliamina	2636,54	2000,00	5.273.080,00
Antifouling	790,96	2000,00	1.581.924,00
			6.855.004,00

Los valores de los días de uso de la maquinaria Sand Blasting se estimaron de acuerdo al área de aplicación para el modelo 2, debido a la inexistencia de un valor para calcular los días de trabajo de maquinaria Sand Blasting, a través de entrevista no estructurada aplicada a 3 especialistas encargados de la maquina en Planta Tocoa:

Tabla 56. Costo de maquinaria para el Modelo 2 (Fuente: Autor)

Maquinaria			
	Días	Precio (Bs/día)	Precio (Bs)
Sand Blastin	20	103.000,00	2.068.000,00

A continuación se procede a calcular los días de construcción de los equipos, para obtener un costo aproximado de construcción.

2.5.4. Estimación de Días de Construcción de los equipos

Para estimar costos de construcción, se realizará un cálculo del tiempo de maquinado de las partes, y para estimar los días de construcción se aplicará un diagrama de Gand. Los valores obtenidos en los tiempos de construcción son teóricos, no se está tomando en cuenta la parada de descanso del personal trabajador, tiempo de medición de distancias sobre las superficies y tiempo de cambio y fijación de pieza.

Modelo 1:

a) En el cálculo de taladrado, se utilizará como referencia la cantidad de tornillos para este modelo. Se proponen los siguientes valores adicionales al valor obtenido de tiempo de trabajo:

Tabla 57. Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)

Descanso del personal trabajador	30 minutos
Llegada de material y colocarlo en el almacén	480 minutos (8 horas)
Tiempo de picado de material y medición de distancias de huecos sobre las superficies	480 minutos (8 horas)
Tiempo de cambio y fijación de pieza	60 minutos (1 Hora)

Como se debe taladrar columnas de acero de espesor 7 mm, los cálculos se van a basar utilizando una broca de acero rápido. Según la figura 14, se va utilizar una broca de ángulo 127°, con velocidad periférica de 16,75 m/min. Para calcular las revoluciones, se utiliza la ecuación 18.

Existen diferentes tamaños de pernos, calculando las rpm para cada diámetro, como se muestra a continuación:

Para perno 9,525 mm (3/8"):

$$n_c = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{16,75 \cdot 1000}{\pi \cdot 9,525} \cong 560rpm$$

Las rpm para los pernos de otros tamaños son:

Tabla 58. Velocidad de giro en rpm para taladrado en pernos Modelo 1 (Fuente: Autor)

Diámetro Perno (pulg)	Diámetro Perno (mm)	n _c (rpm)
1/8"	3,175	1680
3/8"	9,525	560
3/4"	19,050	280

Para entrar a la figura 15, se propone utilizar los valores del aluminio para el poliéster reforzado con fibra de vidrio para efectos del cálculo, ya que no existe una tabla con este material. Los valores de **a** para cada perno son:

Tabla 59. Valores del factor **a** para taladrado Modelo 1 (Fuente: Autor)

Diámetro Perno (mm)	a (mm/rev)
3,175	0,15
9,525	0,30
19,050	0,54

Aplicando la ecuación 19 se obtiene las velocidades de avance:

La velocidad de avance para el perno 3/8" (9,525mm):

$$Va = a \cdot n_c = 0,3 \cdot 560 = 168 \text{ mm/min}$$

Las rpm para los pernos de otros tamaños:

Tabla 60. Velocidad de avance para taladrado en pernos Modelo 1 (Fuente: Autor)

Diámetro Perno (mm)	V_a (mm/min)
3,175	252,0
9,525	168,0
19,050	151,2

En el cálculo de tiempo de taladrado, se aplica la ecuación 20. Para obtener R, calculamos h con la ecuación 18, y luego aplicamos la ecuación 17 con L = 6,3mm (espesor de lámina mayor de poliéster reforzado con fibra de vidrio).

Para perno 3/8" (9,525mm):

$$h = \frac{D}{2} \cdot \text{Cot} \frac{\varepsilon}{2} = \frac{9,525}{2} \cdot \text{Cot} \frac{127}{2} = 2,375 \text{ mm}$$

El recorrido durante el mecanizado es:

$$R = L+h = 6,300 + 2,375 = 8,675 \text{ mm}$$

El tiempo de taladrado para cada perno de 3/8" es:

$$t_m = \frac{R}{Va} = \frac{8,675}{168} = 0,052 \text{ min} \cong 3,1 \text{ seg}$$

Aplicando el procedimiento de cálculo de tiempo de mecanizado para los pernos de otros tamaños es:

Tabla 61. Tiempo de taladrado por perno Modelo 1 (Fuente: Autor)

Diámetro Perno (mm)	tm (seg)
3,175	1,7
9,525	3,1
19,050	4,4

Según el número de pernos, el tiempo total de taladrado es:

Tabla 62. Tiempo de taladrado total Modelo 1 (Fuente: Autor)

	und	tm (seg)	total (seg)
<i>3/8"-16 3/4"</i>	350	3,1	1.085,0
<i>3/8"-16 3"</i>	1.170	3,1	3.627,0
<i>3/4"-10 2-1/2"</i>	340	4,4	1.496,0
<i>Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"</i>	74	1,7	125,8
		Total	6.333,8 Seg

El tiempo es 106 minutos (1 hora con 46 minutos) aproximadamente. Tomando en cuenta los valores propuestos en la tabla 57, se tiene como tiempo de taladrado 20 horas con 16 minutos. Como el horario de trabajo son 8 horas, se supone este trabajo completo de 3 días para el modelo 1.

b) El cálculo de torneado se basará en el cálculo del eje y de los carretes, y se estimará un tiempo de fabricación del resto de las piezas de acuerdo a los resultados. Se va a estimar el tiempo de maquinado lento, ya que se está realizando dentro de la empresa. Se proponen los siguientes valores adicionales al valor obtenido de tiempo de trabajo:

Tabla 63. Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo torneado realizado (Fuente: Autor)

Llegada de material y colocarlo en el almacén	30 minutos (1 Hora)
Tiempo de picado de material y medición de distancias	30 minutos (1 Hora)
Tiempo de cambio, montado, fijación y centrado de la pieza	30 minutos (1 Hora)
Cambio y afilar la herramienta de corte	60 minutos (1 Hora)
Almuerzo	60 minutos (1 Hora)

Para el eje, se tiene un tocho de acero inoxidable de 127 mm, y se quiere llegar a 115 mm. De la figura 16, el valor de P_d (Penetración de la herramienta) en desbaste para acero inoxidable, dada la aplicación, se toma de 0.5 mm de penetración. Aplicando la ecuación 22, el diámetro de desbaste es:

$$Dm_{desbaste} = \frac{Df' + Di}{2} = \frac{127 - 2 \cdot 0,5 + 127}{2} = 126,5mm$$

De la figura 16, la velocidad de corte para Desbaste es de 60 m/min. Aplicando la ecuación 24 para pasar los valores a rpm, se tiene:

$$n_{c_{desbaste}} = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot Dm} = \frac{60 \cdot 1000}{\pi \cdot 126,5} = 150,97 \text{ rpm}$$

De la figura 16, los valores de a son:

Tabla 64. Valores del factor a para torneado en acero inoxidable Modelo 1 (Fuente: Autor)

Diámetro Perno (mm)	a (mm/rev)
Desbaste	0,5

Aplicando la ecuación 25 se obtiene las velocidades de avance:

$$Va_{desbaste} = a \cdot n_c = 0,5 \cdot 150,97 = 75,5 \text{ mm/min}$$

Aplicando la ecuación 26, el tiempo de torneado será:

$$T_{mdesbaste} = \frac{L + P_d}{Va} = \frac{3168 + 0,5}{75,5} = 41,96 \text{ min}$$

Aplicando el procedimiento hasta llegar a 115,5 mm, se tienen los siguientes tiempo de torneado:

Tabla 65. Tiempo de desbaste de eje Modelo 1 (Fuente: Autor)

Dm desbaste (mm)	Nc (rpm)	Va (mm/min)	Tm desbaste (min)
126,50	150,98	75,49	41,97
126,00	151,58	75,79	41,81
125,50	152,18	76,09	41,64
125,00	152,79	76,39	41,48
124,50	153,40	76,70	41,31
124,00	154,02	77,01	41,14
123,50	154,64	77,32	40,98
123,00	155,27	77,64	40,81
122,50	155,91	77,95	40,65
122,00	156,55	78,27	40,48
121,50	157,19	78,60	40,31
121,00	157,84	78,92	40,15
120,50	158,49	79,25	39,98
120,00	159,16	79,58	39,82
119,50	159,82	79,91	39,65
119,00	160,49	80,25	39,48
118,50	161,17	80,58	39,32
118,00	161,85	80,93	39,15
117,50	162,54	81,27	38,99
117,00	163,24	81,62	38,82
116,50	163,94	81,97	38,66
116,00	164,64	82,32	38,49
115,50	165,36	82,68	38,32
Tot			923,41 min

El tiempo total es de aproximadamente 16 horas con 6 minutos para desbaste. El tiempo total de torneado es de 19 horas con 36 minutos. Como el horario laboral es de 8 horas, se supone este trabajo completo de 3 días.

Para el acabado, como es el producto final, de la figura 16, el valor de P_d para acero inoxidable se toma de 0,1mm. Aplicando la ecuación 23, el diámetro de acabado es:

$$Dm_{acabado} = \frac{Df + Di}{2} = \frac{115,5 + 115,5 - 2 \cdot 0,1}{2} = 115,4mm$$

De la figura 16, la velocidad de acabado es de 100 m/min. Aplicando la ecuación 24 para pasar los valores a rpm, se tiene:

$$n_{c\text{ acabado}} = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot Dm} = \frac{100 \cdot 1000}{\pi \cdot 115,5} = 275,83rpm$$

De la figura 16, los valores de a son:

Tabla 66. Valores del factor a para torneado en acero inoxidable Modelo 1 (Fuente: Autor)

Diámetro Perno (mm)	a (mm/rev)
Acabado	0,10

De la ecuación 25 se obtiene las velocidades de avance:

$$Va_{acabado} = a \cdot n_c = 0,1 \cdot 275,83 = 27,58mm / min$$

Aplicando la ecuación 26, el tiempo de torneado será:

$$T_{macabado} = \frac{L + P_d}{Va} = \frac{3168 + 0,10}{27,58} = 114,85 min$$

Al aplicar el procedimiento de acabado hasta llegar a 115 mm, se tienen los siguientes tiempo de torneado:

Tabla 67. Tiempo de acabado de eje Modelo 1 (Fuente: Autor)

Dm desbaste (mm)	Nc (rpm)	Va (mm/min)	Tm desbaste (min)
115,50	275,59	27,56	114,97
115,40	275,83	27,58	114,87
115,30	276,07	27,61	114,77
115,20	276,31	27,63	114,67
115,10	276,55	27,66	114,57
115,00	276,79	27,68	114,47
Tot			688,33 min

El tiempo total es de aproximadamente 11 horas con 30 minutos para acabado. El tiempo total de torneado es de 16 horas. Como el horario laboral es de 8 horas, se supone este trabajo completo de 2 días.

Para el carrete, se tiene un tocho de acero inoxidable de 203,2 x 51,75 y se quiere llegar a las dimensiones mostradas en la figura 68.

El procedimiento para torneado de carrete es:

1. Proceso de desbaste hasta 185,2 mm. y acabado hasta 185 mm.
2. Proceso de desbaste de 185 hasta 125,5 mm. Acabado para guías del canal de 125,5 mm hasta 125 mm.
3. Proceso de desbaste para diámetro interno hasta 122,5 y acabado hasta 123 mm.

Aplicando el procedimiento anterior, se obtienen los siguientes tiempos de torneado:

Tabla 68. Tiempo de desbaste y acabado para carretes Modelo 1 (Fuente: Autor)

Procedimiento	Tiempo desbaste (min)	Tiempo Acabado (min)
1	39,32	9,05
2	62,92	7,52
3	82,84	12,0
Total	185,08	28,57

Sumando el tiempo de desbaste y acabado, se tiene un total por carrete es de aproximadamente 3 horas con 35 minutos para desbaste y acabado. Como son 6 carretes, el tiempo total es de 21 horas con 30 minutos. El tiempo total de torneado es de 25 horas. Como el horario laboral es de 8 horas, se supone este trabajo completo de 4 días.

Los soportes de los rodamientos, como son piezas pequeñas, se va a tomar su construcción en estos 4 días.

En total de días de torneado del eje y de los carretes se tienen 9 días.

c) En el calculo de la soldadura, se obtienen los metros lineales de soldadura para las partes del equipo que la requieran utilizando los cálculos métricos del apéndice B y del diseño modelado en el programa computacional, y con las figuras 18 y 20 se calcula el tiempo teórico con la velocidad recomendada de soldadura. Se proponen los siguientes valores adicionales al valor obtenido de tiempo de trabajo:

Tabla 69. Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)

Llegada de material y colocarlo en el almacén	30 minutos (1 Hora)
Descanso del soldador	120 minutos (2 Horas)
Tiempo de picado de material, medición de distancias y preparación de biseles.	360 minutos (6 Horas)
Almuerzo	60 minutos (1 Hora)

1. Según la figura 20, para el acero inoxidable 316 se recomienda a espesores de 6 mm una velocidad de soldadura de 30 m/h. La longitud obtenida de acero inoxidable es de 8,2 m de soldadura lineal (Apéndice B). El tiempo es:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{8,2}{30} = 0,27333h = 16,4 \text{ min}$$

2. De la figura 18, para el acero al carbono se recomienda a espesores de 6 mm una velocidad de soldadura de 45 m/h.

3. Para los pernos en las columnas, se tienen 340 pernos de $\frac{3}{4}$ " (19,05 mm) de diámetro, la longitud de soldadura será:

$$L_{soldadura} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot N^{\circ} \text{ pernos} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{19,05}{2} \cdot 340 = 20348mm = 20,348m$$

El tiempo de soldadura será:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{20,348}{45} = 0,452 = 27,12 \text{ min}$$

4. La estructura del motor tiene una longitud de soldadura de 5,25m (Apéndice B). El tiempo de soldadura será:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{5,25}{45} = 0,116 = 7 \text{ min}$$

Sumando el tiempo obtenido en los puntos 1,2,3 y 4, el tiempo teórico total de soldadura es de 1 hora con 11 minutos. El tiempo total de soldadura es de 11 horas con 11 minutos. Como el horario laboral es de 8 horas se supone este trabajo completo de 2 días.

d) El tiempo de ensamblaje, debido a la inexistencia de un indicador que permita estimar el valor, la falta de inexperiencia con el material y la complejidad del equipo, se estima 30 días de construcción.

Modelo 2:

a) El procedimiento de cálculo es igual que el utilizado en el modelo 1. Para el cálculo de taladrado, se utilizara como referencia la cantidad de tornillos para este modelo. Se proponen los siguientes valores adicionales al valor obtenido de tiempo de trabajo:

Tabla 74. Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)

Descanso del personal trabajador	30 minutos
Llegada de material y colocarlo en el almacén	360 minutos (6 horas)
Tiempo de picado de material y medición de distancias de huecos sobre las superficies	360 minutos (6 horas)
Tiempo de cambio y fijación de pieza	60 minutos (1 Hora)

Como se debe taladrar columnas de acero, los cálculos se van a basar utilizando una broca de acero rápido. Según la figura 14, se va utilizar una broca de ángulo 127°, con velocidad periférica de 16,75 m/min.

Aplicando las ecuaciones y el procedimiento de cálculo, el tiempo total de taladrado será:

Tabla 75. Tiempo de taladrado total Modelo 2 (Fuente: Autor)

	und	tm (seg)	total (seg)
<i>3/8"-16 3/4"</i>	78	3,1	241,80
<i>3/8"-16 3"</i>	940	3,1	2.914,00
<i>1/2"-10 2-1/2"</i>	232	1,5	348,00
<i>3/4"-10 2-1/2"</i>	240	4,4	1.056,00
<i>Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"</i>	74	1,7	125,80
			4.685,60 seg

Pasando el tiempo a horas se obtiene 1 hora con 18 minutos (78 minutos) aproximadamente. Tomando en cuenta los valores propuestos en la tabla 74, se tiene como tiempo de taladrado 14 horas con 48 minutos. Como el horario de trabajo son 8 horas, se supone este trabajo completo de 2 días para el modelo 2.

b) El tiempo de torneado es igual que el del modelo 1, que son 9 días.

c) Para la soldadura, se calculan los metros lineales de soldadura para las partes del equipo que la requieran utilizando los cálculos métricos del apéndice B y del diseño modelado en el programa computacional, y con las figuras 18 y 20 se calcula el tiempo teórico con la velocidad recomendada de soldadura. Se proponen los siguientes valores adicionales al valor obtenido de tiempo de trabajo:

Tabla 76. Valores propuestos adicionales para el tiempo de trabajo taladrado realizado (Fuente: Autor)

Llegada de material y colocarlo en el almacén	30 minutos (1 Hora)
Descanso del soldador	360 minutos (6 Horas)
Tiempo de picado de material, medición de distancias y preparación de biseles.	960 minutos (16 Horas)
Almuerzo	60 minutos (1 Hora)

1. Según la figura 20, para el acero inoxidable 316 se recomienda a espesores de 6 mm una velocidad de soldadura de 30 m/h. La longitud obtenida de acero inoxidable es de 8,2 m de soldadura lineal. El tiempo será:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{8,2}{30} = 0,27333h = 16,4 \text{ min}$$

2. De la figura 18, para el acero al carbono se recomienda a espesores de 6 mm una velocidad de soldadura de 45 m/h.

3. En la estructura filtrante, se tiene que los metros lineales de soldadura son de 194,8 m. El tiempo de soldadura será:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{194,8}{45} = 4,3288h = 260 \text{ min}$$

4. Para los pernos en las columnas a soldar, se tienen 240 pernos de $\frac{3}{4}$ ” (19,05 mm) y 232 de $\frac{1}{2}$ ” (12,7 mm) de diámetro, la longitud de soldadura será:

$$L_{soldadura} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot N^{\circ} \text{ pernos} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{19,05}{2} \cdot 240 = 14363mm = 14,363m$$

$$L_{soldadura} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot N^{\circ} \text{ pernos} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{12,7}{2} \cdot 232 = 9256mm = 9,256m$$

El tiempo de soldadura será:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{14,363 + 9,256}{45} = 0,525 = 31,5 \text{ min}$$

5. La estructura del motor tiene una longitud de soldadura de 5,25m. El tiempo de soldadura será:

$$T_{soldadura} = \frac{Longitud}{velocidad} = \frac{5,25}{45} = 0,116 = 7 \text{ min}$$

Sumando el tiempo obtenido en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 el tiempo teórico total de soldadura es de 5 horas con 15 minutos. El tiempo total de soldadura es de 29 con 15

minutos. Como el horario laboral es de 8 horas, se supone este trabajo completo de 4 días.

d) El tiempo de ensamblaje, debido a la inexistencia de un indicador que permita estimar el valor, la falta de inexperiencia con el material y la complejidad del equipo, se estima 30 días de construcción.

El total de días se tiene:

Tabla 77. Días de construcción para el Modelo 2 (Fuente: Autor)

Taladrado	2 días
Torneado	9 días
Soldadura	4 días
Ensamble	30 días

Para la tabla de costos de mano de obra por días de construcción, los días de ensamble se va a utilizar el sueldo del Torneador, mostrado en el apéndice C. A continuación se muestran los costos de construcción:

Tabla 78. Costos de construcción para el Modelo 2 (Fuente: Autor)

		Bs /día	Nº Trabajadores	Total (Bs)
Taladrado	2	105.000	2	420.000
Torneado	9	105.000	2	1.890.000
Soldadura	4	115.000	4	1.840.000
Ensamble	30	105.000	5	15.750.000
			Total	19.990.000

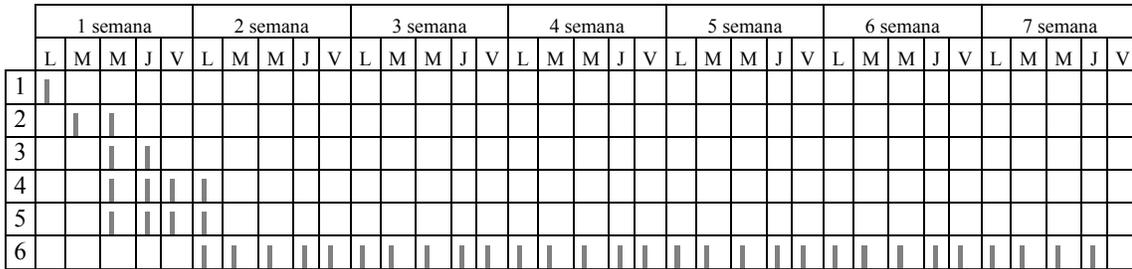
El costo de mano de obra para la construcción del Modelo 2 es de aproximadamente 19,99 millones de bolívares. Para estimar los días de construcción, se aplica un diagrama de Gant con los días de maquinado y el tiempo de llegada del material. Los puntos a evaluar son:

Tabla 79. Puntos a evaluar en el diagrama de Gant para el Modelo 1 (Fuente: Autor)

Llegada de material y colocarlo en el almacén	1
Tiempo de picado de material, medición de distancias y preparación	2
Tiempo Taladrado	3
Tiempo Torneado	4
Tiempo Soldado	5
Tiempo Ensamblaje	6

Aplicando el diagrama de Gant se tiene:

Tabla 80. Diagrama de Gant para el Modelo 1 (Fuente: Autor)



Se estima un tiempo de construcción de 35 días. Una vez obtenido los costos de materiales, mano de obra, pintura, y construcción, se obtiene la inversión inicial de cada Modelo.

2.5.5. *Inversión Inicial*

Sumando los costos de materiales, galvanizado, motor, pintura, mano de obra, equipos y construcción, se obtiene la inversión inicial de cada modelo.

Tabla 81. Inversión Inicial para cada Modelo (Fuente: Autor)

Modelo 1

	Bs
Materiales	98.531.210,74
Galvanizado	220.011,20
Motor	10.000.000,00
Pintura	3.225.000,00
Pintor	1.947.452,00
Sand Blastin	206.800,00
Construcción	18.500.000,00

Total **132.630.473,90**

Modelo 2

	Bs
Materiales	51.335.963,42
Galvanizado	2.598.364,83
Motor	10.000.000,00
Pintura	11.182.000,00
Pintor	6.855.004,00
Sand Blastin	2.068.000,00
Construcción	19.900.000,00

Total **103.939.332,30**

Al estudiar económicamente el proyecto, se deben calcular los costos fijos y los ingresos anuales. A continuación se muestran los costos fijos para cada modelo.

2.5.6. *Costos Fijos*

De acuerdo al tiempo de duración de las pinturas, se estiman costos fijos que se deben hacer al realizarles mantenimiento a los equipos. Utilizando el costo calculado para la inversión inicial de las pinturas, se muestra tiempo estimado de aplicación de cada una:

Tabla 82. Costo de pintura cada 2 y 6 años para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

Modelo 1
Pintura

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Brea	0	0	1.477.000
Antifouling	1.748.000	0	1.748.000
Total	1.748.000	0	3.225.000

Modelo 2
Pintura

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Brea	0	0	5.064.000
Antifouling	6.118.000	0	6.118.000
Total	6.118.000	0	11.182.000

Para la mano de obra en pintura, aplicando el costo calculado para la inversión inicial en la aplicación de cada pintura, se tiene:

Tabla 83. Costo de mano de obra en pintura cada 2 y 6 años para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

Modelo 1
Pintor

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Brea		0	1.498.040
Antifouling	449.412	0	449.412
Total	449.412	0	1.947.452

Modelo 2
Pintor

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Brea		0	5.273.080
Antifouling	1.581.924	0	1.581.924
Total	1.581.924	0	6.855.004

Los trabajadores que se van a encargar de sacar el equipo de su lugar de trabajo, trasladarlo al lugar de mantenimiento, separar partes y volverlo a colocar, se estima cada 2 años como se muestra en la tabla 84:

Tabla 84. Costos de mano de obra general para mantenimiento para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

Modelo 1
Trabajador

	Nº trab	Días	Precio (Bs)
Trabajador	2	3	630.000

Modelo 2
Trabajador

	Nº trab	Días	Precio (Bs)
Trabajador	2	7	1.470.000

El Sand Blasting, se va aplicar cuando se haga mantenimiento mayor, que para este caso se estima cada 6 años. El costo en maquinaria se muestra en la tabla 85:

Tabla 85. Costo de maquinaria para mantenimiento para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

Modelo 1
Maquinaria

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Sand Blastin	0	0	206.800

Modelo 2
Maquinaria

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Sand Blastin	0	0	2.068.000

El cambio de rodamientos se estima cada 4 años. El costo de rodamientos se muestra en la tabla 86:

Tabla 86. Costo en Rodamientos para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

Rodamientos

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Rodamientos	0	126.000	0

Rodamientos

	Cada 2 años (Bs)	Cada 4 años (Bs)	Cada 6 años (Bs)
Rodamientos	0	160.000	0

Sumando los costos fijos para 2, 4 y 6 años, se obtienen los siguientes valores:

Tabla 87. Costos fijos cada 2,4 y 6 años para los Modelos 1 y 2 (Fuente: Autor)

	Modelo 1			Modelo 2		
	Cada 2 años	Cada 4 años	Cada 6 años	Cada 2 años	Cada 4 años	Cada 6 años
Costo de pintura	1.748.000	1.748.000	3.225.000	6.118.000	6.118.000	11.182.000
mano de obra en pintura	449.412	449.412	1.947.452	1.581.924	1.581.924	6.855.004
mano de obra general	630.000	630.000	630.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000
maquinaria	0	0	206.800	0	0	2.068.000
Rodamientos	0	126.000	0	0	160.000	0
Total	2.827.412	2.953.412	6.009.252	9.169.924	9.329.924	21.575.004

Se procede a calcular los ingresos anuales debido a la colocación de un sistema de filtrado. Para ello se calculan las pérdidas anuales que genera la empresa por la falta de equipos, y luego se estima el ahorro que genera la colocación de los mismos.

2.5.7. Pérdida anual por mantenimiento Sin Filtro

Al no existir sistema de filtro en la planta, se deben realizar faenas de limpieza a los condensadores, colocando la Unidad de Generación a media carga. Actualmente se realizan 2 paradas mensuales, con un tiempo de parada de 12 horas, dando 24 paradas anuales. Esto representa una pérdida para la empresa ya que no se vende energía por tener que realizar mantenimiento.

De la figura observamos la cantidad de energía perdida por la empresa anualmente por mantenimiento. Esta energía de pérdidas es igual al área sombreada como se muestra en la figura 89.

$$E_{\text{pérdidas}} = 20 \text{ MW} \times 144 \text{ h} = 2.880 \text{ MWh/año}$$

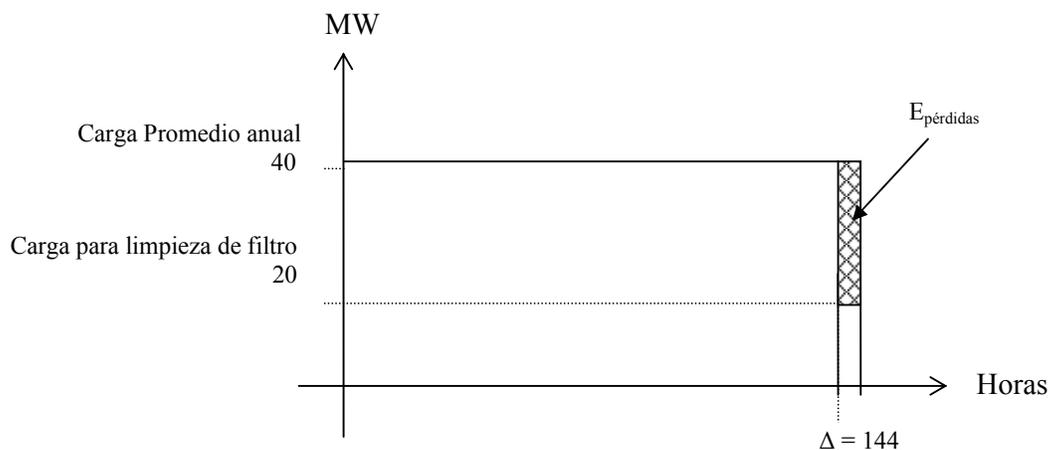


Figura 89. Modelo de pérdida de energía (Fuente: Autor)

Las pérdidas anuales se muestran en la tabla 88:

Tabla 88. Tabla resumen con las perdidas anuales que genera la falta de sistema de filtrado (Fuente: Autor)

Por unidad :

Paradas Actuales mensuales por Mantenimiento al condensador	2
Paradas Actuales anuales por Mantenimiento al condensador	24
Horas de parada mensual	12 h
Horas de parada anual	144 h
Carga Anual promedio	40 MW
Carga de parada promedio	20 MW
Energía dejada de vender	2880 Mwh/año
Venta de energía (tarifa nacional)	20 \$/MWh
Perdida por 24 paradas	57600 \$/año
Perdida por parada	2400 \$/año

Por cada mantenimiento que se realice por unidad de generación, se pierden 2400 \$/año aproximadamente.

2.5.8. Ahorro anual por mantenimiento Con Filtro

Con los modelos finales, por medio de expertos en Planta Tocoa, se estima una parada cada 2 meses, resultando que al año son 6 paradas. Calculando las perdidas por parada, se tiene:

Perdida al Año con filtro **14400** \$/año

El ahorro anual por unidad se obtiene de la diferencia entre las pérdidas anuales sin filtro y las pérdidas al año con filtro, siendo de:

Ahorro anual **43200** \$/año

Se observa que anualmente van a haber ganancias, ya que es una cantidad de dinero grande comparada con los gastos en mantenimiento. Una vez obtenido los valores de ingresos y costos de cada Modelo, se lleva a Valor Presente Neto.

2.5.9. Valor Presente Neto

Se procede a evaluar económicamente los Modelos en un lapso estimado de 12 años con los ingresos y costos anuales calculados. Los valores en moneda nacional se pasaran a dólares. También se evaluarán tomando en cuenta el costo de los equipos de fábrica, agregando un costo de mantenimiento obligatorio por pintura, de 3.500 \$ cada 2 años y 8000 \$ cada 6 años, calculado para los Modelos diseñados. Se tomarán los siguientes indicadores económicos:

Paridad Cambiaria: 2150 Bs/\$
Tasa de Interés: 12 %

El diagrama de ingresos y gastos con el que se basan los cálculos se muestra a continuación. Como existe mayor ganancia que costos en mantenimiento, al hacer la diferencia, en todo el año existen ingresos, apuntando con la flecha vertical hacia arriba:

Modelo 1:

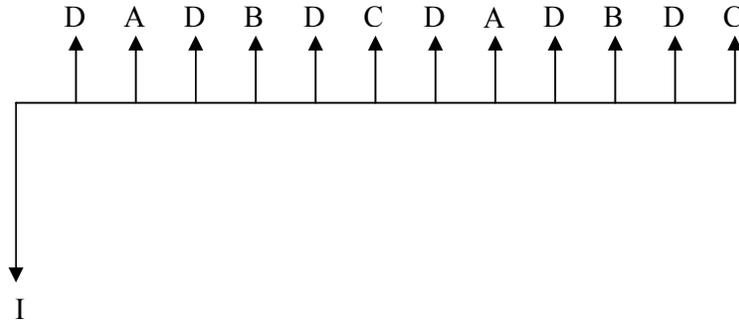


Figura 90. Diagrama Ingresos y gastos para Modelo 1 (Fuente: Autor)

Los valores de cada letra son:

Tabla 89. Valores de ingresos y gastos Modelo 1 (Fuente: Autor)

Letra	Valor (\$)
D- Ahorro Anual	43.200,00
A- Ahorro cada 2 años	41.885,00
B- Ahorro cada 4 años	41.825,00
C- Ahorro cada 6 años	40.405,00
I- Ingresos	62.283,94

Estos ahorros provienen de la diferencia entre los ahorros anuales menos los costos anuales calculados anteriormente. Para el Modelo 2 se tiene

Modelo 2:

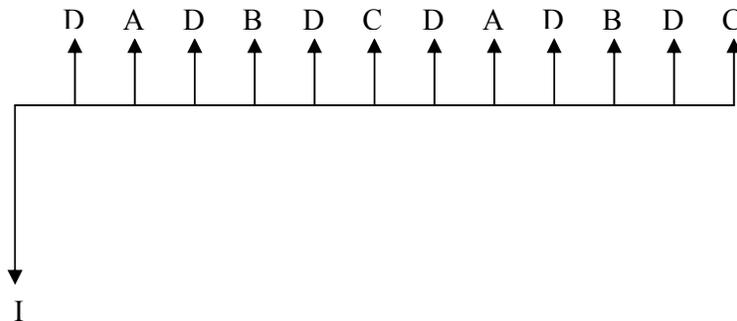


Figura 91. Diagrama Ingresos y Egresos para Modelo 1 (Fuente: Autor)

Los valores de cada letra son:

Tabla 90. Valores de ingresos y gastos Modelo 2 (Fuente: Autor)

Letra	Valor (\$)
D- Ahorro Anual	43.200,00
A- Ahorro cada 2 años	38.935,00
B- Ahorro cada 4 años	38.861,00
C- Ahorro cada 6 años	33.165,00
I- Ingresos	49.902,02

Estos ahorros provienen de la diferencia entre los ahorros anuales menos los costos anuales calculados anteriormente. A continuación se muestra el resultado del estudio, aplicando el método de Valor Presente Neto.

Para calcular el Valor Presente Neto, se procede a realizar una tabla, donde en la primera fila se van a colocar los años a evaluar, que va desde el 2006 hasta el 2018; en la segunda fila van los Costos que se realiza cada año; en la tercera fila van los ingresos que se producen debido a la colocación de los equipos. Y en la cuarta fila la diferencia entre los Ingresos y costos. Este modelo de Tabla se aplica a los Modelos diseñados y a los equipos comerciales rotativos y estáticos.

Tabla 91. Comparación económica de los Diseños y Modelos Comerciales (Fuente: Autor)

MODELO 1

Años	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	61.688,59	0,00	1.315,08	0,00	1.373,68	0,00	2.795,00	0,00	1.315,08	0,00	1.373,68	0	2795,00
Ingresos	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00
Diferencia	-18.488,59	43.200	41.885	43.200	41.826	43.200	40.405	43.200	41.885	43.200	41.826	43.200	40.405

VPN **244.080,14** \$**MODELO 2**

Años	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	48.343,88	0,00	4.265,08	0,00	4.339,50	0,00	10.034,89	0,00	4.265,08	0,00	4.339,50	0	10.034,89
Ingresos	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00
Diferencia	-5.143,88	43.200	38.935	43.200	38.861	43.200	33.165	43.200	38.935	43.200	38.861	43.200	33.165

VPN **245.515,98** \$**MODELO 3 Equipo extranjero Rotativo**

Años	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	200.000,00	0,00	3.500,00	0,00	3.500,00	0,00	8.000,00	0,00	3.500,00	0,00	3.500,00	0,00	8.000,00
Ingresos	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00
Diferencia	-156.800,00	43.200	39.700	43.200	39.700	43.200	35.200	43.200	39.700	43.200	39.700	43.200	35.200

VPN **97.135,53** \$**MODELO 4 Equipo extranjero estático**

Años	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Egresos	190.000,00	0,00	3.500,00	0,00	3.500,00	0,00	8.000,00	0,00	3.500,00	0,00	3.500,00	0,00	8.000,00
Ingresos	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00	43.200,00
Diferencia	-146.800,00	43.200	39.700	43.200	39.700	43.200	35.200	43.200	39.700	43.200	39.700	43.200	35.200

VPN **107.135,53** \$

Se observan los siguientes resultados de la tabla 91:

Tabla 92. Resultados de la aplicación del VPN a los Diseños y Modelos Comerciales (Fuente: Autor)

	Modelo 1	Modelo 2	Rotativo	Estático
VPN (\$)	244.080,14	245.515,98	97.135,53	107.135,53

De la tabla 91 y 92, se observa que el Modelo 2 genera mayores ingresos que el Modelo 1 en menos del 1%. Pero el modelo 2 genera mayores costos en mantenimiento que el Modelo 1. Como la diferencia de ganancias no es de alto porcentaje, se va a tomar como si los 2 equipos generan las mismas ganancias y se evaluarán los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. Se observa que los modelos diseñados generan más del 100% de ganancias que los equipos comerciales. El Filtro Comercial estático genera 10% más de ganancias que el rotativo.

Una vez definidos los diseños con sus cálculos respectivos de materiales, partes que lo componen, unión de los elementos y cálculo económico, se procede a interpretar todos los resultados obtenidos para dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación.

Capítulo 3

Análisis de Resultados

A continuación se relacionan todos los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo y se interpretan en conjunto con los objetivos planteados en la investigación. Como punto inicial, se analizan los equipos filtrantes rotativos y estáticos.

Al momento de seleccionar un equipo rotativo o estático, se debe definir principalmente el ambiente y tipo de basura. Pero en ambos equipos se puede lograr un espacio similar de filtrado. Según los fabricantes, se coloca un sistema estático a la entrada del canal para evitar el paso de carga pesada y posteriormente otro sistema, cuyas dimensiones de filtrado depende de la abertura de paso del primer equipo. Como se observó en el marco experimental, los sistemas rotativos poseen piezas móviles sumergidas, y teniendo todo el sistema de protección posible, en ambientes agresivos los materiales van sufriendo desgaste, obligando a realizar un mantenimiento estricto al equipo. De igual manera, las pantallas de filtrado pasan de estar sumergidas a estar a la intemperie, acelerando el proceso de corrosión aun así con sistema de protección catódica, ya que solo protege lo sumergido, experiencia vivida en Planta Tocoa.

Para el sistema estático no existen piezas móviles sumergidas, el inconveniente viene siendo el sistema recolector de basura. Para ambientes agresivos, se sumerge una o dos veces para el proceso de recolección y de resto esta en la intemperie, desgastando las piezas por corrosión. Pero si se compara la cantidad de material que se pierde en caso de que ocurriera un ataque agresivo del sistema recolector de basura respecto al Rotativo, el estático es mucho menor. Igualmente, las piezas de un sistema estático son

más robustas y existen espesores de piezas grandes ya que su diseño lo permite, logrando que su duración sea mayor que la de un sistema rotativo.

Aplicando el Valor Presente Neto entre los sistemas de recolección de basura comerciales para este caso, se observa que con igual gastos de mantenimiento, genera menores costos el estático, ya que su inversión inicial es mucho menor, dando mas peso de selección al equipo.

Para los materiales en ambientes corrosivos, el acero inoxidable 316 es muy bueno ya que tiene excelentes propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión, pero es un material muy costoso. Si se maneja muy bien los recubrimiento de protección para materiales metálicos, se puede hacer una estructura igual de resistente y mucho mas económica que con otros tipos de acero. El único inconveniente es que a cada cierto tiempo se requiere una nueva aplicación de recubrimiento, ya que se desgastan en períodos definidos. Tal es el caso del galvanizado, que es un recubrimiento que ofrece una protección extraordinaria al material, pero tiene un tiempo de vida corto para ambientes Agresivos, obligando a parar el proceso para su nueva aplicación.

Comparando el acero con materiales no metálico, tiene mucha ventaja en cuanto a costo, facilidades de unión y es un material utilizado para cantidad de aplicaciones. El material no metálico es muy utilizado actualmente, pero tiende a ser mas costoso que el acero para aplicaciones específicas. Ese es el caso de los modelos planteados. El Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de Vidrio, presenta un costo de materiales muy elevado. Pero al analizar los costos de mantenimiento, se intercambian los papeles. Esto se debe a que el 90% de materiales del Modelo 2 es acero al carbono, y los costos de mantenimiento aumentan debido a la aplicación de los recubrimientos de protección contra la corrosión. Igualmente, si analizamos el tiempo de duración de mantenimiento, el Modelo 1 tiene un periodo extremadamente corto comparado con el Modelo 2, ya que sus elementos de acero al carbono son de 5% aproximadamente respecto al poliéster reforzado. Esto aumenta la disponibilidad del equipo comparada con el Modelo 2.

Para las plantas de Generación, uno de los principales inconvenientes es el mantenimiento a equipos. Si esto se reduce, la empresa tendría mayores ganancias. Mientras mas largo sea el periodo de mantenimiento, la empresa acarreará con mayores gastos.

Se Observa que al aplicar el Valor Presente Neto a los diseños, el Modelo 2 genera mayores ganancias en un período de 12 años. Pero esa ganancia es insignificante ya que representa menos del 1% entre ambos equipo. Se puede decir que los dos modelos generan iguales beneficios para la empresa. Al compararlos con los equipos comerciales, se observa que un modelo de fabricación nacional genera más de 100% en ganancias a la empresa.

La desventaja con el material Poliéster reforzado con fibra de vidrio es que no es un material tan estudiado como el acero y no muy conocido a nivel nacional. Para pruebas específicas, la empresa se ve en la necesidad de recopilar información a través de experiencias propias o contratar un servicio que realice estos análisis.

El Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de vidrio presenta mayores ventajas técnicas que el Modelo 2 Acero al carbono en cuanto a mantenimiento, el cual cumple con los objetivos planteados en el proyecto ya que se desea realizar un modelo que sea de fácil y poco mantenimiento.

Capítulo 4

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones:

Luego de analizar los resultados del presente trabajo, se concluye:

- Los filtros rotativos actuales de las 6 unidades de Planta Tocoa están deteriorados e inservibles. Su principal falla provino del bloqueo por desgaste de las partes móviles sumergidas debido a la corrosión. Tomando en cuenta este factor y comparándolo con las necesidades y aplicación en la planta, de las tecnologías comerciales de sistema de filtrado de partículas sólidas para agua de condensado, el sistema de filtrado estático presenta mayores ventajas para la empresa que un sistema rotativo.
- Los materiales usados para el diseño de los equipos son: Poliéster reforzado con Fibra de vidrio, Acero al carbono y acero inoxidable 316. Los procesos de maquinado principales son torneado, taladrado y soldadura para la fabricación de las partes de los equipo. Como sistema de protección contra la corrosión se utiliza el galvanizado para las partes de acero, con recubrimientos especiales, que son Brea Epóxica y antiincrustante (Antifouling).
- El valor de las cargas externas a las que está sometido el equipo son muy bajas. Estas son: carga del mar y carga de succión de la bomba. Por lo que el diseño de los equipos se basa en lograr obtener excelente rigidez y buen agarre de las partes.

- La propuesta solución para basar el diseño es un sistema estático, con forma de eliminación de basura por raspado de superficie filtrante, y con sistema de colocación y extracción del lugar de trabajo por grúa.
- Los Modelos diseñados cumplen con los requerimientos mínimos de la Planta de Generación Tocoa. Se pueden adaptar a cualquier tipo de caudal y condiciones ambientales. Presentan iguales beneficios económicos para la empresa, ya que la diferencia de ganancias es menor del 1%.
- Es de gran factibilidad económica la fabricación de este tipo de equipos en el país. Para el caso de estudio, los Modelos presentan más de 100% de ganancias que los equipos comerciales en un plazo de 12 años para la empresa.
- Se realizaron los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento para los equipos diseñados.
- El Modelo 1 Poliéster reforzado con fibra de vidrio, posee menores costos de mantenimiento. De igual manera, el tiempo de duración de mantenimiento es menor, siendo la mejor opción para la empresa.

Recomendaciones:

- Para este proyecto se usa como sistema de protección contra corrosión el galvanizado y recubrimientos. Se recomienda diseñar un buen sistema de protección mas sofisticado como la protección catódica para que el equipo genere menores costos de mantenimiento. El elemento principal a proteger correctamente es el motor, ya que da movimiento al sistema de limpieza. Este se debe aplicar de tal manera que se permita realizar sus mantenimientos respectivos de cambio de aceite y resto de partes.
- Debido a que el material Poliéster reforzado con fibra de vidrio utilizado para el diseño no es muy conocido a nivel nacional, se recomienda la confección de una maqueta pequeña para ver si las especificaciones de material dadas por el fabricante son validas en cuanto a la adherencia de caracoles y algas marinas. De igual manera construir un modelo piloto de un módulo y probarlo para afinar detalles, problemas constructivos y mejorar el diseño.
- Como continuación del trabajo de investigación, se recomienda hacer un estudio de mecánica de los fluidos que muestre el comportamiento del agua en las barras de filtración planteadas en los diseños y el comportamiento para diferentes fases de tapado por acumulación de basura en el equipo planteado para determinar la eficiencia del equipo y llegar a un valor en que el equipo deba realizar la jornada de limpieza para una aplicación específica de manera automática sin necesidad de pisar un botón de encendido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avallone, E., Baumeister, T. 1995. Marks, Manual del ingeniero mecánico. Novena edición, México, editorial Mc Graw Hill, 2 Volúmenes.
- Arias, F., 2004. El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. Cuarta edición, Caracas, editorial Episteme.
- Berna, X., Alberro, A., 2000. Tecnología mecánica. España, editorial UPC.
- Balestrini, M., 2001. Como se elabora el proyecto de investigación. Quinta edición, Caracas, editorial Servicio.
- Cifuentes, J., Frías, M., 1995. El océano y sus recursos. Tercera edición, México, editorial Fondo de Cultura Económica.
- Fernandez, B., 1976. Curso básico de corrosión y selección de materiales. LAGOVEN, No 2., 6-10.
- Fontana, M., 1967. Corrosion Engineering. New York, editorial Mc. Graw Hill Company.
- Fundación MAPFRE. 1995. Manual de ergonomía. España.
- Genescá, J., 1995. Corrosión y medio ambiente. México, editorial Fondo de Cultura Económica.
- Gudiel, M., 2005. El proceso de diseño en ingeniería mecánica, versión 1.0. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Trabajo no publicado.
- Hamrock, B., Jacobson, B., Schmid, S., 2000. Elementos de Máquinas. México, editorial Mc. Graw Hill.
- Hibbeler, R., 1998. Mecánica de materiales. Tercera edición, México, editorial Pearson.
- Kim, K., 1998. Welding Handbook, filler materials for manual and automatic welding. Fifth edition, Sweden, Editorial ESAB.
- Mott, R., 1992. Diseño de elementos de máquinas. Segunda edición, México, editorial Prentice Hall.
- NACE, 1975. Basic corrosion course. NACE publication; Sixth printing, 4.1- 4.23

- NAVFAC, 2003. Corrosion control. Florida.
- Reinalda, R., 1977. The Design of Harbours in Tidal Areas. International Journal on Public Works, Ports and Waterways Development. International Association of Dredging Companies. Neetherlands, No. 12/13.
- Rizhkin, Y., 1979. Centrales Termoeléctricas. Moscú, editorial Mir, 2 Volúmenes.
- Sabino, C., 1992. El proceso de investigación. Cuarta edición, Caracas, editorial Panapo.
- Schey, J., 1999. Procesos de manufactura. Tercera edición, México, editorial Mc. Graw Hill.
- Shigley, E., Mischke, C., 2002. Diseño en ingeniería mecánica. Sexta edición, México, editorial Mc. Graw Hill.
- Taylor, G., 1964. Managerial and Engineering Economy. New York, Van Nostrand Reinhold Company.
- Uhlig, H., 1963. Corrosión y control de corrosión. España, Editorial URMO.
- Vázquez, J., Vidal L., 1977. Centrales electricas. Tercera edición, España, editorial CEAC.
- Yactayo, V., 2004. Filtración. CEPIS. Manual I Teoría. Lima, Páginas 82-152, Tomo II.

Referencias de Internet:

- Brivensa., 2000. Conozcamos el cable de acero. Disponible en <http://www.brivensa.com> [Consulta 2005, Agosto]
- Cave, C., 1996. Creativity Web. Traducido por Hernando Zorrilla. Disponible en http://members.tripod.com/~hdo_zorrilla/creatividad/tormenta_de_ideas.htm. [Consulta 2005, Septiembre]
- Estrucplan Consultora S.A., 2002. Ergonomía, trabajo físico pesado. Apuntes Generales. Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar>. [Consulta 2005, abril].
- FiberProfil S.L., 1998. Fabrica de Composites. Disponible en <http://www.fiberprofil.com> [Consulta 2005, abril]

Catálogos:

AALCO Stainless Steel, 2000.

AALCO Materials, 2000.

BONFIGLIOLI RIDUTTORI, 2005. Serie C.

BRACKETT GREEN USA, INC, 2000. Bosker Bandit Raking Machine.

BRACKETT GREEN USA, INC, 2000. Hydro Bosker Raking Machine.

BRACKETT GREEN USA, INC, 2000. Sewage Bosker Raking Machine.

BRACKETT GREEN USA, INC, 2000. CF 100 – 200 Band Screen.

BRACKETT GREEN USA, INC, 2000. Dual Flow & Conversion Band Screens.

BREA EPOXI POLIAMIDA, 2005. Venezolana de pinturas

CABIPERCA, 2005. Perfiles estructurales de Acero

GEIGER Internacional, 2005. Bar Screen with Grab Cleaner- Stationary Version.

LINK-BELT Bearings., 1996. Rexnord Corporation.

REX TRAVELING WATER SCREENS, 1958. Manual de partes, instrucciones y especificaciones.

USFILTER., 2003. Rex series 1000 Bar Screen.

USFILTER., 2003. Guardian Bar Screen.

Normas

COVENIN 2002. Criterios y Acciones Mínimas para la Construcción

APENDICES

Apéndice A. Materiales resistentes a la corrosión

Tabla 93. Descripción de materiales resistentes a la corrosión (Fuente: Autor)

Material	Descripción	Uso industrial
Bronce Naval	<ul style="list-style-type: none"> - Aleación Cobre Número 464. - Composición Química: 60% Cu. 0,75% Estaño. 39,25 % Zinc. - Resistente a corrosión en ambientes marinos extremos. - Bronce al estaño puede contener entre 1% y 10% de estaño. - Para las balas de metal es esencial la presencia de Bronce al estaño con 5% de zinc y 5% de plomo. - Facilidad para la soldadura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos Químicos. - Calentadores. - Industria marina. - Propelas de Barcos. - Armamento.
Acero Inoxidable S400 Martensítico	<ul style="list-style-type: none"> - Microestructura Martensítica y ferrita. - Familia: 410, 420, 425 Mod, 440A. - Resistente en altas temperaturas. - Como estas aleaciones se pueden considerar no endurecibles, pueden ser fácilmente soldados por fusión. El problema principal de soldar este tipo de hacer inoxidable es la dureza pobre de los granos que no se funden en el proceso. El grano burdo excesivo puede conducir a la formación de grietas en uniones y espesor de la sección. Al soldar secciones finas de material (menor de 6 mm) no son necesarias precauciones especiales. Para un material más grueso, es necesario aplicar una fuente baja del calor para reducir al mínimo la anchura del grano para producir un metal más resistente a la soldadura. La temperatura de precalentamiento deberá estar en el rango de 50 a 250 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> - Partes de bombas y turbinas a gas. - Válvulas. - Sistemas de escape automotriz. - Estructuras. - Transporte. - Minería. - Sumideros. - Cuchillas.
Acero Inoxidable 304	<ul style="list-style-type: none"> - Microestructura Austenítica. - Resistencia a ambientes con cloruro. - Buena maquinabilidad y conformado. - Estas aleaciones se pueden soldar fácilmente usando cualquiera de los procesos de la soldadura de arco (TIG, MIG, MMA y SA). Dado que no se endurecen al enfriarse, exhiben buena dureza y no hay necesidad de pre- o post- calentamiento al realizar la soldadura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tubos de agua. - Escape de vehículos. - Industria de procesamiento de comida. - Producción farmacéutica.
Acero Inoxidable Austenítico 316	<ul style="list-style-type: none"> - Microestructura Austenítica. - Alta resistencia a ambientes con cloruro. - Estas aleaciones se pueden soldar fácilmente usando cualquiera de los procesos de la soldadura de arco (TIG, MIG, MMA y SA). Dado que no se endurecen al enfriarse, exhiben buena dureza y no hay necesidad de pre- o post- calentamiento al realizar la soldadura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planta Química y petroquímica.
Acero Inoxidable Duplex "Aqualloy 30"	<ul style="list-style-type: none"> - Microestructura austenítica y ferrita. - Alta resistencia a los cloruros. - Familia: ASTM A276. S31803. S32750. S31500. - Análisis Químico: 2,5-3 % Mo. 4,5-6% Ni. 21-23 % Cr. 2% max Mn. - Aunque la mayoría de los métodos de la soldadura se pueden utilizar para soldar duplex, se requieren procedimientos especiales para la retención de características después de soldar, como el mantener una temperatura fija estricta para obtener la estructura de soldadura correcta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Plataformas en las costas. - Eles. - Propelas. - Carcazas. - Rotores. - Bombas Verticales y centrífugas.
Acero Estructural	<ul style="list-style-type: none"> - Material de alta resistencia estructural. - No es frágil. - Presenta buena ductilidad. - Material de fácil adquisición y costos relativamente bajos en el mercado. - Facilidad de Soldadura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ingeniería en General - Estructuras

Tabla 93. Continuación

Material	Descripción	Uso industrial
Aluminio Bronce "AB2"	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene Adicionado Hierro y níquel para incrementar la fuerza. - Buena Ductilidad y fuerza de impacto. - Alta resistencia a la corrosión ambientes con cloruros. - Existen 2 tipos de Aluminio Bronce: el que contiene entre 5 y 10% aluminio, con una pequeña cantidad de hierro y níquel; y que contiene por encima de 12% aluminio y 5% de hierro. La soldadura a Gas es el proceso que se recomienda para este grupo de aleaciones. Para soldadura TIG se requiere AC (argón), o DC con helio de gas protector. Debido a la baja conductividad térmica, no es necesario un precalentamiento excepto cuando se sueldan secciones gruesas de material. - Es necesario una limpieza rigurosa de la superficie a soldar para evitar porosidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Válvulas marinas. - Bombas. - Acoplamientos. - Sujetadores. - Engranajes - Ejes de propelas marinas.
Cobre 99,9%	<ul style="list-style-type: none"> - 99,9% Cobre. - Se caracteriza por su excelente conductibilidad eléctrica y térmica. - Buena resistencia a la corrosión. - Fácil conformado y ornamentales. - La soldadura TIG y MIG son las preferidas para el proceso de soldadura, y la soldadura oxiacetileno para hacer reparaciones a componentes. - Secciones finas se pueden soldar si precalentamiento, pero a partir de 5 mm es necesario para crear una soldadura fluida y evitar los defectos de fusión. Esta temperatura es superior a 600 °C. - Se Evitan porosidades usando rellenos antioxidantes (Al, Mn, Si, P y Ti). 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicaciones para usos eléctricos, químicos, térmicos.
Latón	<ul style="list-style-type: none"> - Composición 63%Cu 37 Zn - Aleaciones con un mínimo de cobre del 50 % y adición principal de cinc. - La soldadura TIG y MIG se usa con la aplicación de argón o mezcla argón-helio. Se debe realizar precalentamiento a aleaciones de baja cantidad de Zinc para evitar defectos de fusión debido a la alta conductividad térmica. - Para minimizar la porosidad se utilizan rellenos de zinc, silicón bronce (C9) o aluminio bronce (C13). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tubos de condensadores, de evaporadores y de cambiadores de calor. - Construcción de aparatos, especialmente para fondos de tubos. - Herrajes de botes. - Piezas de muy alta resistencia, especialmente con carga estática.

Tabla 93. Continuación

Material	Descripción	Uso industrial
Resina o Fibra de Vidrio (pultrusión) Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	<ul style="list-style-type: none"> - Gran resistencia a la conductividad eléctrica. Dieléctrico. - Se puede componer para resistir a la corrosión de la mayoría de productos existentes. - Excepcional comportamiento a la intemperie. - Resistente a la humedad. Absorción de agua prácticamente nula. - No se deteriora ni pudre como la madera. No le afectan los microorganismos. - Estabilidad frente a las radiaciones del ultravioleta solar. - Se elimina el posterior mantenimiento que requieren las superficies pintadas. - Mayor relación esfuerzo/peso que las del aluminio y el acero. - Su peso llega a ser 2/3 del aluminio y 1/4 al del acero. - Mayor resistencia al impacto que las cerámicas. - Mantiene sus propiedades mecánicas y eléctricas a altas temperaturas extremas (desde - 70°C hasta 300°C). - Dimensionalmente estable. Rigidez o flexibilidad a conveniencia. - Elevadas resistencias mecánicas y al impacto según la composición del refuerzo elegido. - Puede fabricarse con elevada resistencia a la inflamabilidad, autoextingibles y baja generación de humos no letales. - Gran resistencia a la degradación por corrosión química o ambiental. - Resistencia química: estos materiales no se ven afectados por los contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos de las aguas residuales, ni por los reactivos empleados en la depuración de las mismas. - No se ven afectados por microorganismos ni algas, que pueden aparecer en el proceso de tratamiento de aguas (como por ejemplo en el proceso de tratamiento de fangos). - Facilita el montaje en obra de estructuras en sitios de difícil accesibilidad y evita la utilización de grúas. - Eliminación del posterior mantenimiento. - Resistencia a ala brisa y a la humedad marina: Ambiente corrosivo y agua salada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Línea de Aguas: Estaciones depuradoras de aguas residuales, plantas potabilizadoras, desalinizadoras, colectores. - Empresas Químicas, eléctricas, centrales nucleares - Ganadería. - Pasarelas hasta 10 m. de luz para paso de personas y puente de tuberías. - Estructuras ligeras y plataformas. - Barandas de protección tipo industrial en varios modelos. - Barandas arquitectónicas y balcones en varios modelos. - Vallas o cerramientos de demarcación en aeropuertos por la transparencia a las ondas de telecomunicación. - Pantallas deflectoras o tranquilizadoras para los desarenadores. - Canales longitudinales para recogida de aguas. - Tanques rectangulares para la industria química y galvánica. - Casetas de hasta 20 m3 para los emplazamientos de telefonía móvil, en especial las situadas sobre las azoteas de los edificios.
PVC	<ul style="list-style-type: none"> - Material termoplástico transparente o por colores utilizado por su baja permeabilidad en gases. - Resiste corrosión marina hasta temperaturas de 40 °C 	<ul style="list-style-type: none"> - Empaquetados. - Estructuras. - Tuberías. - Envases.

Tabla 93. Continuación

Material	Descripción	Uso industrial
Polietileno de alta densidad PEAD	<ul style="list-style-type: none"> - El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo. - Termoplástico comercial semicristalino (un 70-80% típicamente) blanquecino, semiopaco con propiedades similares a las del PEBD pero mucho más sólido y rígido con una resistencia química superior. Su resistencia al impacto es bastante alta y se mantiene a temperaturas bajas, aunque la del PEBD es mucho más alta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Envases para: detergentes, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas, cajones para pescados, cervezas, baldes para pintura, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario.

Tabla 94. Propiedades de materiales resistentes a la corrosión (Fuente: Autor)

Material	Propiedades Mecánica	Peso y Costo	Corrosión	Fabricante o Distribuidor en Venezuela
Bronce Naval	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad 103,5 GPa. - Densidad: 8,41 g/cm3. 	60\$/Kg	aprox. 0,05 mm-yr	Importación
Acero Inoxidable S400 Martensítico	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 200 GPa. - Densidad: 7.65 a 7,64 g/cm3. - % elongación 20 y 30. 		aprox. 0,025 mm-yr	Distribuidor Acerinox.
Acero Inoxidable 304	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 200 GPa. - Densidad: 7.9 g/cm3 	2.600 \$/ton en pletinas	aprox. 0,025 mm-yr	Distribuidor Acerinox y Vencraft
Acero Inoxidable Austenítico 316	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 200 GPa. - Densidad: 7.95 g/cm3. 	22.000 Bs/Kg	aprox. 0,004 mm-yr	Distribuidor Acerinox y Vencraft
Acero Inoxidable Duplex "Aqualloy 30"	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 200 GPa. - % elongación 25. - Densidad: 7.85, 7,79. 7,75 g/cm3 	250% mas que el 304 aprox.	aprox. 0,08 mm-yr	Importación
Acero Estructural	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 200 GPa. - % elongación 17. 	1.700 Bs/Kg	0.1524 mm - yr	Fabricante Cabiperca
Aluminio Bronce "AB2"	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 200 GPa. - % elongación 20. - Densidad: 7,85 g/cm3 		aprox. 0,06 mm-yr	Importación
Cobre 99,9%	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 130 GPa. - Densidad: 8,9 g/cm3 - % elongación 6-48. - Resistencia Tracción 22-40 Kg/mm2 	Plancha 2x1m 3mm espesor 980.000Bs	aprox. 0,025 mm-yr	Distribuidor Comercial Galorpa.
Latón	<ul style="list-style-type: none"> - Módulo Elasticidad: 95 - 110 GPa. - Densidad: 8,5 g/cm3 - Resistencia Tracción 39-63 Kg/mm2 	Plancha 2x1m 3mm Espesor 846.500 Bs		Distribuidor y Fabricante Venamco S.A

Tabla 94. Continuación

Resina o Fibra de Vidrio (pultrusión) Poliéster Reforzado con fibra de vidrio	- Módulo Elasticidad: 30000 – 45000 N/mm2. - Densidad: 1,7 a 2 g/cm3	Entre 18.000 y 20.000 Bs/Kg	No aplica	Fabricante Supulca
PVC	- Módulo Elasticidad: 0,3 – 0,55 GPa - Densidad: 1,63 g/cm3	Precio por tubo	No aplica	Fabricante PetroPlas
Polietileno de alta densidad PEAD	- Módulo Elasticidad: 0,5 – 1,2 GPa - Densidad: 0,95 g/cm3	Precio por tubo	No aplica	Fabricante Sioscaven

Apéndice B. Cómputos métricos de materiales

Tabla 95. Cómputos métricos para Modelo 1 (Fuente: Autor)

Descripción	Unidad	Lunitario	Cantidad	Ltotal	Peso unitario Kg /mL	Peso total Kg	No Perfiles(aprox) (L = 6m)
Elementos de Poliéster							
Perfiles L-3							
elementos filtrantes (inferior)	m	3,000	284	852	1,750	1491,00	201
elementos filtrantes (superior)	m	2,500	142	355	1,750	621,25	
elementos Estructura	m	233,000		250	1,750	437,50	42
Elemento de 14XX de rigidez							
Guía	m	2,969	1	2,969	1,750	5,20	17
Separadores pequeños	m	0,040	2448	97,92	1,750	85,68	
Guía recoge basura superior de 160	m	0,148	10	1,48	1,750	1,30	3
Guía superior Recoge basura	m	0,860	14	12,04	1,750	10,54	
Rigidizador recoge basura	m	1,400	4	5,6	1,750	4,90	1
Rigidizador trasero	m	3,000	19	57	1,750	49,88	10
Perfiles L-15							
General	m	2,000	0	2	0,547	0,55	1
Perfil Angular V 60°							
Guía canal	m	3,000	1	3	1,250	1,88	1
Plancha PL-600							
unión perfiles L superior	m	0,058	70	4,06	3,150	6,39	0
unión perfiles C superior	m	0,080	56	4,48	3,150	7,06	0
Canal	m	3,000	2	6	3,150	9,45	2
Lamina Recoge basura grande	m	1,500	4	6	3,150	9,45	2
Lamina Recoge basura pequeña	m	1,500	4	6	3,150	9,45	2
Lamina piso	m	1,500	4	6	3,150	9,45	2
Barra redonda							
Eje para soporte y unión, formado por barra d = 1"	m	3,080	18	55,44	1,040	57,66	9
Perfil Tipo U							
guía de rolinera filtro (inferior)	m	1,000	16	16	0,595	9,52	3
guía de rolinera filtro (superior)	m	0,500	2	1	0,595	0,60	
guía de rolinera circular	m	1,000	4	4	0,595	2,38	1
						Total	2831,06
Elementos de acero							
Pletina (19,05x4,763 mm) para guía de rolinera (inf)	m	1,000	16	16	0,712	11,39	3
Pletina (19,05x4,763 mm) para guía de rolinera (sup)	m	0,500	2	1	0,712	0,71	
Pletina (75x75x7 mm) soporte motor	m	9,000		9	5,3	47,70	2
Angulo (75x75x7 mm) soporte motor	m	9,000		9	7,94	71,46	2
Perfil C200x200e7 (inf)	m	1,000	16	16	32,77	524,32	3

Tabla 95. Continuación

Perfil C200x200e7 (sup)	m	0,500	2	1		32,77	32,77	
Barra cuadrada maciza Lado=20mm (inf)	m	1,000	16	16		3,140	50,24	3
Barra cuadrada maciza Lado=20mm (sup)	m	0,500	2	1		3,140	3,14	
Perfil UPE 220 x 84	m	1,000	2	2		28,800	57,6	1
Plancha 300x150x5	m		32			1,760	56,32	3
Plancha 220x100x5	m	0,220	2	0,44			0,87	1
Agarrador pegado a columna Largo	Cant.		2				4,23	
Agarrador Medio largo	Cant.		2				3,41	
Agarrador Medio pequeño	Cant.		2				1	
Agarrador pegado a columna pequeño	Cant.		2				1,45	
Soporte rolinera medio y agarrador cable inferior	Cant.						1,5	2 planchas y eje
Pletina 30x2	m	1,400	8	11,2		4,750	53,2	2
Carrete de cable			6				18,78	
Eje	m	3,118	1	3,118		100,000	311,8	
Tubo 3" acero Inox	m	4,000	1	4		0,500	2	
Eje 2"	m	0,010	1	0,01		0,750	0,0075	
						Total	1253,90	

Peso total del equipo 4084,96

Tabla 96. Cómputos métricos para Modelo 2 (Fuente: Autor)

Descripción	Unidad	Lunitario	Cantidad	Ltotal	Peso unitario Kg /mL	Peso total Kg	No Perfiles(aprox) (L = 6m)
Elementos de acero							
Láminas (12,7x4,763 mm) como elemento filtrante	m	3,000	128	384	0,475	182,40	181
Láminas (12,7x4,763 mm) como elemento filtrante	m	1,000	640	640	0,475	304,00	
Láminas (12,7x4,763 mm) como elemento filtrante	m	0,500	128	64	0,475	30,40	
Pletinas (12x12x40 mm) para soporte	m	0,040	1920	76,8	1,130	86,78	12,8
Láminas (65x12 mm) para soporte	m	3,000	18	54	6,117	330,32	25,500
Láminas (65x12 mm) para soporte	m	1,000	90	90	6,117	550,53	
Láminas (65x12 mm) para soporte	m	3,000	1	3	6,117	18,35	
Láminas (65x12 mm) para soporte	m	0,500	18	9	6,117	55,05	
Lámina (65x12 mm) horizontal para soporte	m	3,400	15	51	6,117	311,97	8,5
Lámina (65x12 mm) para guía rolinera	m	0,700	4	2,8	6,117	17,13	1

Tabla 96. Continuación

Lamina Recoge basura grande	m	1,500	4	6	3,150	9,45	2
Lamina Recoge basura pequeña	m	1,500	4	6	3,150	9,45	2
Lamina piso	m	1,500	4	6	3,150	9,45	2
Total						478,37	
<i>Peso total del equipo</i>						4166,81	

Apéndice C. Precios por Unidad

A continuación se muestran los precios por metro o por unidad, de acuerdo como se indique en la tabla.

El precio referencia del acero al carbono es de 1.700 Bs/Kg para el año 2005.

El precio referencia de Galvanizado es de 800 Bs/Kg para el año 2005.

El precio referencia de la máquina Sand Blasting es de 103.400 Bs/Día para el año 2005.

Tabla 97. Precios referenciales de Poliéster reforzado con fibra de vidrio por metro lineal (Fuente: Autor)

Perfil	Bs + Iva x ml	
PL-600	69.190	La presentación es en piezas de 3,4 metros de largo
V-60	21.510	La presentación es en piezas de 6 metros de largo
B-26	16.850	La presentación es en piezas de 6 metros de largo
U-20	11.845	La presentación es en piezas de 6 metros de largo
L-15	9.495	La presentación es en piezas de 6 metros de largo
L-30	30.115	La presentación es en piezas de 6 metros de largo

Tabla 98. Precios Referenciales de pernos de Acero inoxidable 316 (Fuente: Autor)

Pernos	Tuerca	
	Bs x und	Bs x und
3/8"-16 3/4"	1.503,83	692,00
3/8"-16 3"	4.208,07	692,00
1/2"-10 2-1/2"	6.557,35	1.354,97
3/4"-10 2-1/2"	16.151,04	4.208,00
Tornillo Cabeza plana 5-40 (1/8") 1"	362,54	106,10

Tabla 99. Precios Referenciales de Guaya de Acero inoxidable 316 (Fuente: Autor)

	Bs x und
Guaya 7 x 19	6.450 x metro

Tabla 100. Precios Referenciales de Planchas de Acero inoxidable 316 con sus dimensiones (Fuente: Autor)

Planchas	Bs
2x1x0,004	896.000
2x1x0,00475	1.380.000
2,44x1,22x0,00475	1.998.000

Tabla 101. Precios Referenciales de tochos de Acero inoxidable 316 con sus dimensiones (Fuente: Autor)

Tocho

	Bs/kg	Kg/ml	Longitud (m)	Precio (Bs)
8"	22.000	255	0,66	3.702.600
5"	22.000	100	3,20	7.040.000

Tabla 102. Precios referenciales de Pinturas de protección contra la corrosión en la EDC (Fuente: Autor)

	Bs		duracion	Rendimiento
Brea Epoxi poliamina	211.000	Juego	4 años	114 m ² /Gal a 1,0 mils
Antifouling	437.000	Galon	24 meses	60 m ² /GL A 1 MIL EPS

Tabla 103. Precios Referenciales de la Mano de obra en la EDC para el año 2005 (Fuente: Autor)

Soldador	115.000 Bs / Día
Tornero y Fresador	105.000 Bs / Día
Pintor Contratado	2.000 Bs / m

Apéndice D. Carta de Empresas

Carta recibida por Bracket Green:

Celso,

Normally we try and balance the size of the Trash Rack opening with the size of the screen aperture. In other words it does not make sense to put a trash rack with a 100mm opening upstream of a water screen with 3mm mesh. If the screen is going to have fine mesh, then we also suggest a finer opening on the trash racks. Trash racks normally range in bar spaces from 100mm, 75, mm, 50 mm, and down to 10mm clear bar spaces and this depends on the amount of debris that is expected. If the opening is too fine and a run of jelly fish comes in too fast, you can choke off the water supply.

Water screens are normally outfitted with 10mm to 3mm mesh openings and finer opening can be provided with Drum Screens.

I hope this helps

Brackett Green USA, Inc.

1335 Regents Park Dr., Suite 260

Houston, TX 77058

Trent T. Gathright

Marketing Manager

Tel: 281-480-7955

Fax: 281-480-8225

Mob: 832-489-7956

Email: trent@bgusa.com

Carta recibida por Geiger Internacional:

Celso Fortoul,

First of all we would like to thank you for your e-mail dated Sept. 06, 2005. Please allow us to give you a more detailed comment in order to recall the decisive factors. As you know we design and manufacture the whole range of screening equipment as well as stop logs and cathodic protection i.e. the complete machinery and equipment for water intakes for processing river and sea water. Our worldwide references are shown as an extract in our homepage.

As far as the design of the water intake is concerned it is our philosophy to use a two step screening system consisting of coarse and fine screen in order to cope with those heavy loads which might occur within a few months of the year only due to heavy weather, seasonal jelly fish or seaweed.

Consequently, the bar screen with grab cleaner is used as coarse screen normally with a bar spacing of 20 up to 100mm. The following travelling band screen is designed with 4mm mesh as a standard.

Now, we understand that you want to compare the bar screen with 10mm bar spacing with the travelling band screen with 10mm mesh:

1. We recommend a safety bar screen of 70 to 100mm for the protection of the machine against damages.
2. The screening efficiency of 10mm bar spacing and 10mm mesh is different.
3. When installing a bar screen with grab cleaner only a debris filter is required behind the pumps. Although the manufacturers of debris filters argue that such a filter can handle large amounts of debris, according to our experiences it might not be the case when heavy loads are to be expected as mentioned above.
4. Depending on the flow capacity we recommend to install the travelling band screen with in-to-out flow pattern with lots of advantages compared to out-to-in flow pattern. In case of through flow type we recommend our MultiDisc Screen which has several features compared to the conventional type.

Consequently, there are a lot of possibilities to be taken into consideration when designing a water intake.

Best regards

Wolfgang Krahn

Geiger International GmbH & Co. KG

Postfach 21 01 63

76151 Karlsruhe – Germany

Phone: +49(0)721-5001-285

Fax: +49(0)721-5001-370

krahn@geiger-international.de

ANEXO 1

Empresas Fabricantes y Especificaciones de Filtros Comerciales

Empresas Americanas:

- Atlas manufacturing. Monticello.
 - o Pagina web: www.atlasmanufacturing.net.
 - o Contac mail: atlasmf@atlasmanufacturing.net
carlos.lasarte@ceaca.com (Representante en Venezuela)
- Brackett Green USA, advanced water screening technology. Houston Texas.
 - o Pagina web: www.bgusa.com.
 - o Contac mail: main@bgusa.com
- Out-of-the-water Enterprises, LLC. Jensen Beach, Florida
 - o Pagina web: www.out-of-the-water.com.
 - o Contac mail: jsanger@out-of-the-water.com
- TAPROGGE America Corp. Woodbury, N.Y.
 - o Pagina web: www.taprogge.de.
 - o Contac mail: sales@taprogge.com
- Transco Industries, Inc. Oregon.
 - o Pagina web: www.transco-ind.com.
 - o Contac mail: jeffbrown@transco-ind.com.
- Usfilter, a Siemens Business. California.
 - o Pagina web: www.usfilter.com.
 - o Contac mail: coniglior@USFilter.com.

Empresa Alemana:

- Geiger International GmbH & Co. KG Hardeckstrasse, Karlsruhe.
 - o Pagina web: www.geiger-international.de
 - o Contac mail: [reder@geiger-international.de](mailto:red@geiger-international.de)

Filtros Comerciales:

SEWAGE BOSKER RAKING MACHINE

Autor: BRACKETT GREEN USA, INC

Dimensiones:

Tabla 104. Sewage Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green)

Modelo	Trabajo Ligero	Trabajo pesado	Trabajo Súper	Trabajo Ultra	
Carga segura de trabajo	550 lbs	1.100 lbs	2.200 lbs	6.600 lbs	
Profundidades estándar Máximas	12,192 m	24,384 m	24,384 m	24,384 m	
Separación mínima entre barras	19,05 mm	25,4 mm	1,5" mm	1,5" mm	
Separación máxima entre barras	No hay máximo				
Tamaño motor del alzador	3 HP	5 HP	7,5 HP	10 HP	
Velocidad de subida del alzador	0,3048 m/s	0,3048 m/s	0,3048 m/s	0,223 m/s	
Tamaño motor de carrete	1 HP/2x1 HP	1 HP/2x1 HP	1 HP/2x1 HP	1 HP/2x1 HP	
Tamaño motor hidráulico	2 HP	2 HP	2 HP	2 HP	
Presión hidráulica de trabajo	8,963 MPa	8,963 MPa	8,963 MPa	11,72 MPa	
Peso del carrete	1.650 lbs	2.200 lbs	2.800 lbs	4.100 lbs	
Peso del agarrador de riel (min-max)	800-1.100 lbs	1.000-1.800 lbs	1.100-2.200 lbs	3.500-4.500 lbs	
Datos de dimensiones Típicas	A (Curva carril-Recto Carril)	8' - 3" / 8' - 5"	8' - 3" / 8' - 5"	8' - 4" / 8' - 6"	11' - 1" / 11' - 4"
	B	6' - 9"	6' - 9"	6' - 9"	7' - 0"
	C	3' - 2"	3' - 2"	3' - 2"	3' - 5"
	D	35"	36"	36"	39"
	E	8° - 35 °	8° - 35 °	8° - 35 °	8° - 35 °
	F (min-max)	4' / 5'	5' / 8'	6' / 9'	8' / 16'
	G (max)	50'	40'	40'	50'
	H (min)	20' w/girnalda interna	20' w/girnalda interna	20' w/girnalda interna	20' w/girnalda interna
	I (min)	7' w/girnalda externa	7' w/girnalda externa	7' w/girnalda externa	7' w/girnalda externa

Material: Agarrador: Aluminio-bronce (para aplicaciones arriesgadas), acero de carbón galvanizado o acero inoxidable.

Funcionamiento: Al iniciar la señal en modo automático, la Maquina de Rastrillo de aguas negras hace su recorrido al área de pantalla señalada y para sobre su primer punto de recolección. El agarrador desciende hasta el fondo del de la pantalla recogiendo escombros en sus dientes. Un cilindro cierra el agarrador y el alzador eleva al carrete, regresándolo al área de descarga donde baja y abre, liberando escombros dentro de una tolva. Luego se mueve al segundo punto de recolección continuando su ciclo hasta tener toda el área de la pantalla limpia.

Una pista curvada opcional (cilindro) permite máxima flexibilidad al retirar los escombros. No permite enredo de los escombros debido al emparejado exacto del diente

al espaciamiento de la barra, y la profundidad de penetración de los dientes entre las barras.

Los equipos movilizados están protegidos por láminas. Si el agarrador no puede sumergirse debido a un gran objeto flotante, se cerrara y cesa de bajar, previendo un posible enredo de cables. Localizando las mangueras detrás de los cables del alzador, se reduce la posibilidad de daños por escombros flotantes. Montando el cilindro hidráulico sobre el agarrador se reduce un número de piezas móviles sumergibles a un mínimo. Ninguna parte móvil se mantiene sumergida.

Posee control automático a través de un PLC. Controles diferenciales ultrasónicos están disponibles. Datos de telemetría desde alarmas o sensores de nivel pueden ser transmitidos a una sala de control central.



Figura 92. Sewage Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green)

HYDRO BOSKER RAKING MACHINE

(Maquina de Rastrillo de aguas)

Autor: BRACKETT GREEN USA, INC

Dimensiones:

Tabla 105. Hydro Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green)

Modelo	Trabajo Ligero	Trabajo pesado	Trabajo Súper	Trabajo Ultra	
Carga segura de trabajo	550 lbs	1.100 lbs	2.200 lbs	6.600 lbs	
Profundidades estándar Máximas	40'	80'	80'	80'	
Separación mínima entre barras	0,75"	1"	1,5"	1,5"	
Separación máxima entre barras	No hay máximo				
Tamaño motor del alzador	3 HP	5,4 HP	7,5 HP	10 HP	
Velocidad de subida del alzador	60'/min	60' /min	60' /min	44' /min	
Tamaño motor de carrete	0,5 HP / 2x0,5 HP	0,5 HP / 2x0,5 HP	0,5 HP / 2x0,5 HP	0,5 HP / 2x0,5 HP	
Tamaño motor hidráulico	2 HP	2 HP	2 HP	2 HP	
Presión hidráulica de trabajo	1.300 PSI	1.300 PSI	1.300 PSI	1.700 PSI	
Peso del carrete	1.650 lbs	2.200 lbs	2.800 lbs	4.100 lbs	
Peso del agarrador de riel (min-max)	800-1.100 lbs	1.000-1.800 lbs	1.100-2.200 lbs	3.500-4.500 lbs	
Datos de dimensiones Típicas	A (Curva carril-Recto Carril)	8' - 3" / 8' - 5"	8' - 3" / 8' - 5"	8' - 4" / 8' - 6"	11' - 1" / 11' - 4"
	B	6' - 9"	6' - 9"	6' - 9"	7' - 0"
	C	3' - 2"	3' - 2"	3' - 2"	3' - 5"
	D	35"	36"	36"	39"
	E	8° - 35 °	8° - 35 °	8° - 35 °	8° - 35 °
	F (min-max)	4' / 5'	5' / 8'	6' / 9'	8' / 16'
	G (max)	50'	40'	40'	50'
	H (min)	20' w/girnalda interna	20' w/girnalda interna	20' w/girnalda interna	20' w/girnalda interna
	I (min)	7' w/girnalda externa	7' w/girnalda externa	7' w/girnalda externa	7' w/girnalda externa

Material: Agarrador: Aluminio-bronce (para aplicaciones arriesgadas), acero de carbón galvanizado o acero inoxidable.

Funcionamiento: Al iniciar la señal en modo automático, la Maquina de Rastrillo de aguas negras hace su recorrido al área de pantalla señalada y para sobre su primer punto de recolección. El agarrador desciende hasta el fondo del de la pantalla recogiendo escombros en sus dientes. Un cilindro cierra el agarrador y el alzador eleva al carrete, regresándolo al área de descarga donde baja y abre, liberando escombros dentro de una tolva. Luego se mueve al segundo punto de recolección continuando su ciclo hasta tener toda el área de la pantalla limpia.

Una pista curvada opcional (cilindro) permite máxima flexibilidad al retirar los escombros. No permite enredo de los escombros debido al emparejado exacto del diente al espaciamiento de la barra, y la profundidad de penetración de los dientes entre las barras.

Los equipos movilizadores están protegidos por láminas. Si el agarrador no puede sumergirse debido a un gran objeto flotante, se cerrara y cesa de bajar, previendo un posible enredo de cables. Localizando las mangueras detrás de los cables del alzador, se reduce la posibilidad de daños por escombros flotantes. Montando el cilindro hidráulico sobre el agarrador se reduce un número de piezas móviles sumergibles a un mínimo. Ninguna parte móvil se mantiene sumergida.

Posee control automático a través de un PLC. Controles diferenciales ultrasónicos están disponibles. Datos de telemetría desde alarmas o sensores de nivel pueden ser transmitidos a una sala de control central.



Figura 93. Hydro Bosker Raking Machine (Fuente: Brackett Green)

DUAL FLOW & CONVERSION Band Screens **(Doble flujo y conversión pantalla de bandas)**

Autor: BRACKETT GREEN USA, INC

Dimensiones: Dependen del proyecto.

Funcionamiento: El agua fluye por el interior del Dual Flow Band por los lados ascendentes y descendentes. Los desviadores de flujo están ajustados a la estructura principal de las instalaciones y localizadas en las guías del thru flow. El agua limpia descarga sobre una sola salida en la parte posterior de la pantalla y la recolecta río abajo

para el uso o el tratamiento adicional. Paneles de rejillas retienen pequeños escombros, mientras unas cucharas montadas en cada panel elevan grandes partículas a la cubierta. Al llegar a este punto depositan los escombros en un canal por gravedad y por una turbulencia ligera (30 psi) generada por unos eyectores hasta llegar a un depósito final. Sellos entre los paneles adyacentes y las bandas en movimiento evita la posibilidad de incrustaciones de sólidos. La basura que no se elimina regresa al agua para ser removida en el próximo ciclo de limpieza. Esquinas de borde de desgaste y barras de desgaste ayudan los paneles de acoplamiento ascendente y descendente alargando la vida de la cadena del portador, rolineras y marco de soporte. Posee un piñón principal movido por un eje impulsado y cojinetes anti-fricción para reducir el mantenimiento. Una sección principal incluida con vistas de ventanas provee fácil observación y accesibilidad. Una estructura rígida permite durabilidad y larga vida. Posee una placa delantera sellada para dirigir el flujo y evitar incrustaciones, y un rodillo alrededor de la sección inferior para eliminar piñones y reducir el mantenimiento.

Mantenimiento: Posee mantenimiento reducido debido a que las bandas están ubicadas perpendicular al flujo, de manera que el área de las bandas donde se deposita la basura se reduce, y en la parte inferior del equipo no posee piñón de movimiento.

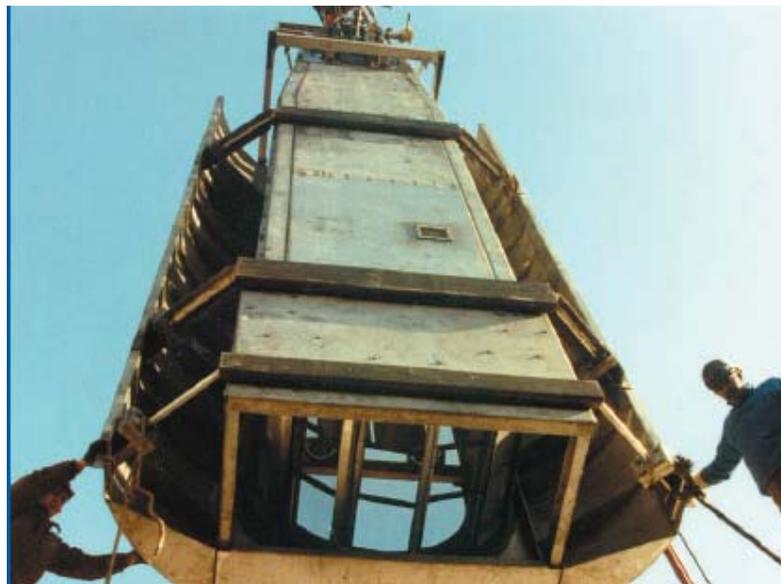


Figura 94. Dual Flow & Conversion Band Screens (Fuente: Brackett Green)

CF 100 BAND SCREEN (CF 100 pantalla de Bandas)

Autor: BRACKETT GREEN USA, INC

Dimensiones: Las siguientes tablas deben ser consideradas como pautas generales para capacidad de tamaño de las pantallas en MGD, basado en diámetro del agujero e inmersión:

Tabla 106. Dimensiones CF 100 (Fuente: Brackett Green)

2.0 mm ProPaPanel						5.0 mm ProPaPanel							
Capacidad en MGD por Número de modelo						Capacidad en MGD por Número de modelo							
Inmersión (ft)	150	300	450	600	750	Inmersión (ft)	150	300	450	600	750		
	1.5			0,5	0,7		0,9	1.5	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1
	2		0,5	0,7	1		1,2	2	1,1	2	2	2	2
	2.5		0,6	0,9	1,3		1,6	2.5	1,4	2,8	2,8	2,8	2,8
	3		0,8	1,2	1,6		2	3	1,7	3,5	1,2	1,6	2
	3.5		0,9	1,4	1,9		2,3	3.5	2,2	4	4,5	4,5	4,5
	4	0,5	1,1	1,6	2,2		2,7	4	2,3	4,7	5,4	5,4	5,4
	4.5	0,6	1,2	1,8	2,4		3	4.5	2,7	5,3	6,2	6,2	6,2
5	0,7	1,4	2,1	2,7	3,4	5	3	6	7,1	7,1	7,1		

ProPaPanels están también disponibles en 3 mm y 6 mm de diámetro para mayores capacidades

Dimensiones por Número de modelo						
	150	300	450	600	750	
Dimensiones (ft)	A	1,1 o 2,0 *				
	B	1,6 o 2,5				
	C	varia, normalmente entre 2 y 4 ft				
	D	varia, las inmersiones de profundidad típica se muestran en tabla abajo				
	E	varia, depende del trabajo civil				
	F	varia, depende del peso de descarga deseado				
	G	Dimensión F mas 4,1 ft				
	H	3,5				
	I	0,5	1	1,5	2	2,5
	J	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3

* canal de entrada debe ser igual al ancho de 'A' (1.1 o 2.0 ft) para nueva construcción

Notas: 'A' = Ancho de entrada, 'I' = Ancho efectivo de la pantalla

Ejemplo: CF100 (tipo) / 750 (ancho) / 350 (entrada) / 2 (diámetro agujero)

Funcionamiento: Se utiliza para aguas residuales domésticas. El agua entra por el centro de las pantallas y atraviesa ambos lados de las bandas mientras giran. Los ProPaPanels retienen pequeñas partículas mientras unas cucharas ubicadas en cada panel, elevan grandes partículas al depósito, las cuales son depositadas en una tolva por gravedad y por una ligera turbulencia proporcionada por unos eyectores (30 psi) que los limpian. Luego a través de una sección de deslizamiento salen todas las partículas. El cuerpo del panel es sellado para eliminar la incrustación de sólidos y evite que la arena entre en las pistas de cadena. Entre otras características: un eje impulsado y cojinetes anti-fricción para reducir el mantenimiento. Una sección para acceso al panel de control de olor. Inyector de aerosol para el transportador de los paneles. Estructura de construcción rígida para durabilidad y larga vida. Sellado de placas para evitar

incrustaciones. Un rodillo alrededor de la sección inferior para eliminar piñones y reducir el mantenimiento.

Patentes: ProPaPanel (US patent No. 5407563)



Figura 95. CF 100 y CF 200 (Fuente: Brackett Green)

CF 200 BAND SCREEN (CF 200 pantalla de Bandas)

Autor: BRACKETT GREEN USA, INC

Dimensiones: Las siguientes tablas deben ser consideradas como pautas generales para capacidad de tamaño de las pantallas en MGD, basado en diámetro del agujero e inmersión:

Tabla 107. Dimensiones CF 100 (Fuente: Brackett Green)

2.0 mm ProPaPanel
Capacidad en MGD por número de modelo

	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500
3	1,7	2,6	2,6	5,6	5,9			
6	3,4	5,1	6,8	11,7	17	20,5	24,7	29,7
9	5,1	7,7	10,3	17,1	24,3	31,4	38,2	47
12	6,7	10,3	13	22	31,6	40,6	49,6	59,6
15	8,5	12,8	16,3	27	39	49,7	60,6	72,7

2.0 mm ProPaPanel
Capacidad en MGD por número de modelo

	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500
3	4,8	4,9	8,3	10,7	10,7			
6	9,9	19	23	33,5	44,1	51,6	61	61
9	16,6	27,9	37,2	53,9	65,1	89,8	105,2	105,2
12	22,1	36,7	49	71,4	90,1	125,8	149,3	149,3
15	27,6	45,2	60,8	88,8	112	156,2	192,7	193,5

ProPaPanels estan tambien disponibles en 3 mm y 6 mm de diámetro para mayores capacidades

2.0 mm ProPaPanel
Capacidad en MGD por número de modelo

	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500
A	1,64	1,64	1,64	3,28	4,92	5,74	6,56	8,2
B	3,2	3,2	3,2	5,14	6,61	7,55	8,37	10,01
C	3,6	4,1	4,5	7,3	9,7	11,5	13,5	15,9
D	3	6	6	9	9	12	12	15
E	varia de acuerdo al trabajo civil							
F	altura deseada de la descarga							
G	5.41 ft + altura deseada de la descarga							
H	3,71	3,71	3,71	5,65	7,12	8,06	8,88	10,52
I	1,64	2,46	3,28	4,92	5,56	8,2	9,84	11,48
J	2,95	3,77	4,59	6,23	7,87	9,51	11,2	12,8

2.0 mm ProPaPanel
Capacidad en MGD por número de modelo

	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500
A	1,64	3,28	3,28	4,92	5,74	8,2	9,84	9,84
B	3,2	5,14	5,14	6,61	7,55	10,01	11,65	11,65
C	3,7	8	8	10,5	12,5	17,5	20,5	20,5
D	3	6	6	9	9	12	12	15
E	varia de acuerdo al trabajo civil							
F	altura deseada de la descarga							
G	5.41 ft + altura deseada de la descarga							
H	3,71	5,65	5,65	7,12	8,06	10,52	12,16	12,16
I	1,94	2,46	3,28	4,92	6,56	8,2	9,84	11,48
J	2,95	3,77	4,59	6,23	7,87	9,51	11,15	12,8

Funcionamiento: Se utiliza para aguas residuales domésticas. El agua entra por el centro de las pantallas y atraviesa ambos lados de las bandas mientras giran. Los ProPaPanels retienen pequeñas partículas mientras unas cucharas ubicadas en cada panel, elevan grandes partículas al depósito, las cuales son depositadas en una tolva por gravedad y por una ligera turbulencia proporcionada por unos eyectores (30 psi) que los limpian. Luego a través de una sección de deslizamiento salen todas las partículas. El cuerpo del panel es sellado para eliminar la incrustación de sólidos y evite que la arena entre en las pistas de cadena. Entre otras características: un eje impulsado y cojinetes anti-fricción para reducir el mantenimiento. Una sección para acceso al panel de control de olor. Inyector de aerosol para el transportador de los paneles. Estructura de construcción rígida para durabilidad y larga vida. Sellado de placas para evitar incrustaciones. Un rodillo alrededor de la sección inferior para eliminar piñones y reducir el mantenimiento.

Patentes: ProPaPanel (US patent No. 5407563)

GUARDIAN BAR SCREENS (Malla de barra de protección)

Autor: USFilter

Dimensiones:

Tabla 108. Dimensiones Guardian Bar Screens (Fuente: USFILTER)

Ancho del canal	2'-0" min. a 10'-0" max.
Profundidad del canal	3'-0" min. A 35'-0" max
Ancho efectivo de barra de cremallera	1'-0" min. A 8'-0" max.
Velocidad de acceso mínima recomendada	1.3 FPS
Velocidad de acceso máxima recomendada	3.0 FPS
Barras espaciadoras Disponibles	.250, .375, .500, .625, .750, .875, 1.00
Ángulo de rejilla	75° min. A 85° max.
Velocidad de operación recomendada	7 FPM (Standard)
Miembros laterales	3/16" de espesor en acero inoxidable con soportes internos, Caja inferior integral y sellado lateral de Neopreno. Ensamblado en fábrica. Líneas de grasa provistas en cada cojinete.
Sistema de transporte	3x3x1/4 ángulo de acero inoxidable con barras gruesas de desgaste reemplazables de 1/4" sobre superficies de desgaste.
chapas	3/16" de espesor en acero inoxidable reforzado
Cadena	Armar con aros de 6" de acero inoxidable de 4.6 lbs/ft. Esfuerzo último mínimo 38000 lbs
Piñones	Hendidura 17 T, 16.68 Pd con ejes de acero inoxidable y segmentos de dientes sustituibles UHMW. Piñones de caja utiliza bujes reforzados y resistentes al desgaste.
Rejilla	Segmentos de dientes reemplazables de lámina de acero inoxidable de 3/4" de espesor, montada sobre soportes de acero inoxidable reforzado diseñado para enlazarse con la cadena anexa
Limpiador de la rejilla	1/4" de espesor de acero inoxidable con laminas reemplazables de limpieza y desgaste de barra de 3/8" espesor UHMW
Ensamble del eje impulsor	C1018 CDS (standard) apoyados en cojinetes de bola de tensión
Ensamble del eje inferior	Eje corto de acero inoxidable con soldadura resistente al desgaste
Canal de descarga	12 ga. (standard). Acero inoxidable reforzado
Sistema impulsor	Sistema de eje de engranaje reductor helicoidal con motor integrado, y acoplador de fabrica de torque con interruptor
Cobertores	Lexan transparente de 1/4" de espesor con ensambles de manillas y abrazaderas

Material: Láminas de acero inoxidable, Caja inferior integral y sellado lateral de Neopreno, cojinetes de bola de tensión, ángulos de acero inoxidable, barras gruesas de desgaste, aros de acero inoxidable de 4.6 lbs/ft y esfuerzo último mínimo 38000 lbs, ejes de acero inoxidable y segmentos de dientes sustituibles UHMW. Piñones de caja utiliza bujes reforzados y resistentes al desgaste.

Manufactura: La malla de barra de protección es un integrado de limpieza frontal y barra de rastrillo, específicamente desarrollado para proporcionar una destacada representación en una amplia gama de requerimientos de limpieza por malla. El diseño incluye una estructura de acero inoxidable, forro de acero inoxidable de alta fuerza en la cadena de los rodillos y segmentos reemplazables no metálicos de dientes del piñón montado sobre cubos de acero inoxidable. Los rastrillos de movimiento de

acero inoxidable incluyen segmentos de dientes removibles. El diseño de la caja inferior de acero inoxidable incluye una placa desprendible con soporte integral barra/rampa en la cremallera diseñado para capturar virtualmente toda la basura del canal. El simple perfil compacto de la sección principal contiene un ensamblaje de limpiadores de acero inoxidable y un cojinete de bola para tensión de trabajos duros.

Funcionamiento: Cuando el flujo pasa a través de las barras, la basura es capturada y elevada a un punto de descarga por cadenas que rotan con múltiples rastrillos de limpieza. La basura descargada puede ser capturada por compartimientos de malla, inyectoras, compactadores de tornillo o de lavado. Todas las mallas son completamente probadas en fábrica antes del envío. Los controles se pueden proporcionar para cada aplicación. Un switch flotador o un control diferencial puede ser previstos para medidores de sobremarcha e inicie el ciclo de limpieza. Las mallas pueden ser previstas como montajes fijos o que giran.

Confiabilidad: Opera 24 hrs al día



Figura 96. Guardian Bar Screen (Fuente: USFILTER)

REX® SERIES 1000 BAR SCREEN (REX® Serie 1000 pantalla de barra)

Autor: USFilter

Dimensiones:

Tabla 109. Dimensiones Rex Series 1000 Screens (Fuente: USFILTER)

Material de construcción	Acero inoxidable (304, 304L, 316, 316L)
Ángulo de inclinación	60° estándar, 75° opcional
Altura de descarga: (base del canal a descarga de la rejilla)	5'-0", 6'-6", 8'-0", 9'-6", 11'-0", 15'-0"
Longitud de las barras de limpieza	28", 48", 60"
Abertura de las barras de limpieza	.25", .375", .50", .75", 1"
Ancho de las barras de limpieza	9", 12", 15", 18", 21", 24", 27", 30"
Ancho de la rejilla	Ancho de la rejilla es la barra de limpieza mas 6.75"
Número de rastrillos por rejilla	Altura de descarga de 5'-0" a 11'-0" podría ser tres (3) rastrillos Altura de descarga sobre 11'-0" podría ser cinco (5) rastrillos
Capacidad de rejilla	es 0.19 cu.ft/ft del Ancho de la rejilla
Sistema de impulsión	Engranaje reductor de gusanillo, salida RPM de 6.7, con 1/3 HP motor clasificado 230/460/3/60 TEFC a prueba de explosión

Material: Acero inoxidable.

Funcionamiento: La serie 1000 es una cadena autónoma y una malla tipo rastrillo. La pantalla es diseñada para pivotar fuera del canal. La basura es capturada por unas barras y removida por múltiples rastrillos ubicados aguas arriba de la pantalla. Puede ser provisto por compactador de tornillo o de lavado. Un botón de encendido inicia el ciclo de limpieza para remover la basura colectada en las barras. La unidad completará un ciclo hasta que dos pasadas de limpieza de rastrillo halla pasado el interruptor de límite de parada y se apagara hasta que el temporizador inicie el otro ciclo, que puede ser en períodos de 15 minutos.

Confiabilidad: Opera 24 hrs al día

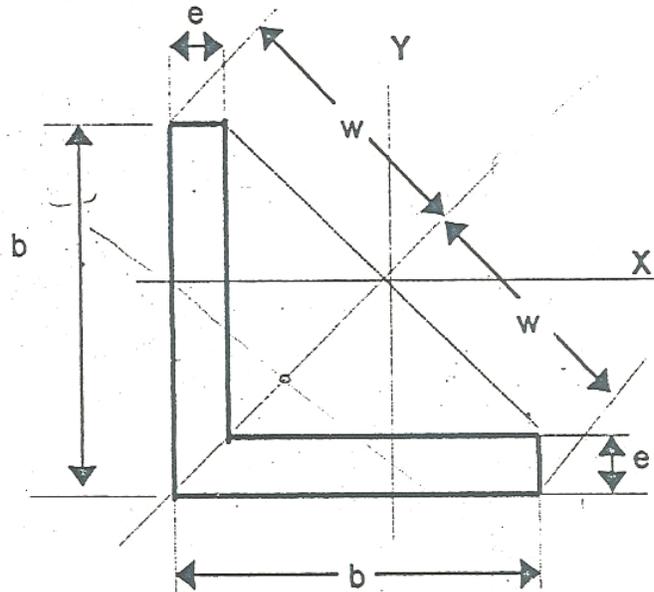
ANEXO 2

PERFILES PULTRUSIONADOS EN POLIESTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO



ANGULARES

Perfiles fabricados con resina de poliester isoftálico u otras resinas (por requerimiento) reforzado con hilos continuos de vidrio con revestimientos superficiales de telas de MAT unifilo, telas de poliester u otros refuerzos, según las necesidades, garantizando alta resistencia a la corrosión y aislamiento eléctrico.



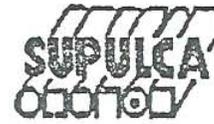
MODELO	DIMENSIONES				PESO Kg/ML
	b (mm)	e (mm)	w (mm)	A (cm ²)	
L-3	76,20 3"	6,30	53,88	9,20	1,750
L-15	38,00 1 1/2"	4,00	26,87	2,88	0,547
L-1	25,40 1"	3,00	17,96	1,43	0,270

DATOS DE RESISTENCIA MECANICA		
Resistencia a Tracción.:	2.640	kgf/cm ²
Resistencia a Compresión.:	1.550	kgf/cm ²
Resistencia a Flexión.:	2.100	kgf/cm ²
Módulo Elasticidad. (Tracción):	140.000	kgf/cm ²
Módulo Elasticidad. (Compresión):	100.000	kgf/cm ²

(Nota)

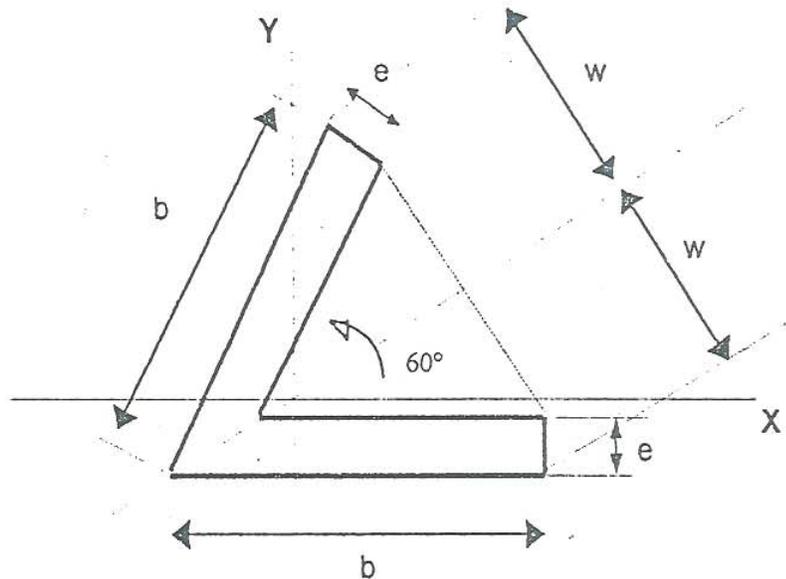
Los datos de Resistencia presentados son el 80% de la resistencia en el punto de fluencia del material. Estos datos corresponden a perfiles de producción estandar.

**PERFILES PULTRUSIONADOS EN
POLIESTER REFORZADOS CON FIBRA
DE VIDRIO**



ANGULAR V 60°

Perfiles fabricados con resina de poliéster isoftálico u otras resinas (por requerimiento) reforzado con hilos continuos de vidrio con revestimientos superficiales de telas de MAT unifilo, telas de poliéster u otros refuerzos, según las necesidades, garantizando alta resistencia a la corrosión y aislamiento eléctrico.



MODELO	DIMENSIONES				PESO Kg/ML
	b (mm)	e (mm)	w (mm)	A (cm ²)	
V-35	90,00	4,00	50,00	6,80	1,250

DATOS DE RESISTENCIA MECANICA	
Resistencia a Tracción:	2.640 kgf/cm ²
Resistencia a Compresión:	1.550 kgf/cm ²
Resistencia a Flexión:	2.100 kgf/cm ²
Modulo Elasticidad. (Tracción):	140.000 kgf/cm ²
Modulo Elasticidad. (Compresión):	100.000 kgf/cm ²

(Nota)

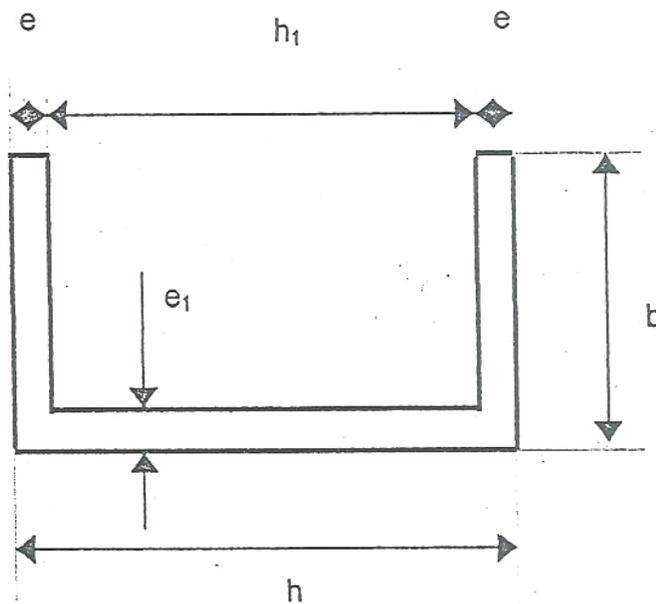
Los datos de Resistencia presentados son el 80% de la resistencia en el punto de fluencia del material. Estos datos corresponden a perfiles de producción estandar.

PERFILES PULTRUSIONADOS EN POLIESTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO



PERFIL TIPO U

Perfiles fabricados con resina de poliéster isoftálico u otras resinas (por requerimiento) reforzado con hilos continuos de vidrio con revestimientos superficiales de telas de MAT unifilo, telas de poliéster u otros refuerzos, según las necesidades, garantizando alta resistencia a la corrosión y aislamiento eléctrico.



MODELO	DIMENSIONES						PESO Kg/ML
	h (mm)	b (mm)	h ₁ (mm)	e (mm)	e ₁ (mm)	A (cm ²)	
U 35	90,00	30,00	80,60	4,70	3,20	5,40	1,000
U 30	80,60	30,00	72,60	4,00	3,20	4,72	0,765
U 20	50,00	30,00	43,60	3,20	3,20	3,32	0,595
UD 20	50,00	12,00	43,60	3,20	3,20	2,16	0,500

DATOS DE RESISTENCIA MECANICA.

Resistencia a Tracción.:	2.640	kgf/cm ²
Resistencia a Compresión.:	1.550	kgf/cm ²
Resistencia a Flexión.:	2.100	kgf/cm ²
Modulo Elasticidad. (Tracción):	140.000	kgf/cm ²
Modulo Elasticidad. (Compresión):	100.000	kgf/cm ²

(Nota)

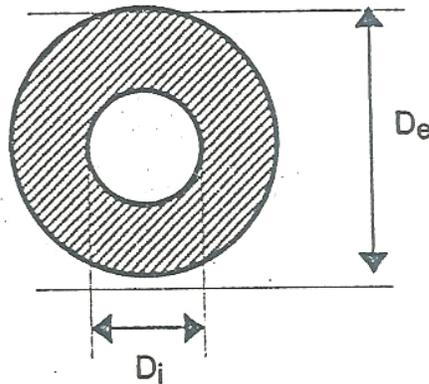
Los datos de Resistencia presentados son el 80% de la resistencia en el punto de fluencia del material. Estos datos corresponden a perfiles de producción estandar.

PERFILES PULTRUSIONADOS EN POLIESTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO



BARRAS REDONDAS MACIZAS Y HUECAS

Perfiles fabricados con resina de poliéster isoftálico u otras resinas (por requerimiento) reforzado con hilos continuos de vidrio con revestimientos superficiales de telas de MAT unifilo, telas de poliéster u otros refuerzos, según las necesidades, garantizando alta resistencia a la corrosión y aislamiento eléctrico.



MODELO	DIMENSIONES			PESO Kg/ML
	D _e (mm)	D _i (mm)	A (cm ²)	
B-5	5,00	0,00	0,20	0,040
B-6	6,00	0,00	0,28	0,055
B-7	7,50	0,00	0,44	0,078
B-38	9,53	0,00	0,71	0,145
B-12	12,7	0,00	1,27	0,220
B-34	19,00	0,00	2,84	0,505
TU-34	19,00	12,70	1,57	0,245
TUE-34	19,00	9,00	2,20	0,430
TU-12	12,7	8,00	0,77	0,167
TU-38	9,53	4,80	0,53	0,115

DATOS DE RESISTENCIA MECANICA.			
Resistencia a Tracción.:	2.640	kgf/cm ²	
Resistencia a Compresión.:	1.550	kgf/cm ²	
Resistencia a Flexión.:	2.100	kgf/cm ²	
Modulo Elasticidad. (Tracción):	140.000	kgf/cm ²	
Modulo Elasticidad. (Compresión):	100.000	kgf/cm ²	

(Nota)

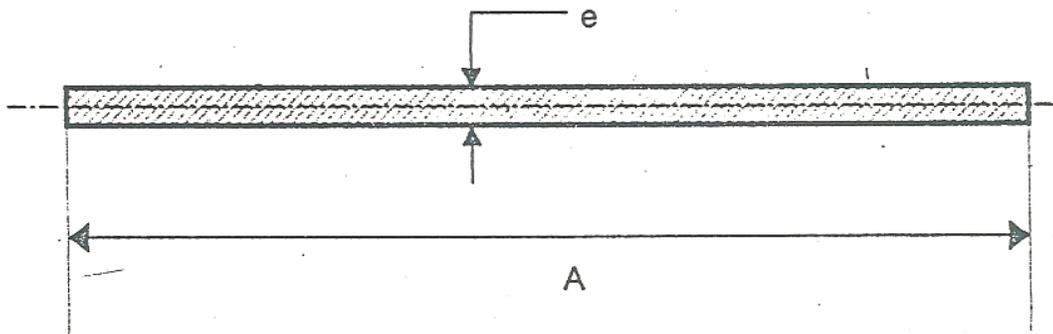
Los datos de Resistencia presentados son el 80% de la resistencia en el punto de fluencia del material. Estos datos corresponden a perfiles de producción estandar.

PERFILES PULTRUSIONADOS EN POLIESTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO



PLANCHAS

Perfiles fabricados con resina de poliéster isoftálico u otras resinas (por requerimiento) reforzado con hilos continuos de vidrio con revestimientos superficiales de telas de MAT unifilo, telas de poliéster u otros refuerzos, según las necesidades, garantizando alta resistencia a la corrosión y aislamiento eléctrico.



MODELO	DIMENSIONES			PESO Kg/ML
	A (mm)	e (mm)	AREA (cm ²)	
PL-165	165,0	5,0	8,25	1,350
PL-600	600,0	3,0	18,0	3,150

DATOS DE RESISTENCIA MECANICA		
Resistencia a Tracción.:	2.640	Kgf/cm ²
Resistencia a Compresión.:	1.550	Kgf/cm ²
Resistencia a Flexión.:	2.100	Kgf/cm ²
Modulo Elasticidad. (Tracción):	140.000	Kgf/cm ²
Modulo Elasticidad. (Compresión):	100.000	kgf/cm ²

(Nota)

Los datos de Resistencia presentados son el 80% de la resistencia en el punto de fluencia del material. Estos datos corresponden a perfiles de producción estandar.