

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA PARA RECUPERACIÓN CON TÉCNICAS DE
MANTENIMIENTO DE CELDA DE FLOTACIÓN MINERA.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumno: Patricio Bastias Gallardo

Profesores Guía:

Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2019

RESUMEN

Keywords: Recuperación, Overhaul, Backup Celda de Flotación, Técnicas de Mantenimiento, Propuestas, Cotizaciones.

Al abordar una mantención, el mecánico o mantenedor siempre buscara la manera más rápida y confiable para volver a poner en marcha el elemento escogido a reparar, para esto se utilizaron diversas técnicas de mantención que a lo largo de la carrera de Técnico Universitario en Mantenimiento Industrial se han aprendido, en esta ocasión se fue más allá de una mantención a un equipo que ha sido olvidado en el laboratorio de minería y metalurgia.

Dicha maquinaria es una celda de flotación tipo Denver Sub-A, la cual con el tiempo ha sido víctima de la corrosión y ha acumulado herrumbre en gran parte de sus piezas, por lo que se ha vuelto inutilizable en su estado actual, es aquí donde se preparó un camino hacia la recuperación de la celda generando planes acordes a lo que se requiera.

Se trató de todas formas el hacer un mantenimiento correctivo primario usando técnicas básicas de la mantención, pero al ser crítica la condición de la máquina, se debió mecanizar desde cero la gran mayoría de esta.

Con esto llegaron las propuestas para recuperación, lo que conllevó a realizar diversos planes para llegar a la meta de reconstruir la celda y dejarla operativa para el uso del alumnado. Con esto se vieron reflejadas varias cotizaciones de los elementos necesarios, por lo que se hicieron estudios de mercados básicos, en lo cual se comparó finalmente si es viable la reconstrucción o la compra de una celda nueva.

Índice

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO 1: UBICACIÓN Y ESTADO DE LOS EQUIPOS	9
1. UBICACIÓN Y ESTADO DE LOS EQUIPOS	10
1.1. SEDE JOSÉ MIGUEL CARRERA	10
1.1.1. Departamento de Mecánica.	10
1.1.2. Laboratorio de Minería Metalurgia	11
1.2. CELDAS DE FLOTACIÓN	11
1.2.1. Principio de funcionamiento de la Celda de Flotación.	12
1.2.2. Químicos Reactivos	13
1.2.3. Precauciones en Proceso de Flotación Minera	13
1.3. TIPOS DE CELDA DE FLOTACIÓN	15
1.3.1. Celdas de Flotación Mecánicas	15
1.3.2. Celdas de Flotación Neumáticas.	16
1.3.3. Celdas de Flotación de Columnas	17
1.4. EQUIPO DE CELDA DE FLOTACION EN LABORATORIO	18
1.4.1. Estado Actual de Equipos	18
1.4.2. Identificación de Componentes del Equipo	19
CAPÍTULO 2: CREACIÓN PROPUESTA DE RECUPERACIÓN A EQUIPO DE FLOTACIÓN A PARTIR DE TRABAJOS DE MANTENCIÓN	20
2. CREACIÓN PROPUESTA DE RECUPERACIÓN A EQUIPO DE FLOTACIÓN A PARTIR DE TRABAJOS DE MANTENCIÓN	21
2.1. PREPARACIÓN PREVIA A TRABAJOS DE MANTENCIÓN Y RECUPERACIÓN	21
2.1.2. Separación de Piezas según componentes eléctricos	22
2.1.3. Separación de Piezas según estado de deterioro de Elementos Mecánicos	22
2.2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO PRIMARIO	23
2.2.1. Recuperación	23
2.2.2. Mecanización	24
2.2.3. Reemplazo Total	24
2.3. APLICACIÓN PLAN DE TRABAJO PRIMARIO	26
2.3.1. Resultado de Método de Trabajo Primario y Planeación de Recuperación	27
2.4. DISEÑO DE PIEZAS	30
CAPÍTULO 3: PROPUESTAS ECONÓMICAS A RECUPERACIÓN	35
3. PROPUESTAS ECONOMICAS A RECUPERACION	36

3.1.	COTIZACIÓN DE MATERIALES	36
3.1.1.	Cotización acero inoxidable	36
3.1.2.	Cotización corte por agua para materiales:	37
3.1.3.	Cotización para soldadura de piezas	38
3.1.4.	Cotización elementos adicionales:	39
3.2.	PROPUESTAS PARA RECUPERACIÓN	40
3.2.1.	Propuesta para recuperación total con previa cotización:	40
3.2.2.	Propuestas de reemplazo:	41
3.3.	PROCESOS EXTRA DE MECANIZADO	45
3.4.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RESTAURACIÓN	48
3.4.1.	Ventajas:	48
3.4.2.	Desventajas:	49
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
	ANEXOS	53
	Anexo A: Cotizaciones	53
	A.1 Cotización Acero Inoxidable	53
	A.2 Cotización Cortes de Acero Inoxidable	54
	A.3 Cotización Soldadura Acero Inoxidable	55
	Anexo B: Planos de piezas enteras	56
	B.1 Plano Estanque	56
	B.2 Plano Impulsor y Vástago	57
	B.3 Plano Estator	58
	B.4 Plano Tapa 1	59
	B.5 Plano Tapa 2	60
	B.6 Plano Tapa 3	61
	Anexo C: Planos en despiece	62
	C.1 Despiece Estanque	62
	C.2 Despiece Vástago/Impulsor	67
	C.3 Despiece Estator	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1 Sede Viña del Mar	10
Figura 1- 2 Celda de Flotación "Sub-A"	11
Figura 1- 3 Esquema de Adhesión Selectiva	12
figura 1- 4 Geometría y Estructura Tridimensional Ácido Sulfhídrico	14
Figura 1- 5 Esquema de Celda de Flotación Mecánica	15
Figura 1- 6 Celda de Flotación Neumática	16
Figura 1- 7 Diferencia entre Celda Mecánica y Celda de Columna	17
Figura 1- 8 Deterioro de Celda de Flotación	18
Figura 1- 9 Impulsor de Celda de Flotación	19
Figura 2- 1 Reductor Recuperado	27
Figura 2- 2 Motor Eléctrico Inutilizable	27
Figura 2- 3 Celda de Flotación en Estado Original	28
Figura 2- 4 Paletas Recolectoras de Celda de Flotación	28
Figura 2- 5 Desarme de Paletas Recolectoras	28
Figura 2- 6 Antes y Después de Limpieza	29
Figura 2- 7 Estanque y Agitador en Malas Condiciones	29
Figura 2- 8 Agitador y Tapa de Celda de Flotación Deterioradas	29
Figura 2- 9 Estanque de Celda Flotación 3D	32
Figura 2- 10 Agitador separado en partes 3D	32
Figura 2- 11 Tapas Celda de Flotación 3D	33
Figura 2- 12 Diagramas Celdas de Flotación Denver Sub-A	34
Figura 3- 1 Catálogo Online Celdas de Flotación.....	42
Figura 3- 2 Catálogo Online 2 Celdas de Flotación.....	43
Figura 3- 3 Tabla para Desbaste/Acabado en Torno.....	46
Figura 3- 4 Tabla Velocidad de Corte Fresadora.....	46
Figura 3- 5 Fórmulas Avance en Fresado	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1 Aplicación Trabajos Primarios 26

Tabla 3- 1 Comparación Precios Celda Recuperada Vs Nueva..... 44

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 2- 1 Fases de Planificación de Trabajo Primario..... 23

Esquema 2- 2 Modo de Aplicación de Trabajos Primarios 25

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

pH	:	grado de acidez o basicidad de una solución acuosa
H ₂ S	:	Ácido sulfhídrico
aq	:	acuoso
EPP	:	Equipo protección personal
3D	:	Tres dimensiones
CAD	:	Referente a AutoCAD
mm	:	milímetros
IVA	:	Impuesto a Valor Agregado
TIG	:	Tungsten Inert Gas
Rpm	:	Revoluciones Por Minuto
C	:	Grados Centígrados
USD	:	Dólar Americano

INTRODUCCIÓN

En estos días, el mantenimiento es una de las ramas importantes dentro de la industria, ya sea desde la gran industria a microempresarios recién iniciándose en el sector, todos han de tomar en consideración el mantenimiento de las maquinarias que utilizan para su producción, de esta forma garantizar una mayor duración de sus maquinarias y así también disminuir los costos de la reparación y posibles pérdidas, por tanto, es primordial el uso de la mantención en el diario vivir de una empresa.

A pesar del mal estado de una máquina, la gran mayoría de veces, es posible repararla, siguiendo una de las ramas del mantenimiento, conocido como mantenimiento correctivo.

Para la aplicación de un mantenimiento correctivo, se considera el estado actual de la maquinaria y se determina el problema que la mantiene inoperativa, se procede a corregir el problema y poner en marcha la máquina. Los tipos de falla pueden variar por el desuso o la mala mantención, como también por el deterioro de los componentes de ésta, el mantenimiento correctivo es ideal para estas situaciones donde la maquinaria debe volver a ponerse en marcha a todo costo.

Dentro de la Industria de la minería chilena, una de las actividades comunes es la obtención del cobre, este es extraído desde las vetas como óxido o sulfuro, siendo este último el cual pasa por un tratamiento químico especial para separar el cobre puro de otros minerales no deseados y escoria, este tratamiento se conoce como Flotación. El proceso de flotación consiste en insertar el material obtenido luego de la extracción, chancado y molienda húmeda, dentro de unos depósitos conocidos como Celdas de Flotación, donde el material ya mezclado con químicos reactivos es separado a través de burbujas, obteniendo en la superficie y en forma de espuma concentraciones mayoritarias de Cobre, todo esto causado por las propiedades hidrofílicas y aerofílicas del mineral.

La Universidad Técnica Federico Santa María ha adquirido un conjunto de equipos en los cuales destaca un equipo de celdas de flotación en desuso, el cual se encuentra inoperativo y deteriorado por los años, este trabajo de título busca la aplicación de una recuperación, lo que en este caso puede ser llamado como un mantenimiento correctivo en la maquinaria, para lograr su funcionamiento y demostrar con pruebas metalúrgicas su buen estado, con el fin de lograr que ésta opere dentro de los laboratorios de la universidad para el aprendizaje del alumnado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

-Realizar una propuesta de recuperación en un Equipo de Laboratorio Minero mediante tareas correctivas de mantenimiento para su futura habilitación en procesos de laboratorio y aprendizaje del alumnado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Definir el equipo a intervenir mediante el estudio de sus características técnicas, componentes y el proceso en el cual está involucrado para establecer el estado actual en que se encuentra.

-Efectuar análisis del proceso de mantención de la celda para luego determinar una futura propuesta de reparación.

-Realizar un estudio económico básico, basado en varias cotizaciones previas a los materiales/servicios para optar a la mejor opción de compra y lograr un plan de restauración.

CAPÍTULO 1: UBICACIÓN Y ESTADO DE LOS EQUIPOS

1. UBICACIÓN Y ESTADO DE LOS EQUIPOS

1.1.SEDE JOSÉ MIGUEL CARRERA

La sede José Miguel Carrera de la Universidad Federico Santa María consta de seis departamentos, cada uno de ellos especializados en sus áreas para la formación educativa de futuros técnicos e ingenieros. Los departamentos que se encuentran son, el departamento de ciencias, construcción y prevención de riesgo, diseño y manufactura, electrotecnia e informática, química y medio ambiente y finalmente el de mecánica.

1.1.1. Departamento de Mecánica.

El departamento de mecánica se ramifica en seis carreras; dentro de estas se encuentra la carrera de Técnico Universitario en Minería y Metalurgia, dicho edificio es identificado con la letra “C”; donde encontramos la carrera formada para la especialización de técnicos mineros y metalúrgicos, preparándolos para la aplicación de técnicas mineras en la industria, gracias a los laboratorios que los alumnos utilizan dentro de su formación.

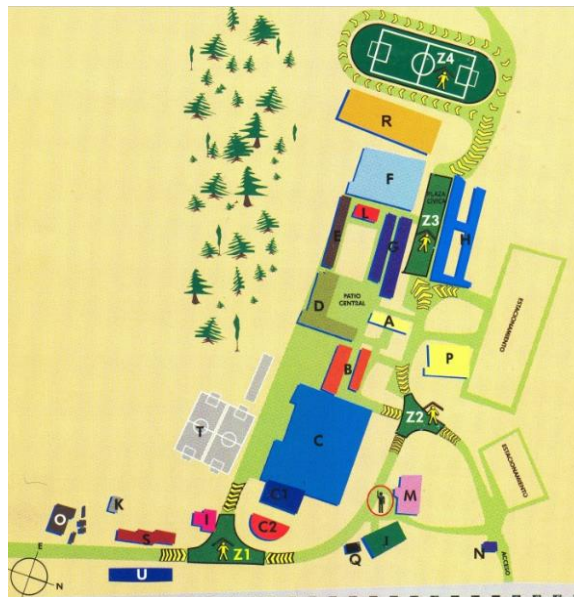


Figura 1- 1 Sede Viña del Mar

Fuente: <http://www.elo.jmc.utfsm.cl/ubicacion/>

1.1.2. Laboratorio de Minería Metalurgia

La carrera cuenta con diferentes laboratorios y salas para la especialización de los alumnos, en los cuales se puede encontrar el Laboratorio de Minería y Metalurgia, donde los estudiantes estudian y se aplican dentro de procesos mineros tales como el chancado y molienda, y procesos metalúrgicos como la flotación y electro obtención de minerales. Es este laboratorio el cual ha adquirido una diversa cantidad de equipos a través de conexiones con otras sedes de la universidad. Estos equipos consisten en dos celdas de flotación junto a sus componentes que actualmente se encuentran en las dependencias del laboratorio, sin embargo, estos se encuentran inoperativos.

1.2. CELDA DE FLOTACIÓN

Las celdas de flotación son equipos mecánicos utilizados en la metalurgia para la separación de minerales sulfurados húmedos de otros minerales o materiales no requeridos en los futuros procesos. Como el nombre lo dice estos equipos aplican el proceso físico-químico llamado flotación.

La celda de flotación Sub-A” es un modelo de equipos de flotación, este modelo de celda ha sido construido desde 1927 por diferentes empresas y gracias a que este resuelve muchos de los problemas de flotación a los que se ha enfrentado, es popularmente conocida y utilizada a nivel global,



Figura 1- 2 Celda de Flotación "Sub-A"

Fuente: www.911metallurgist.com/metalurgia/equipos-de-flotacion/

La gran característica de este modelo es su diseño, el cual le permite recolectar el material a través de tuberías o ductos, separar los minerales a través del proceso de flotación ayudando a su vez a este con la generación de burbujas gracias a un sistema de paletas agitadoras en el fondo y la inyección de aire a través del centro de estas, y al completarse la separación, se recolecta el concentrado en la superficie a través de unas paletas en la parte superior de las celdas, con el fin de depositarlas en un estanque o ducto para enviarlo a su próximo proceso.

1.2.1. Principio de funcionamiento de la Celda de Flotación.

Como antes mencionado en las celdas de flotación se aplica el proceso fisio-químico de flotación, en donde un mineral ya sea metálico o no metálico, junto con la ayuda de químicos reactivos, es separado por burbujas haciendo que el material suba a la superficie del líquido permaneciendo flotando para su fácil extracción, este proceso se basa en la adhesión del mineral a las burbujas, en donde esta dependerá de las propiedades hidrofílicas y aerofílicas del mineral, luego al conocer estas propiedades y controlarlas con reactivos, se habla de adhesión selectiva.

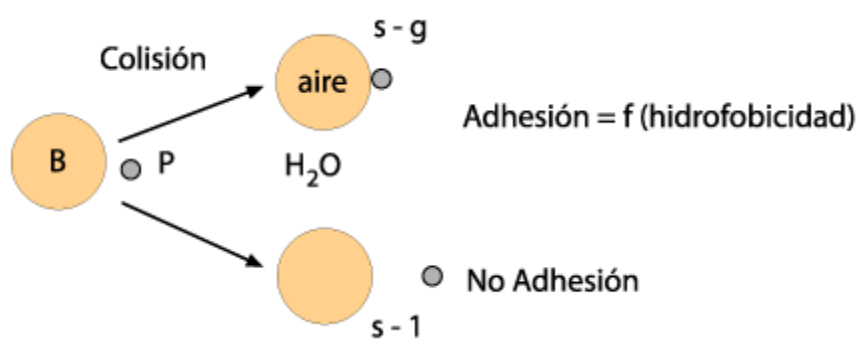


Figura 1- 3 Esquema de Adhesión Selectiva

Fuente: Codelco Educa.

1.2.2. Químicos Reactivos

Para la aplicación del proceso de flotación son utilizados diferentes químicos reactivos, los cuales son mezclados con el material obtenido luego de un proceso de molienda seca o húmeda, los químicos reactivos y el material se mezclan homogéneamente y son transportados vía ductos como pulpa hasta llegar a la celda de flotación. Los químicos utilizados se separan en 4 grupos: espumantes, colectores, depresantes y modificadores.

Espumantes: Son utilizados para alterar la tensión superficial del líquido, su estructura le permite agruparse y formar fases separadas del líquido, su objetivo es generar burbujas resistentes a las cuales se adhiera el mineral seleccionado y que estas lo lleven a la superficie donde deben permanecer sosteniendo el mineral sin reventarse.

Colectores: Son utilizados para favorecer las propiedades hidrofóbicas y aerofílicas del mineral a separar, haciendo más fácil que el mineral seleccionado se añada a las burbujas y no así otros minerales indeseados.

Depresantes: Utilizados para provocar lo contrario a los reactivos colectores. Su función es lograr que los minerales no seleccionados se mantengan alejados de las burbujas mejorando su hidrofilia.

Modificadores: Utilizados para estabilizar la acides del fluido y lograr la mejor condición para que la flotación se lleve a cabo.

Una buena utilización de estos cuatro reactivos compone un exitoso proceso de flotación, la falta o falla de uno de estos puede ocasionar una recuperación menor de mineral, por ende, mayor trabajo y menos ingresos a nivel industrial.

1.2.3. Precauciones en Proceso de Flotación Minera

En el proceso de la flotación se debe tener cierta precaución con la emisión de un tipo especial de componente que se desprende de la mezcla de la flotación de molibdeno llamado gas Sulfhídrico (H_2S) proveniente del ácido sulfhídrico H_2S (aq), el cual es contraproducentes y dañinos para nuestra salud. La exposición a este gas puede producir cambios en nuestro metabolismo al estar en contacto con él, tanto así que si la exposición es continua se puede morir de asfixia, ya que el gas ataca la anaerobia de los órganos del cuerpo humano.

Esta liberación de gas es muy recurrente en la industria minera a gran escala, por lo que se dan charlas sobre la protección que se debe tomar frente a estas exposiciones. dado que estas operaciones conllevan ciertos riesgos y la seguridad de las personas en las mineras tiene altos estándares para conservar una calidad de vida aceptable para sus trabajadores.

Por lo tanto, para ciertas pruebas de flotación similares a las mencionadas anteriormente, si nos rebajamos a un nivel de alumnado se deberá estar preparado para cualquier tipo de inconveniente o accidente que pueda suceder, por lo que se deben anteponer medidas de prevención contra el contacto directo con este gas que puede llegar a ser mortal.

Por tanto, lo recomendable cuando se estén realizando operaciones de laboratorio en ejecución de procesos de flotación es presentar los EPP correspondientes y necesarios para que cuando estén trabajando y expuestos a la realidad de una operación de este tipo en una minera que trabaja a gran escala, estén listos y preparados para prevenir todo tipo de contacto con gases nocivos.

De esta forma los alumnos tendrán consideración al momento de tratar con operaciones que incluyan todo tipo de emisión de gases, siendo clave el uso de mascarillas descartables antigases, guantes para riegos químicos, y gafas protectoras.

Así como el ácido sulfhídrico existen una variedad de gases nocivos que están presentes en diversas operaciones relacionadas con la minería, y especialmente con la flotación también nos damos cuenta de que no es un proceso 100% seguro, a continuación, se muestra la estructura que posee el ya dicho componente letal.

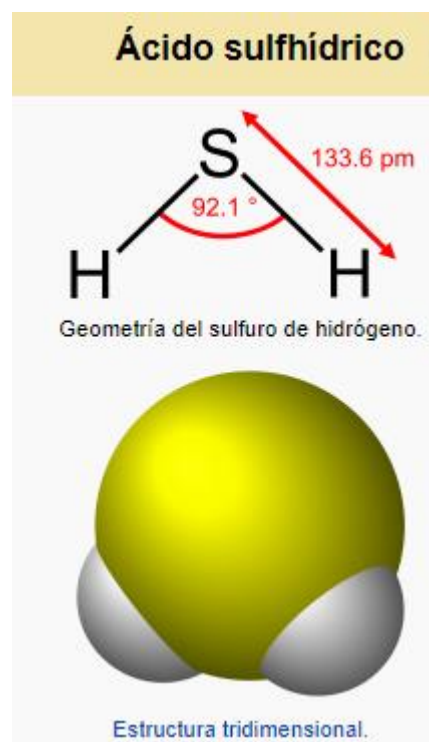


figura 1- 4 Geometría y Estructura Tridimensional Ácido Sulfhídrico

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulfh%C3%ADdrico

1.3.TIPOS DE CELDA DE FLOTACIÓN

Si bien el modelo de Celda de Flotación Sub-A es uno de los más populares, no es el único tipo que existe, las celdas de flotación se dividen en tres tipos dependiendo de su modo de funcionamiento, estas pueden ser mecánicas, neumáticas o columnar.

1.3.1. Celdas de Flotación Mecánicas

La característica principal de una celda de flotación mecánica es la utilización de un impulsor accionado por un motor, este puede estar conectado a varias celdas y generar un flujo de trabajo mayor, el impulsor de esta se encuentra en la parte inferior de la celda, con el fin de agitar la pulpa, dispersarla a través del fluido, y generar las burbujas gracias al método de succión por vacío con aire desde el exterior para que se realice la flotación.

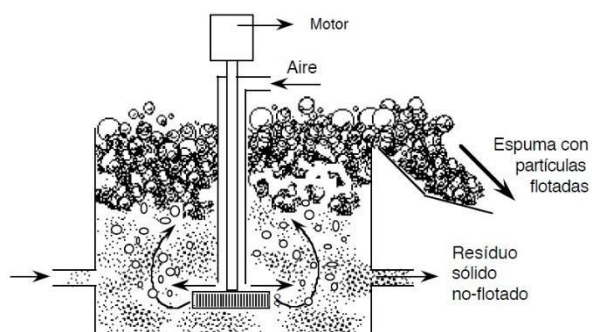


Figura 1- 5 Esquema de Celda de Flotación Mecánica

Fuente: Wikispaces, flotación

Este tipo de celda puede variar de tamaño, las hay de tamaño pequeño para su utilización en laboratorios y hay de tamaños industriales superando los 2 metros de altura, debido a su utilización con grandes cantidades de material.

1.3.2. Celdas de Flotación Neumáticas.

Las celdas de flotación neumáticas a diferencia de las mecánicas carecen de un impulsor y utilizan aire comprimido para airear el fluido. Estas celdas son comunes en laboratorios y no tanto a nivel industrial, debido a su funcionamiento son de pequeño tamaño y el método de recolección de espuma es por rebalse de material.

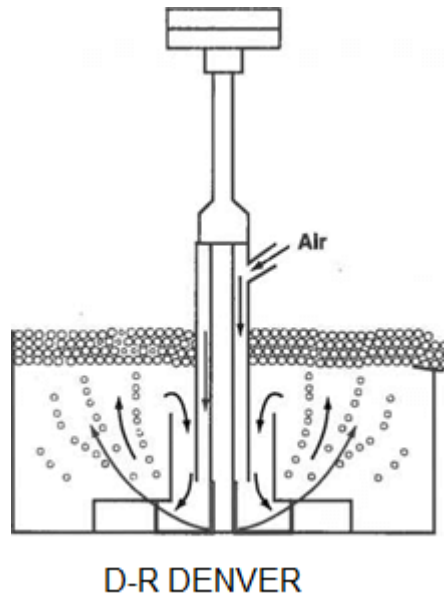


Figura 1- 6 Celda de Flotación Neumática

Fuente: 911metallurgist.com, D-R Floating Cell

Si bien no son tan utilizadas en procesos industriales, para sistemas y procesos en laboratorios son muy recomendadas, debido a que ofrece un control sobre el flujo de aire enviado al fluido para generar burbujas, esto genera un control del flujo de material separado a extraer o para mejorar el control del tiempo del proceso.

1.3.3. Celdas de Flotación de Columnas

Esta celda de flotación posee un sistema de separación de corrientes en dos direcciones una entre las burbujas de aire con la pulpa y las burbujas mineralizadas con agua de lavado. Para este sistema la celda es de mayor tamaño generando una columna, de ahí su nombre, pero el sistema de ingreso de aire varía según el modelo y esta puede usar un sistema mecánico como neumático.

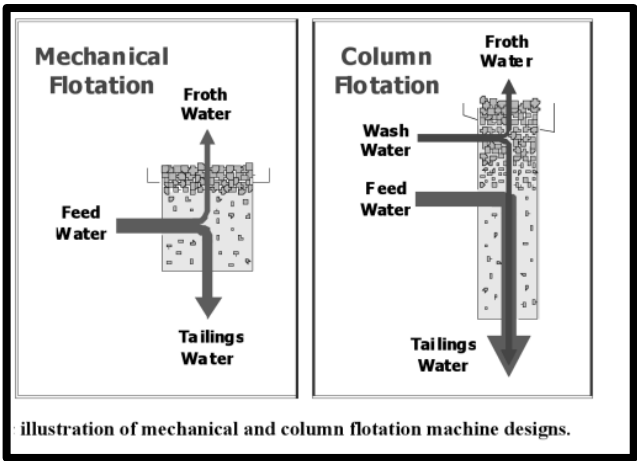


Figura 1- 7 Diferencia entre Celda Mecánica y Celda de Columna

Fuente: 911metallurgist.com, mechanical flotation cell, column cell

1.4.EQUIPO DE CELDA DE FLOTACION EN LABORATORIO

El equipo de flotación se encuentra ubicado en el Laboratorio de Minería y Metalurgia, en este momento es imposible ponerlo en operación junto a otros implementos encontrados en el taller debido a su estado.

Si bien no se posee manuales ni identificación actual del equipo, es posible clasificarlo entre los tipos como un equipo de flotación híbrida, pues posee piezas que identifican un impulsor accionado por un motor eléctrico, los cuales son procedentes de una celda mecánica, y a su vez posee un equipo de compresión de aire, lo que indica que posee características de una celda neumática.

1.4.1. Estado Actual de Equipos

Los equipos obtenidos se encuentran en estado de deterioro, estos no han sido utilizados en años y su gran tiempo de exposición a intemperie ocasiono corrosión y desgaste de materiales, haciendo que estos sean inutilizables.



Figura 1- 8 Deterioro de Celda de Flotación

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada del equipo en laboratorio

El equipo posee piezas sueltas, corroídas y desensambladas. A pesar de su mal estado, es posible ponerlo en función realizando un mantenimiento general, del tipo Overhaul, en el cual se desarmará el equipo por completo, luego este debe ser revisado pieza por pieza y mecanizar las partes que estén inutilizables, para luego reponer lo que se pueda y dejar operativa la máquina.

1.4.2. Identificación de Componentes del Equipo

Antes de realizar el mantenimiento reactivo, es necesario catalogar el equipo para buscar una referencia, esto es necesario debido a que no se posee manuales. Para ello hay que identificar piezas claves y determinar a qué modelo se asimila y así poder tener una guía a la hora de reparar.

Se determinó que parte del equipo funciona similar al modelo mencionado al comienzo de este informe, la Celda de Flotación “Sub-A”, puesto que ambas poseen un impulsor, es decir, son mecánicas; véase Figura 1- 2.; y ambas poseen un motor en la parte trasera superior el cual hace girar el impulsor; hágase una comparación entre la Figura 1- 5 y Figura 1- 6; ambas poseen un sistema de recolección de aire del exterior y ambas utilizan paletas para la recolección de la espuma con mineral.



Figura 1- 9 Impulsor de Celda de Flotación

Fuente: Elaboración Propia, fotografía tomada del equipo en laboratorio

Además de los componentes relacionados a una celda de flotación sub-A el equipo se compone de variados accesorios, entre los cuales se localiza una celda de flotación del tipo Neumático, debido a la localización de una bomba neumática y similitudes del diseño con la figura.

**CAPÍTULO 2: CREACIÓN PROPUESTA DE RECUPERACIÓN A EQUIPO DE
FLOTACIÓN A PARTIR DE TRABAJOS DE MANTENCIÓN**

2. CREACIÓN PROPUESTA DE RECUPERACIÓN A EQUIPO DE FLOTACIÓN A PARTIR DE TRABAJOS DE MANTENCIÓN

Para la creación de una propuesta funcional se deben cumplir varias tareas previas, a lo que se incluye una preparación de mantención, planificación de trabajos, y aplicaciones de trabajos resultados de la planificación entre otros.

2.1. PREPARACIÓN PREVIA A TRABAJOS DE MANTENCIÓN Y RECUPERACIÓN

Con la resolución del estado del equipo obtenido, es importante seleccionar un orden preciso y selección de trabajo a realizar por partes, debido a que el conjunto del equipo posee más de una celda de flotación, es necesario seleccionar los trabajos a realizar, debido a la cantidad de trabajo y estado específico de las diferentes piezas de la maquinaria.

Para comenzar a realizar los pasos mencionados anteriormente, es movilizaba la maquinaria por partes desde el laboratorio de minería y metalurgia hacia el taller de mantenimiento, luego de esto se aplicó una inspección visual del equipo para separar los trabajos en fases según el tipo de trabajo a realizar:

- Separación de Piezas según sección del equipo
- Separación por Elementos Eléctricos
- Separación por estado de deterioro de Elementos Mecánicos

2.1.1 Separación de Piezas Según sección del equipo

Comenzando la separación de los equipos, primero se deben organizar en conjuntos según su trabajo en el conjunto del equipo, para esto es tomado en cuenta las dos maquinarias de flotación que componen el equipo, separando los componentes entre los que pertenecen al Equipo de Flotación Neumático y el Equipo de Flotación Mecánico.

Componentes del Equipo de Flotación Mecánico:

- Estanque
- Paletas Recolectoras
- Agitadores
- Motor Eléctrico
- Sistema de Poleas
- Sistema de tuberías de Alimentación y Descargo
- Sistema de Aspiración de Aire mecánico

2.1.2 Separación de Piezas según componentes eléctricos

En el equipo mecánico se encuentra un motor eléctrico, el cual está encargado de generar energía mecánica para accionar el sistema de poleas que transmiten potencia a los agitadores y a las paletas recolectoras.

Estas piezas o componentes de ambos equipos son retirados para su trabajo y mantenimiento pertinente.

2.1.3 Separación de Piezas según estado de deterioro de Elementos Mecánicos

Al inspeccionar visualmente las maquinarias es posible notar que componentes se encuentran en peor estado debido a oxidación y desgaste de material, para ello se ordena la siguiente lista con el fin de estimar que sección o componente es más crítica en este aspecto en orden de mayor a menor:

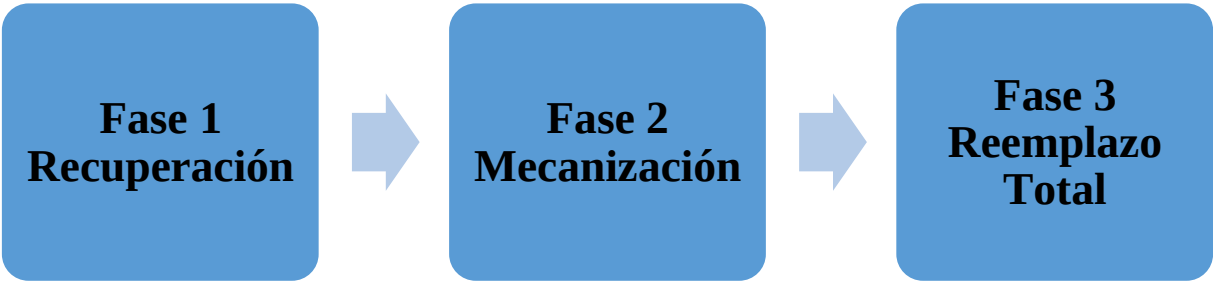
- 1°Estanque (Equipo de Flotación Mecánico)
- 2°Agitadores (Equipo de Flotación Mecánico)
- 3°Sistema de Absorción de Aire Mecánico (Equipo de Flotación Mecánico)
- 4°Paletas de Recolección (Equipo de Flotación Mecánico)
- 5°Sistemas de Tuberías de Alimentación y Descarga

Luego de poseer los equipos distribuidos según el tipo de elemento y sus estados, es más fácil realizar un plan de trabajo eficaz.

El plan pensado es reemplazar la mayor cantidad de piezas posibles para que el equipo parezca como nuevo, o bien como un equipo restaurado en óptimas condiciones, por lo que el estanque debe mecanizarse por completo, y se deben volver a hacer gran parte de los agitadores y el sistema de absorción. Las paletas de recolección no han sufrido más que oxido en sus capas superiores y eso no es tan grave, y finalmente las tuberías de alimentación que deben limpiarse y quizá cambiar por otras nuevas.

2.2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO PRIMARIO

Para la planificación de trabajo se toma en cuenta la distribución y orden de los componentes dividiendo el trabajo en tres etapas recuperación, mecanización y reemplazo total.



Esquema 2- 1 Fases de Planificación de Trabajo Primario

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Recuperación

Para la recuperación se toma en cuenta el estado del componente, si este es factible a ser recuperado con la aplicación de técnicas de recuperación este quedara asociado a la esta fase, si no es así, deberá ser derivado a la siguiente fase.

Los componentes serán tratados bajo diferentes tareas de recuperación, pasando por un árbol de procesos cuya conclusión determinara si son utilizables o es necesario derivar a la siguiente fase.

Limpieza de Componentes: Los componentes deben ser limpiados y retirar exceso de desperdicios (grasas, pintura superficial) con el fin de observar su estado real y si estos no esconden peores condiciones bajo sus capas superficiales visibles. Para ello es utilizado diluyente y elementos de limpieza (paños, brochas, espátulas, etc.)

Aplicación de Químicos Desoxidantes: Luego de la limpieza de los componentes y al poseer visible las capas de óxido, es necesario aplicar soluciones químicas desoxidantes para eliminar el óxido en capas externas que puedan ser recuperadas, si es apreciable el exceso de oxido y corrosión junto con perdida excesiva de material, no es recomendado realizar esta tarea, y el componente debe ser derivado a la siguiente fase, pero si el componente posee un leve desgaste de su capa protectora como la que se encuentra en aceros inoxidables, es posible aplicar químicos y posteriormente aplicar soluciones protectoras.

Aplicación de Solución Protectora: Luego de eliminar el óxido de la superficie, es necesario la aplicación de solución protectora, la cual formara una capa en la superficie del metal logrando que este evite oxidarse y protegiéndolo. La solución varia sobre el trabajo y la exposición del componente los ejemplos comunes son pinturas como capas protectoras y aplicación de revenidos. Es necesario evaluar costos de materiales a utilizar.

2.2.2 Mecanización

La fase dos se compone por la mecanización de las piezas mecánicas las cuales su estado no permite la recuperación en base a limpieza y aplicación de químicos, en esta fase los componentes serán sometidos a diferentes trabajos de mecanización con el fin de corregir su estado.

Desgaste Abrasivo: Para quitar capas de óxido de mayor espesor o que supongan un trabajo excesivo en la fase anterior, se aplicaran técnicas de desbaste abrasivo, estas pueden ser con aplicación de lijas o esmeril de banco.

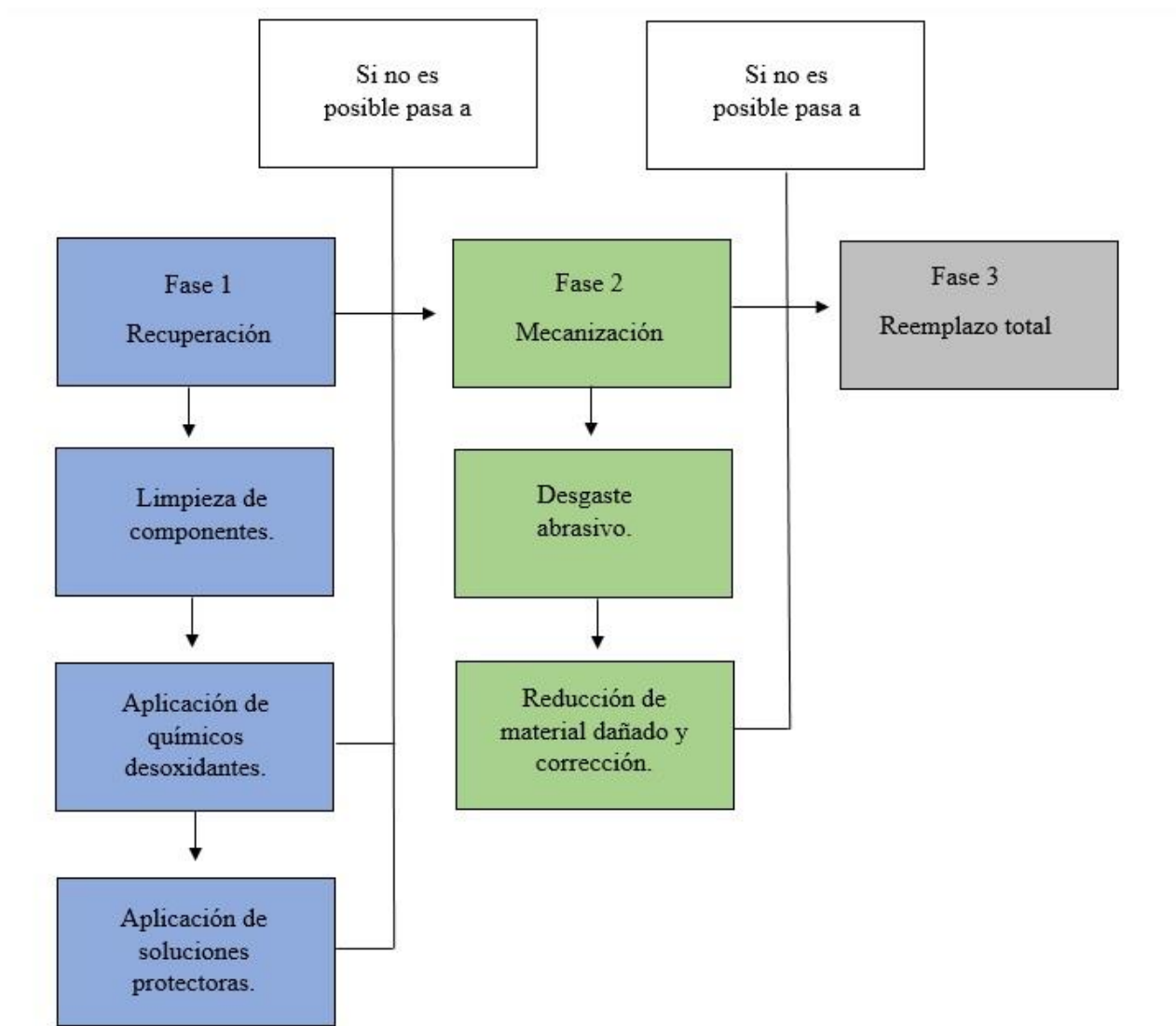
Reducción de Material dañado y corrección: Cuando el componente posea exceso de oxidación o deformación, es posible aplicar trabajos de mecanización tales como la rectificación y trabajo en tornos, con el fin de devolver el estado de trabajo al componente.

2.2.3 Reemplazo Total

Los componentes que posean un estado de deterioro mayor y perdida abundante del material debido a la corrosión o deformación y que no pueda ser recuperado o mecanizado para devolverle un estado óptimo, serán reemplazados en su totalidad, para ello se ha evaluado dos formas de reemplazo:

- Mecanización y Fabricación del Componente
- Compra u obtención externa al recinto.

Para hacer el reemplazo total de las piezas necesitadas se tuvo que hacer por las dos formas anteriores, de principio es necesario comprar externamente la materia prima de la máquina y externamente hacer los cortes y soldaduras pertinentes. La otra parte del reemplazo se llevará a cabo en la universidad, generalmente para corregir, si falta alguna pieza o lo más simple a mecanizar se hará en el recinto.



Esquema 2- 2 Modo de Aplicación de Trabajos Primarios

Fuente: Elaboración propia

En este esquema se aprecia cómo se debe avanzar al momento de realizar el mantenimiento a la celda y sus componentes, desde lo más básico que sería una simple limpieza, hasta lo más complejo que vendría siendo el reemplazo total de las piezas que no pueden pasar la fase 2 correspondiente a la mecanización.

En el siguiente punto se verá reflejado el trabajo realizado en la celda de flotación, donde se aplicarán todos los trabajos primarios posibles para luego determinar las mejores opciones para lograr tener la celda operativa o bien restaurada. Para lograr estos trabajos se debe desarmar en general toda la celda o lo que más se pueda, conociendo el estado en que se encuentra habrá dificultades para poder lograr una mantención adecuada a lo necesario.

2.3. APLICACIÓN PLAN DE TRABAJO PRIMARIO

En la siguiente tabla podemos observar columnas representadas del Esquema 2- 2 Modo de Aplicación de Trabajos Primarios, en los cuales se ven los trabajos planificados que fueron realizados en las piezas de la celda. De las cuales no superaron la fase de recuperación, tendrán que ser hechas nuevamente desde cero para luego acoplarse a las piezas antiguas y restaurar la celda a un nivel de funcionalidad óptima.

Tabla 2- 1 Aplicación Trabajos Primarios

Equipo flotación mecánica	Serial ID Equipo	SECCION O PIEZA	FASE 1 - RECUPERACION			FASE 2 - MECANIZACIÓN	FASE 3 – REEMPLAZO TOTAL
Motor	M1	Motor Eléctrico	X			-	-
Reductor	R1	Reductor	✓			-	-
Estanque	E1	Parte frontal	-	X	X	-	-
		Parte trasera	-	X	X	-	-
		Parte inferior	-	X	X	-	-
		Tapas	✓	✓	-	-	-
		Partes laterales	-	X	X	-	-
Estator	E2	Tubo removible	✓	X	X	-	-
		Poleas	✓	✓	✓	-	-
		Válvula de aire	-	X	X	-	-
		Difusor estático	-	X	X	-	-
Agitadores	A2	Vástago	-	X	X	-	-
		Impulsor	-	X	X	-	-
		Paletas	✓	✓	✓	-	-
		Chaveta y canal chavetero	-	X	X	-	-

✓	Trabajo Exitoso
X	Trabajo Fallido
-	Indefinido / No realizado

Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Resultado de Método de Trabajo Primario y Planeación de Recuperación

Como es apreciable en la *Tabla 2- 1* y en las imágenes *Figura 2- 2*, *Figura 2- 8* es apreciable que la mayoría de los componentes a los que se les puede hacer mantención no son aptos para esto. Gracias a la aplicación del método de trabajo, implementando un tipo de mantenimiento correctivo es posible eliminar el óxido de algunos de los componentes para los procesos a seguir, los cuales consisten en afino, ensamble y repintado (aplicación de pinturas protectoras).

Pero finalmente vemos que nuestra maquina no puede funcionar con los varios elementos faltantes, por lo que el método de trabajo primario empleado solo ha servido para una parte del trabajo, se debe continuar aún más para la recuperación total de la celda de flotación.

Dado que las piezas que no han podido ser rescatadas para mecanización o limpieza, deben desecharse, y es el caso de muchas partes del estanque y partes de los mezcladores. De principio, gracias a la herrumbre producida por el tiempo en desuso y la mala conservación de esta máquina algunas piezas se pegaron unas con otras, haciendo imposible una remoción limpia, muchas veces se tuvo que cortar pernos o partes de piezas para poder sacar lo necesario a mecanizar.

Para una completa recuperación se deben rediseñar muchos componentes para el funcionamiento de la máquina, que de la tabla anterior no pudieron ser mecanizados, partiendo por el estanque completo, el estator y el rotor con sus componentes.

Entre los cambios de los componentes las correas de las poleas hay que reemplazarlas por unas nuevas al igual que los ductos para transportar aire. Los mezcladores tienen que ser reemplazados por otros que se hicieron de acuerdo con las medidas del nuevo estanque. Si bien los rodamientos aún conservaban un estado presentable el cambiarlos es lo más lógico que se debe hacer en situaciones las cuales la máquina ha estado mucho tiempo en desuso, el engrasarlos no puede reparar el daño que tienen hecho al haber sido expuestos a fuerzas extremas para poder desarmar la máquina. Se aprecian diferentes etapas en el desarme de la celda de flotación y de sus componentes, se observa que tan corroída esta la maquina con solo mirar superficialmente.



Figura 2- 2 Reductor Recuperado

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2- 1 Motor Eléctrico Inutilizable

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2- 3 Celda de Flotación en Estado Original

Fuente: Elaboración Propia

Al desarmar la máquina se aprecia que no todos los componentes se encuentran en mal estado y hay algunos que se piensa pueden ser recuperados, se siguen los pasos del *Esquema 2- 1* con todos los elementos posibles.



Figura 2- 4 Paletas Recolectoras de Celda de Flotación

Fuente: Elaboración propia

Algunas de las piezas son correctamente desarmadas, seguido de una limpieza para sacar todo el óxido acumulado, las paletas recolectoras (*Figura 2- 4*) son un caso en que se desarmaron sin complicación en el taller de mantenimiento (*Figura 2- 5*). Finalmente, el óxido en las piezas fue exitosamente eliminado (*Figura 2- 6*).



Figura 2- 5 Desarme de Paletas Recolectoras

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2- 6 Antes y Después de Limpieza

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2- 7 Estanque y Agitador en Malas Condiciones

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2- 8 Agitador y Tapa de Celda de Flotación Deterioradas

Fuente: Elaboración Propia

2.4. DISEÑO DE PIEZAS

Como resultado del método de trabajo primario no tuvo resultados positivos para la recuperación de la celda de flotación se deben tomar medidas acordes a la necesidad de reconstruir las piezas desechas o bien que no se pueden utilizar nuevamente en la máquina agitadora.

Para iniciar un buen diseño, hay que tener claro cuantas piezas se tendrán que dibujar, por lo que se hace el descarte de las piezas buenas que servirán más adelante, y se trabajará con las piezas que están al borde del desecho, las cuales deben ser limpiadas a un nivel aceptable para una correcta toma de medidas. Dicho esto, se deben separar pieza por pieza para así tener una medición de forma correcta y precisa ya que al momento de mecanizar las piezas se necesitará exactitud para que luego las piezas formen el conjunto correctamente.

Se usará flexómetro, pie de metro y regla principalmente para medir los componentes, de aquellos se toman las medidas en milímetros y se hacen sketches básicos en un cuaderno para tener una base concreta de cómo serán los diseños en digital.

Primero se debe medir el estanque, tomando medidas de cada cara que posea para luego separarlo por secciones, al ser piezas de gran envergadura se utilizará el flexómetro para medir y algunos lugares se usará la regla graduada, del estanque se obtendrá al menos 5 medidas diferentes o bien el estanque se puede separar en 5 planos para mecanizar. En la parte del costado se deben medir radios para la circunferencia que se encuentran en las tapas del estanque al igual que las aberturas donde van los tornillos que unen las tapas con el estanque.

Luego de tomar medidas al estanque se continuará a la parte de la celda que pertenece a los agitadores, de los cuales mediremos el impulsor y el vástago, se debe usar el pie de metro para medir diámetros del vástago e impulsor, canal chavetero, chaveta y las aspas del impulsor. De esta pieza completa se harán varios diseños por separado para después unirlos todos en un solo agitador, del cual se necesitarán dos unidades, ya que ambos agitadores están inutilizables producto a la herrumbre acumulada en sus aspas y por los daños irreversibles que poseen los vástagos, los se deben medir con el flexómetro por la longitud que poseen.

Finalmente, de la parte del estator se medirá su largo y diámetros correspondientes, al igual que los diámetros de las salidas de aire como también los de la tapa de este, y en la parte inferior mediremos los dientes que este posee, para luego hacer un diseño preliminar en cuaderno. Se usa el pie de metro, la regla y la huincha para hacer todas las mediciones posibles.

Al tener ilustraciones de cada parte de nuestra máquina separada en piezas accesibles para una mecanización seguiremos con el diseño en 3D, los que nos permitirá poder recrear las partes para que formen de nuevo la celda de flotación. Al dibujarlas en 3D podremos obtener una funcionalidad que solo las aplicaciones de Autodesk nos podrán brindar.

Para empezar a dibujar las piezas en 3D, tendremos que descargar las aplicaciones de Autodesk, AutoCAD o Inventor. Ambos programas fueron adquiridos gracias a la universidad y su convenio para estudiantes, en el caso personal, se debe descargar Inventor Profesional 2019 y AutoCAD 2016, con estas versiones se puede dibujar las piezas sin ningún problema. Al haber diferencia en las versiones de los programas puede que haya incongruencias para poder trabajar en conjunto, pero Inventor da la posibilidad de guardar los archivos en versiones anteriores de CAD para que así no haya problemas de compatibilidad.

El diseño del estanque tuvo que separarse en 5 piezas distintas, la gran mayoría de estas piezas son rectangulares y se usarán planchas para su confección ya que todas estas conforman el estanque completo, pero como no se puede mecanizar de una sola pieza, se dividen en planchas distintas, esto de simplicidad al diseño del estanque, pero no deja de ser preciso en sus medidas originales o bien cercanas a la realidad, véase *C.1 Despiece Estanque*.

De la segunda pieza, la parte mezcladora/agitador de la celda se deben hacer 4 planos diferentes, se separan el vástago con su pieza de unión y el impulsor, al cual se le deben dibujar sus aspas por separadas. Esta pieza es un poco más complicada al usar diferentes tipos de aplicaciones dentro de Inventor, véase *C.2 Despiece Vástago/Impulsor*.

Para la tercera pieza que es parte del sistema de aireado/estator y esencialmente conforma la pieza que protege al vástago de los agentes externos/mezcla, son 6 planos por dibujar, esta pieza fue la que se tuvo que dividir en más planos y de por si los planos no son del todo sencillos, véase *C.3 Despiece Estator*.

Finalmente, las tapas del estanque se hacen presentes con 3 planos, de los cuales se usa uno como base y los otros dos son partes que van unidas a estas.

Al momento de guardar cada plano en inventor se debe guardar compatibilizando con la versión 2016 o menor de AutoCAD, para que luego no se tenga inconvenientes al momento de usar ambas aplicaciones.

La importancia de hacer los diseños en 3D al principio de cualquier plano influye en el poder tener una referencia más real de lo que se tiene que lograr, por lo que las piezas antes de hacerlas en AutoCAD se hacen en Inventor con las medidas tomadas con anterioridad, es recomendable el tener las medidas exactas o lo más aproximado a esto, ya que luego se puede hacer un ensamblaje el cual muestra como irían las piezas ya completas.

En las siguientes imágenes observamos las piezas correspondientes a fabricar, en la cual podemos distinguir el estanque de la celda, de la cual necesitaremos una unidad. También encontramos la parte del agitador, compuesto por el vástago y el impulsor, de tal pieza necesitaremos dos unidades y a su lado tenemos el estator de la celda, la cual cubre el vástago y permite el acceso al aire comprimido que sirve para hacer burbujas

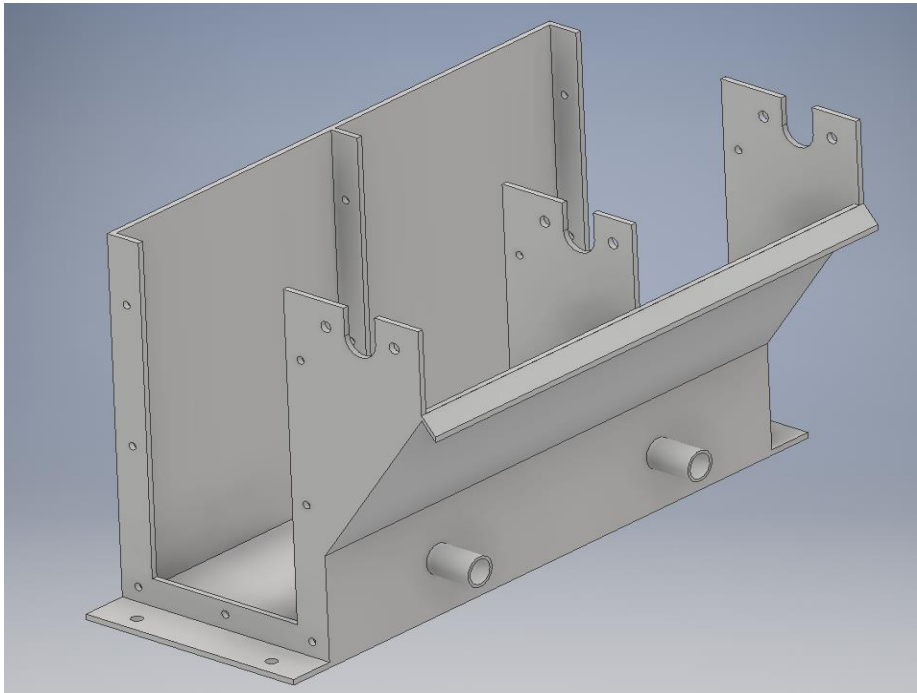


Figura 2- 9 Estanque de Celda Flotación 3D

Fuente: Elaboración Propia

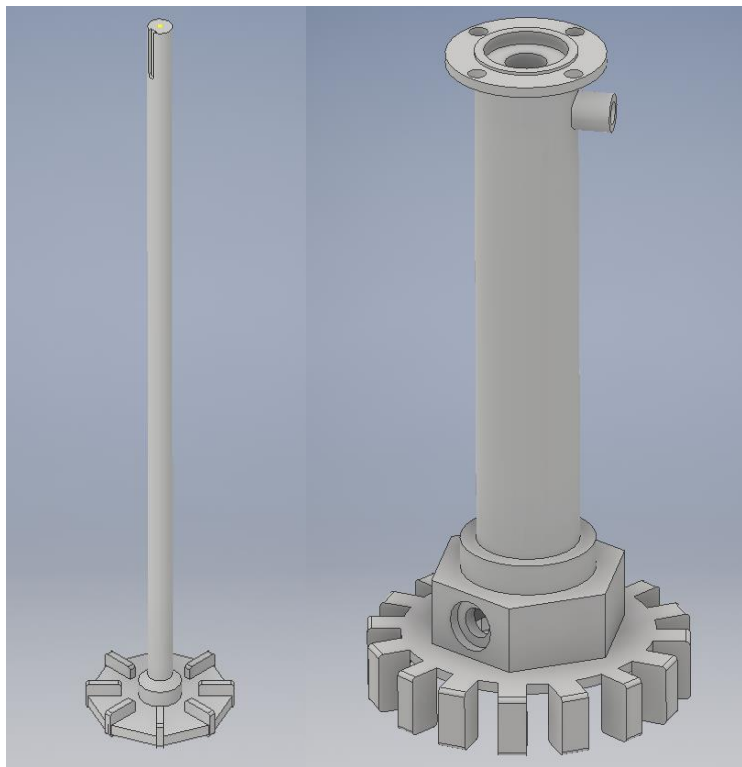


Figura 2- 10 Agitador separado en partes 3D

Fuente: Elaboración Propia

Observamos en las siguientes imágenes lo que se puede llamar por “tapas”, las cuales dos tienen la función de cerrar el estanque por sus costados y la última tiene la función de separar el estanque en dos, cada una de estas tienen la misma medida en tamaño, pero difieren poco en su diseño. También se pueden ocupar como drenaje lateral del estanque, aunque este posee 4 agujeros de drenaje en su estructura. De estas tapas necesitaremos una unidad de cada una.

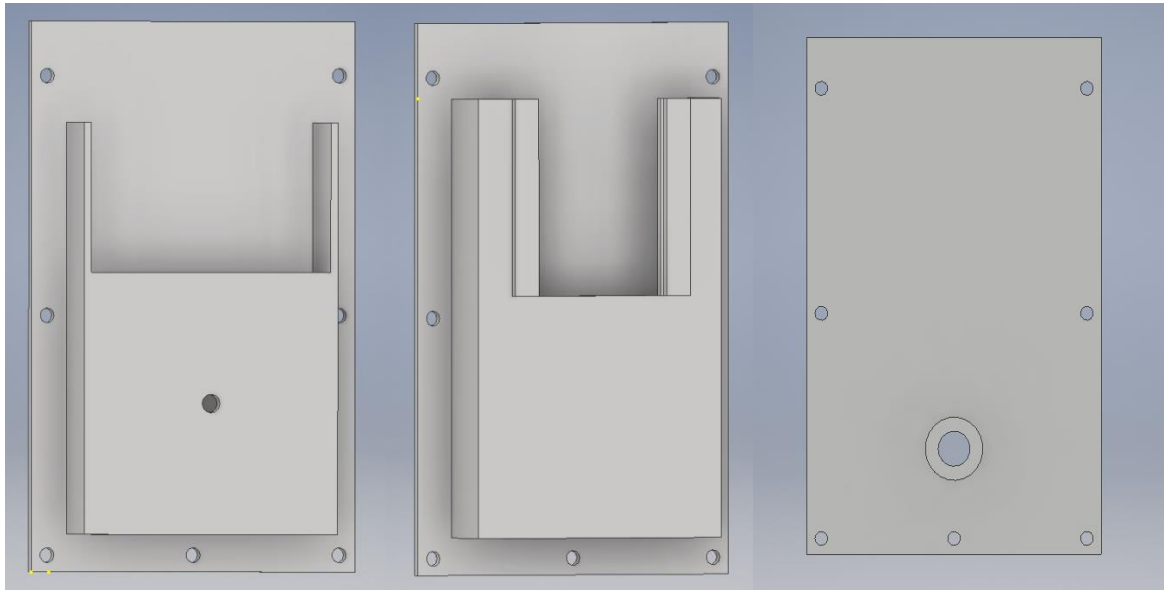


Figura 2- 11 Tapas Celda de Flotación 3D

Fuente: Elaboración Propia

Todas las piezas anteriores, véase Figura 2- 9, Figura 2- 10, Figura 2- 11, están en su diseño de Inventor, en las cuales se pueden apreciar como sería su forma final una vez mecanizadas, el diseño está hecho para que cada pieza se pueda unir entre sí con las piezas que no fueron necesarias recuperar y que es posible reutilizar, las cuales están ubicadas en el laboratorio de Mantenimiento en dependencias de la universidad.

En su totalidad, las piezas que están diseñadas en Inventor/AutoCAD forman alrededor de un 70% del total de la celda de flotación Denver sub-A, incluyendo el motor eléctrico, las correas, rodamientos, pernos y tuercas que quedaron inutilizables. Tal porcentaje es el que se tiene que mecanizar de nuevo de la celda completa, véase en *B.1 Plano Estanque*, *B.2 Plano Impulsor y Vástago*, *B.3 Plano Estator*, *B.4 Plano Tapa 1*, *B.5 Plano Tapa 2* y *B.6 Plano Tapa 3* corresponderán a este porcentaje de piezas a recuperar, dejándonos un 30% de las piezas aproximadamente que volverán a tener su uso dentro del sistema, de lo cual podemos rescatar el reductor, el sistema de poleas y las paletas de recolección en conjunto con algunos pernos y tuercas que aún conservan su utilidad.

La siguiente imagen muestra un diagrama de dos celdas de flotación Sub-A, la primera es similar cual a la celda que tenemos en proceso de recuperación, y la segunda solo se diferencian en que esta posee un impulsor más, por lo que tiene más capacidad para hacer el proceso de la flotación.

De la primera celda podemos observar cómo sería un plano de construcción total, generalmente podría ser encontrado en algún tipo de manual, el cual no posee nuestra celda. Gracias a esta imagen podemos tener referencias de las piezas y repuestos que se recuperaron (véase Anexo B: Planos de piezas enteras) y los cuales se desecharon y volverán a mecanizar desde cero.

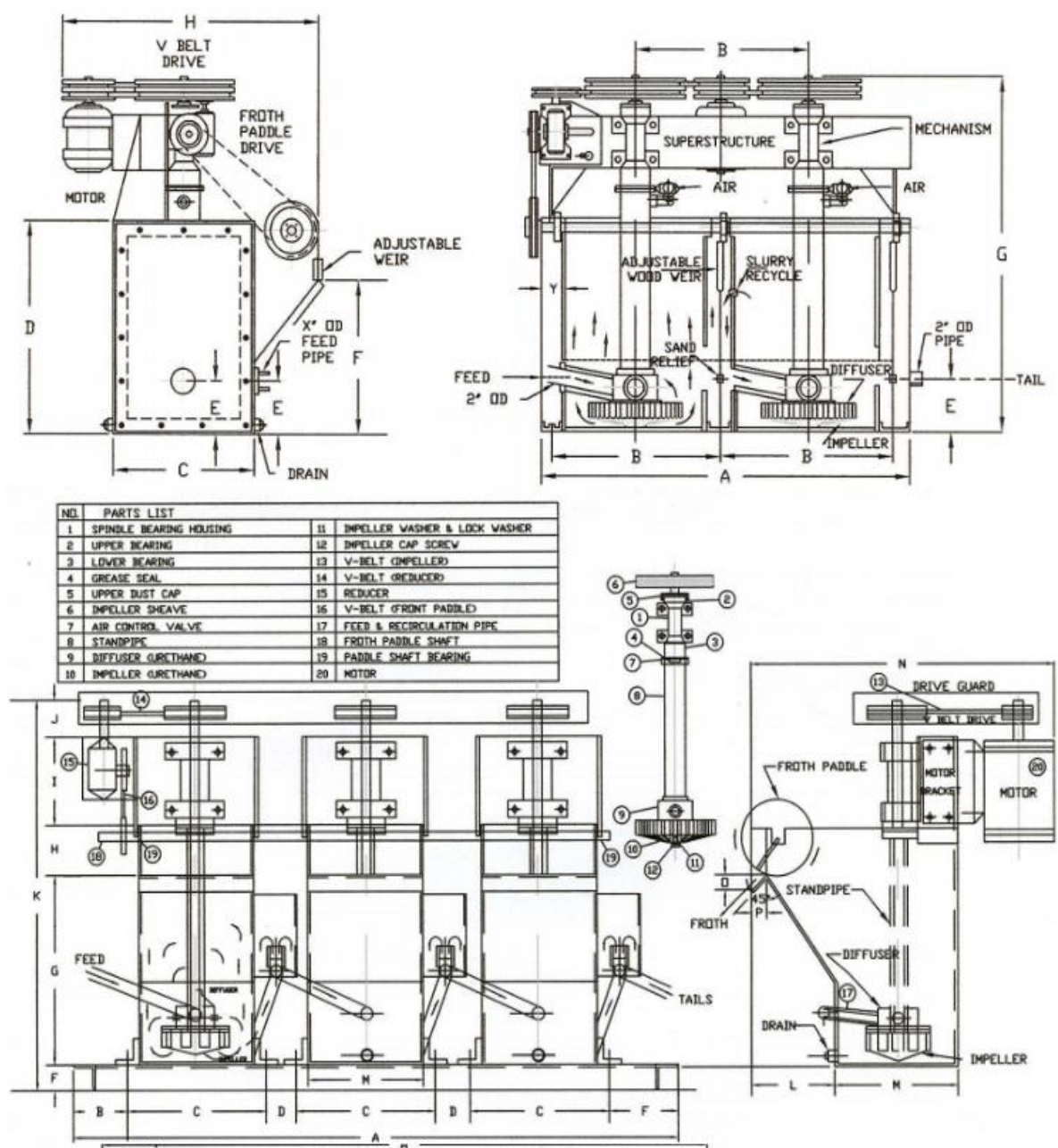


Figura 2- 12 Diagramas Celdas de Flotación Denver Sub-A

Fuente: <https://www.911metallurgist.com/blog/sub-a-flotation-cells>

CAPÍTULO 3: PROPUESTAS ECONÓMICAS A RECUPERACIÓN

3. PROPUESTAS ECONOMICAS A RECUPERACION

Al realizar la propuesta se debe resolver la parte económica de esta y como debe ser correctamente planteada para así ahorrar la mayor cantidad de dinero y tiempo a disponer. Con esto se verán las distintas cotizaciones y a las diferentes propuestas a las que conducen.

3.1. COTIZACIÓN DE MATERIALES

A medida que vamos terminando con las preparaciones necesarias de nuestra celda de flotación, ya sea la limpieza y mecanizado de las piezas en las cuales es posible realizar esta opción, también debemos estar pensando en cotizar los elementos faltantes que necesitaremos para la restauración de nuestra máquina.

3.1.1. Cotización acero inoxidable

Para gran parte de la recuperación o más bien restauración que se debe hacer se usará acero inoxidable, más específicamente acero inoxidable 316, ya que, al poseer un porcentaje de molibdeno en su mezcla, lo hace mucho más resistente a la corrosión producida por los químicos que harán reacción en la celda.

Actualmente en la zona de la quinta región existen pocas empresas que puedan trabajar con acero inoxidable de la forma en que se necesita mecanizar estas piezas, Acerosval es un ejemplo de empresa que trabajan con este tipo de metal, no podía realizar el pedido de las piezas, gracias a la ayuda de un docente de la universidad se pudo realizar un contacto con la empresa "Küpfer", situada en Santiago, la cual se pudo realizar una cotización de varias piezas, pero no de todas en su totalidad, ya que al momento de hacerla se pidieron las planchas con cortes listos, lo cual era imposible para la empresa debido a la dificultad de algunas piezas y sus cortes precisos eran imposibles de realizar.

Después de haber realizado los planos, se hizo gestión para una cotización de los materiales en cuestión (acero inoxidable), con la empresa Aceros Otero, situada en Viña del Mar, en la cual se pidieron los materiales en bruto tanto las planchas, cañerías, barras y trozos para luego poder llevar la materia prima a una empresa que pudiese cortar a pedido de lo que se necesitaba.

Esta cotización de acero inoxidable tuvo éxito gracias a que las piezas de los planos fueron divididas en partes geométricas básicas y mucho más sencillas de mecanizar, por lo tanto, se pidieron planchas acordes al espesor de las piezas, lo mismo con las cañerías, los trozos y las barras. Todo el material fue cotizado en acero inoxidable AISI 316, el cual posee propiedades excelentes

frente a la corrosión y lo hace perfecto para una celda de flotación, ya que al trabajar con químicos y reactivos, esta tendrá una vida útil mucho más larga.

El costo total de la cotización de todo el acero inoxidable es de \$267.724 más IVA, véase *A.1 Cotización Acero Inoxidable*.

3.1.2. Cotización corte por agua para materiales:

Finalmente, las cotizaciones ascenderían a un número mínimo de 2, el acero, los cortes del acero y los adicionales, el corte del acero se debe hacer por separado, ya que la empresa Aceros Otero solo vende planchas, cañerías y barras para nuestra celda, por lo que se debe cotizar en una empresa que principalmente sea de corte de acero inoxidable, lo cual es muy difícil de encontrar en la quinta región.

Ya cotizado los materiales y obtenidos los fondos para estos se procede a comprar la materia prima en Aceros Otero, lugar donde se cotizo todo el acero inoxidable que usaremos en la restauración. Luego de comprar las planchas, trozos, barras y cañerías, la misma empresa procede a despachar los materiales a M5, ubicada en la calle retamo 869 en Valparaíso, es el lugar donde se hará el corte por agua de todas las piezas para la celda, y antes que todo explicar el sistema de corte por agua es imprescindible para saber cómo llegaremos a las piezas perfectamente cortadas.

De un principio la tecnología de chorro de agua es un proceso de corte en frío que corta materiales mediante un flujo supersónico de agua pura, o bien agua con abrasivo y de esta forma erosiona el material. Esta técnica es una herramienta que la gran mayoría de la industria hace en sus trabajos y generalmente se requiere cuando el material no debe tener variaciones de temperatura, o en este caso aumentos de calor.

M5 tiene una cortadora de agua, la cual puede cortar muy detalladamente las planchas y piezas necesarias para armar la celda. Se realiza una cotización por cortes en planchas de 3,5 y 10 mm, más los cortes de la pieza octogonal y la pieza en forma de anillo. En este tipo de procedimientos M5 se especializa por un trabajo limpio y rápido, el cual no tomaría más de dos o tres días, asegurando cortes precisos tales como se les indica. Para hacer su trabajo más fácil se deben exportar las caras de los planos diseñados en Inventor y llevarlos a CAD, con lo cual ellos pueden ingresar en la máquina y poder trabajar sin ningún problema.

Como se ve en la cotización se detallan varios cortes de varios espesores y varias medidas, pero también se agrega al presupuesto una plancha de 5 mm de espesor que no se podía conseguir en Aceros Otero, puesto que era de dimensiones muy pequeñas y no estaba dentro de los estándares de compra. A respuesta de esto la empresa M5 puede conseguir el material requerido y agregarlo

a la cotización, la cual tiene un total de \$305.080 con IVA incluido, véase *A.2 Cotización Cortes de Acero Inoxidable*.

3.1.3. Cotización para soldadura de piezas

La última cotización esencial que debemos realizar es la cotización de la soldadura de nuestra celda de flotación. Al ya tener nuestras piezas cortadas de forma precisa gracias a M5 procederemos a llevar nuestras piezas para que puedan ser ensambladas gracias a la soldadura que se realizara en Achupallas por la empresa Soldaduras Bmax, a la cual previamente nos dirigimos y hablamos con el dueño y se le explico de que consiste el proyecto de recuperación de la celda, de esta forma procedimos a dejarle los planos de las piezas con lo cual él podría obtener una cotización final.

De esta forma el tipo de soldadura que se debe aplicar para unir las piezas de la celda es del tipo TIG (tungsten inert gas), en la cual se utiliza un electrodo de tungsteno para la realización de los cordones. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno, el cual se funde a 3410 C, acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura son el argón y el helio, o mezclas de ambos.

La gran ventaja de este método de soldadura es la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de las otras soldaduras, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión. Además, dicho gas simplifica la soldadura de metales ferrosos y no ferrosos, ya que no requiere el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar. Otra ventaja es la que permite obtener soldaduras limpias y uniformes debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente permite al soldador ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que se puede notar en la calidad de la soldadura. El cordón obtenido es por tanto de un buen acabado superficial, que puede mejorarse con sencillas operaciones de acabado y, además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

Si bien se trató de contratar a gente para que fuera a la universidad a soldar las piezas, no se pudo contactar o generar algún tipo de ayuda de esta forma, también lo que se optó fue por contactar a una maestranza de la quinta región para que pudiesen soldar el acero inoxidable, ya que generalmente en cualquier maestranza es posible la soldadura para inoxidable. Pero finalmente la única empresa que nos da una cotización confiable es Soldaduras Bmax, por un total de \$253.470 con IVA incluido, véase *A.3 Cotización Soldadura Acero Inoxidable*, esta empresa puede soldar todas las piezas para luego sean ensambladas.

Sumando las tres cotizaciones más importantes que serían, la compra del metal, el corte de planchas para realizar las piezas y luego la soldadura de estas ascienden a un total de \$826.274 con IVA incluido, este presupuesto ha de ser presentado en el departamento de mecánica de la universidad para que así se puedan asignar fondos. De no ser posible esta opción lo más probable es que se tenga que hacer con dineros propios, lo cual para un estudiante no siempre es posible. Para el resto de los elementos faltantes, como las correas, rodamientos, se pueden conseguir de modo personal, ya que son mucho más accesibles que las otras cosas al momento de restaurar la celda de flotación.

Generalmente al ser un proyecto para la recuperación de una maquina perteneciente a la universidad se tratan de conseguir fondos de esta, ya que el producto final quedara para ellos y para nadie más, dejando una máquina para la enseñanza de alumnos en formación.

3.1.4. Cotización elementos adicionales:

Al tener cotizados y listos para la compra de los materiales para reconstruir la celda de flotación, necesitaremos comprar ciertos elementos que no son tan difíciles de conseguir como las piezas de acero inoxidable.

Primero que todo es primordial realizar la lista de los elementos que necesitaremos adquirir, algunos los podremos adquirir en una ferretería común y corriente, pero hay algunos de los cuales necesitaremos buscar en otros lugares:

- 3 correas de caucho del tipo V modelo A-27
- Pernos y tuercas de 5, 7, 9 y 12 mm de diámetro, preferentemente AISI 316
- 2 rodamientos de bola de 47 mm de diámetro exterior y 18,5 mm diámetro interior
- Motor eléctrico de 1450 rpm*
- Tubos flexibles de 15 mm diámetro para conexión de aire comprimido
- Herramientas de corte para torno y fresa, especialmente para acero inoxidable

Al ser estos elementos de fácil obtención no tendríamos mucha demora para poder acoplarlos al sistema completo, no obstante, los elementos restantes y los más esenciales para la restauración se pueden demorar más de lo estimado.

Teniendo en cuenta que algunos de los elementos requeridos se pueden obtener en el mismo taller de la universidad para uso de aprendizaje se pueden obviar ciertos gastos, pero al contrario de una cotización que es muy necesaria y de otra forma obligatoria y por lo demás costosa

seria la cotización de un personal el cual pueda soldar el acero inoxidable previamente comprado y ya en instalaciones de la universidad.

3.2. PROPUESTAS PARA RECUPERACIÓN

Para ir cerrando uno de los últimos capítulos, después de saber el funcionamiento básico y de lo que se necesita para poder hacer una nueva o una mejorada celda de flotación y todo lo que incluye, es necesario tener un par de propuestas para el correcto financiamiento del largo proceso que esto incluye. Finalmente tenemos que hacer una comparación de cómo podríamos obtener una celda de flotación nueva o usada, ya sea importada o comprada dentro del país.

3.2.1. Propuesta para recuperación total con previa cotización:

Si bien existen una variedad de posibilidades para recuperar y mantener esta celda de flotación, la opción escogida se lleva a cabo por ser una de las opciones que más influye en el carácter que se necesita para formar a un mecánico/mantenedor, y es ver la posibilidad de crear algo que puede cumplir su función, pero además es algo que tendrá una fácil mantención y no será complicado de arreglar ante posibles fallas.

El diseño tomado para la maquina se asemeja mucho a como lucia antes de estar en condiciones inoperantes. Se trato de recomponer las piezas a su medida original con ciertos cambios que no afectarían su funcionamiento. La diferencia al sistema original era que todas las piezas en si eran un conjunto y lo que se quiso lograr con los nuevos diseños es que en parte todas las piezas sean independientes de cada una y así al momento de fallar alguna parte, esta pueda ser reemplazada sin problema alguno, no obstante esto va a variar de acuerdo a la pieza que este fallando, pero en este caso las más crítica, que vendría siendo el impulsor junto con el vástago que lo une son las piezas que más puede presentar algún tipo de problema.

Para esta problemática la propuesta tomada al ser alumno en vías de titulación es tratar de reducir en lo que más se pueda los gastos y buscar financiamiento por parte de la universidad. Tal objetivo se puede concretar convenciendo a la dirección de mecánica de que el proyecto es viable de forma práctica para la universidad y para el laboratorio de minería en sí.

Se debe exponer todo acerca de lo que se ha hecho para llevar a cabo la reconstrucción de la celda de flotación y explicar paso por paso como llegara a ser restaurada, para luego estimar una cotización que esté al alcance del bolsillo de la universidad. Una vez que se esté aprobado el proyecto se deberá confirmar los fondos necesarios entregados por la universidad para así comenzar a comprar todos los implementos necesarios para empezar la restauración de la celda de flotación.

Si bien preparar los diseños de las piezas para que formen el conjunto de la celda de flotación es algo que es propio del diseño que uno como individuo trata de darle a la máquina, sin embargo, no es totalmente seguro que sea la mejor opción, ya que al ser piezas de forma extraña y anormal para la mayoría de las empresas que trabajan el acero es casi imposible de realizar. Aparte en la quinta región existen pocas empresas que puedan cortar el acero con la forma que uno desee, por lo que lo ideal es que los diseños de las piezas se adecuen a los originales y se mantenga su simplicidad como piezas sin dejar de cumplir su propósito.

Al tener todos los diseños basta solo cotizar en los lugares correctos y hacer todas las gestiones para financiar el proyecto de inicio a fin, desde comprar el metal hasta hacer funcionar la máquina para que esta quede en esta funcional dentro de las instalaciones de la universidad. Una buena idea es cotizar en varias partes pero que queden cerca unas de otras, para que así el transporte de piezas sea mucho más fácil y no se creen problemas por esta condición, cierto esta que una de las únicas empresas que hacer cortes con agua en la región es M5, dicha empresa está ubicada en Valparaíso, por lo cual si todo lo cotizado está dentro de esa zona sería lo óptimo para realizar el trabajo.

3.2.2. Propuestas de reemplazo:

Al tener ya la propuesta principal para la recuperación de la celda, necesitaremos tener algún plan de apoyo por si no es posible, a continuación, las propuestas que se explicaran son improbables, pero no del todo imposible, ya que lo que más demandan es tiempo y dinero. De todas formas, se explican ya que no solo hay que tener una sola propuesta, siempre debe haber un “backup”.

Una de las primeras propuestas adicionales que se planeo es el comprar directamente los repuestos para una celda de flotación, modelo denver sub a, la cual se puede encontrar en diversas partes por internet. Pero existen varias problemáticas con esta opción, una de ellas es que todos los sitios de compra de estos repuestos son extranjeros, al no ser de esta forma, se hace mucho más complicado el envío ya sea por costo y por el tiempo necesario. Otra problemática es el costo mismo de los repuestos, los cuales pueden ascender a los miles de dólares, de los cuales no se poseen el presupuesto para ello, ya que, al ser financiado por la universidad, el proyecto tiene un límite de dinero del cual se puede gastar y el precio de los repuestos sobrepasan por mucho este presupuesto. Toda compra internacional estaría siendo una propuesta complicada y no viable.

Otra de las propuestas es construir moldes de las piezas necesarias a mecanizar, pero de todas formas esto trae varios inconvenientes al trabajo, no se posee de los materiales para hacer los moldes ni el lugar donde se pueda llevar a cabo la construcción de piezas con dichos moldes, esta propuesta de recuperación es más bien el trabajo que podría llevar a cabo un técnico matricero, pero no es del tema en que se enfoca el título.

Una última propuesta para un reemplazo total de la celda es algo parecida a la primera propuesta de backup que vendría siendo la compra de repuestos para la celda, pero en este caso se podrían obviar los repuestos y comprar directamente la celda de flotación completa y nueva desde el extranjero, claro está que los valores serían mucho más elevados a como compraríamos los repuestos, pero se tendría una celda de flotación nueva y funcional de un principio. Se deja esta última propuesta como un plan para la universidad que posea los fondos y tenga la necesidad extrema de adquirir una celda a toda costa, puesto que al ser muy costosas estas demandarían un gran gasto que un simple alumno en vías de titulación no podría sustentar.

En la siguiente imagen podremos observar parte de un catálogo de varias celdas de flotación y en lo que parece uno de los únicos repuestos que podríamos encontrar para estas máquinas sería el estanque, el cual solo cuesta 777 USD. En el resto de las imágenes apreciamos una amplia variedad de celdas de flotación de todo tipo y que pueden llegar a costar hasta 50.000 USD, todo este catálogo se puede encontrar en la página de la empresa 911 Metallurgist, empresa especializada en venta de insumos para todo el campo de la minería, desde equipos de laboratorio hasta maquinarias más grandes y de mayor volumen.

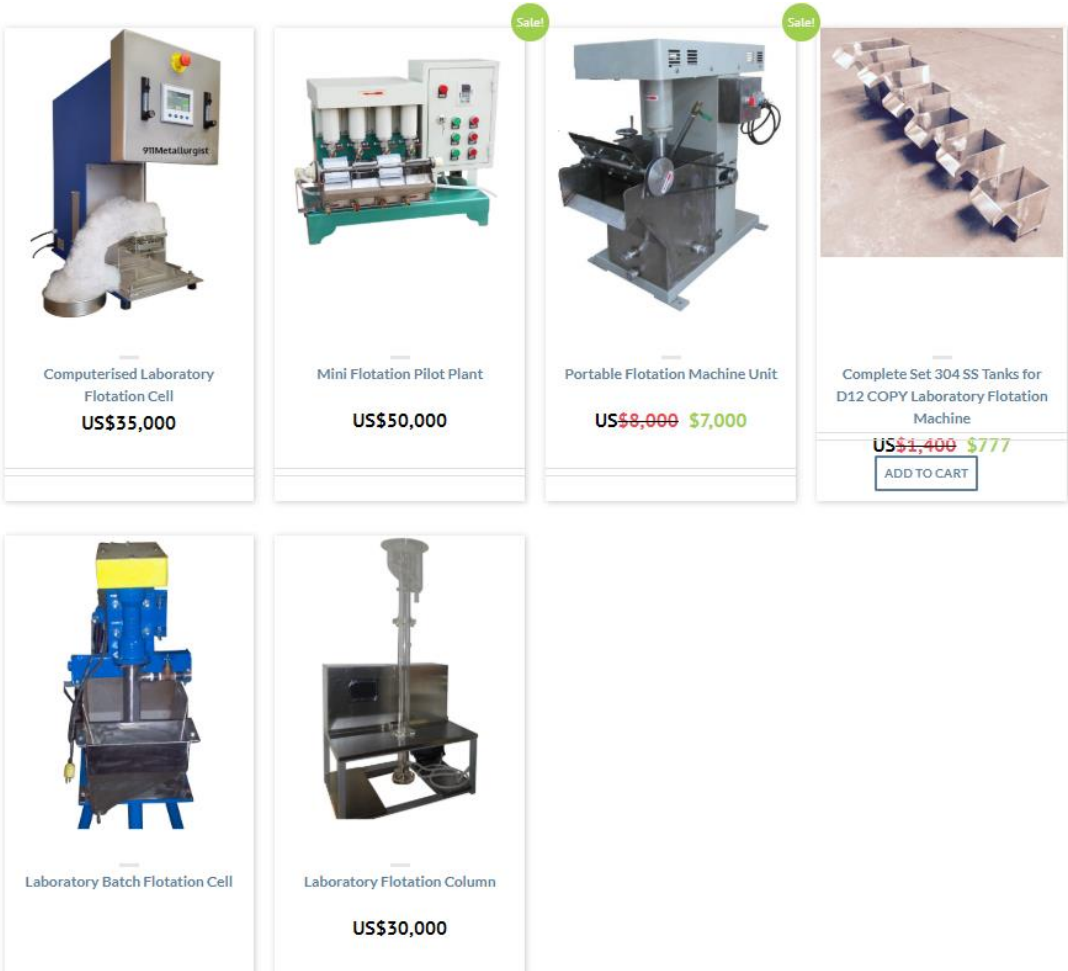


Figura 3- 1 Catálogo Online Celdas de Flotación

Fuente: <https://www.911metallurgist.com/equipment/laboratory/flotation-machines/>

Se observa a continuación un catálogo de celdas de flotación denver sub-a a la venta a través de 911 Metallurgist, y por lo que se puede apreciar venden las funcionales celdas de flotación de las que trata este trabajo o al menos podemos observar parecidos, pero al ver los precios podemos observar que la más económica tiene un valor de 5.500 USD, lo cual equivale a \$3.875.650. Lo que claramente esta fuera del alcance de un estudiante común, además no es el precio final de la máquina, ya que hay que agregarle los impuestos de importación y el envío, y si es de esta forma aproximando un valor serian 1.000 usd más, haciendo que la maquina tenga un costo elevadísimo incluso para la universidad.



911 Metallurgist
Process Equipment

Mineral Processing Laboratory Equipment - From the BEST MANUFACTURERS
Small Mining Equipment for Gold, Silver, Copper, Zinc, Lead ... all Metals

LOGIN | CART / US\$0  [Contact Us](#)

GOLD RECOVERY ▾CRUSHINGCLASSIFICATIONGRINDING ▾FLOTATION ▾LEACHING ▾LABORATORY ▾
PLACER MININGHARDROCK PROCESSING PLANTSPUMPINGDEWATERINGSMELTING ▾PULVERIZING

LABORATORY FLOTATION MACHINES

Sale!



Laboratory Flotation Machine
911MPE-D12-A
~~US\$7,500~~ \$6,500



Laboratory Flotation Machine
911MPE-D12-C
US\$5,500

Sale!



Laboratory Flotation Machine
911MPE-D12-M
~~US\$6,500~~ \$6,000



Denver D12 Laboratory
Flotation Machine

Figura 3- 2 Catálogo Online 2 Celdas de Flotación

Fuente: <https://www.911metallurgist.com/equipment/laboratory/flotation-machines/>

Lo excelente de estas celdas, es que la gran mayoría son modelos recientes, por lo que son más amigables en el sentido de tecnología, pueden manejarse más fácilmente que un modelo antiguo y al venir nuevas, tendrán un manual de cómo hacerles mantenimiento y futuras reparaciones, lo cual con la celda que está en vías de recuperación no existe. Este documento es de gran ayuda y es esencial para conocer más de la máquina que se ha adquirido, todos los parámetros vendrían incluidos y también los diferentes tipos de funcionamientos y repuestos que pueden usar, ya que generalmente estas máquinas más recientes poseen la capacidad de poder cambiar piezas

43

para así hacer diferentes tipos de flotación dependiendo de los elementos involucrados. Generalmente vienen con impulsores de diferentes tamaños y formas.

Dejando de lado las características de las excelentes celdas nuevas que se pueden adquirir, se necesita hacer una comparación de precio entre nuestras cotizaciones para la restauración de la celda y con una nueva y el costo que esta tendría, luego se explicarían las ventajas y desventajas que esto conlleva, pero antes hay que hablar de precios.

A continuación, se da a conocer tabla comparativa de costos asociados a la recuperación de celda de flotación:

Tabla 3- 1 Comparación Precios Celda Recuperada Vs Nueva

Descripción Productos/Servicios	Total Neto	Total C/IVA	Precio Final
Compra de acero inoxidable	\$224.978	\$267.724	\$826.274
Corte de acero inoxidable	\$256.370	\$305.080	
Soldadura acero inoxidable	\$213.000	\$253.470	
Celda Flotación para laboratorio 911 MPE-D12-C	\$3.875.650	\$4.612.023	\$4.612.023
Celda Flotación para laboratorio 911 MPE-D12-A	\$4.524.000	\$5.383.560	\$5.383.560
Celda Flotación Computarizada	\$24.342.850	\$28.967.991	\$28.967.991

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se aprecia la diferencia de precios entre los procesos de restauración y los valores de dos celdas de flotación nuevas, las cuales son mucho más elevadas.

La cotización de acero, cortes y soldaduras nos da un total de \$826.274 con IVA incluido, a lo cual se le deben sumar los otros repuestos, herramientas de corte especiales, y pintura si se quiere dejar la máquina de un color uniforme y así más presentable ante el alumnado y los docentes. Aproximando el valor de estos repuestos más las cotizaciones que son lo más importante y se le da más relevancia, tendríamos un valor aproximado total de \$1.000.000 con IVA incluido.

Comparando este valor con la celda de flotación más económica que tiene un valor neto de \$3.875.650 y sin tomar en cuenta los valores de envío más el IVA que se necesitara pagar a lo cual podemos sumar muchos pesos más, teniendo en cuenta las dimensiones y el peso de la celda. Si solo comparamos el valor neto de la celda podremos observar que existe una diferencia de \$2.875.650, lo cual nos lleva a pensar que este tipo de maquinaria por lo más básico que sea su

funcionamiento y construcción son muy costosas incluso para una universidad, aun así, pueden ser una inversión para una carrera como lo es minería.

Aunque si se llegara a hablar de una inversión podríamos tomar el ejemplo de una celda computarizada, la cual también se puede observar en la primera imagen de este catálogo, el valor de dicha celda asciende hasta los 35.000 USD, aproximadamente \$24.342.850, lo cual excede por muchos millones el presupuesto que tenemos para poder recuperar nuestra celda.

3.3. PROCESOS EXTRA DE MECANIZADO

Para el momento de tener la mayoría de las piezas cortadas, habrá un par de ellas que se mecanizaran en la universidad o bien en una maestranza antes de ser soldadas. La barra de acero de 1000 mm que servirán de vástagos del agitador necesita cortarse en dos secciones de 500 mm, por lo que necesitaremos una trozadora para poder cortar el acero inoxidable. Las tuberías de acero también deben cortarse en dos dimensionados iguales de 250 mm como indican los planos en el anexo.

Al igual que los trozos de cortados de forma octogonal de 85 mm de largo que servirá para el proceso de aireado de la mezcla, se deben realizar dos agujeros en dos caras diferentes de estos, además de agrandar una parte haciendo una perforación dentro de la perforación ya hecha, todos estos trabajos deben ser realizados en un torno, con la herramienta para acero inoxidable para que funcione de manera óptima.

Siguiendo las operaciones de torno se deben mecanizar las piezas de unión del vástago con impulsor, como se indican en sus planos correspondientes, y también la tapa del estator necesita desbaste por una cara. Serán operaciones básicas para un personal calificado en tornería.

A continuación, se deja como referencia una tabla con la velocidad de corte para desbaste y acabado en tornería, tomando como parámetro el acero inoxidable. Para estas operaciones se usarán las herramientas de corte anteriormente cotizadas, ya que esta herramienta de corte posee propiedades diferentes al tratarse de un metal diferente.

MATERIAL		HERRAMIENTA	DESBASTE			ACABADO		
			V_c [m/min]	a_p [mm/rev]	p_f [mm]	V_c [m/min]	a_p [mm/rev]	p_f [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	$\sigma_b \leq 50$ 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_b 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_b 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	$\leq 1,5$
	$\sigma_b \approx 100$	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

Figura 3- 3 Tabla para Desbaste/Acabado en Torno

Luego de ser mecanizados en torno, los vástagos pasarán a una fresadora con herramienta de corte especial para acero inoxidable, con esta haremos el canal chavetero, el cual tendrá un largo de 30 mm, un ancho de 5 mm y una profundidad de 2 mm, como indican en los planos correspondientes Para ambos vástagos se debe realizar la misma operación. Es una aplicación simple y fundamental en el fresado, la cual es llamada ranurado, por el hecho de hacer una ranura dentro del vástago

En la próxima imagen se observa una tabla con las máximas velocidades de uso y el diámetro de la cabeza de la fresa para diferentes tipos de metal, obviaremos el resto y solo se enfocará en los valores que aparecen para acero inoxidable

Material	Velocidad corte v (m/min)		Velocidad avance a (mm/min)
	Desbaste	Acabado	
Cobre y aluminio	60-80	80-100	80-120
Bronce común	25-28	35-40	80
Acero dulce	16-20	25-30	60
Acero semiduro	12-16	18-22	30
Acero duro	10-15	16-18	25
Acero muy duro	8-12	13-15	20
Fundición gris	12-15	18-20	45

Figura 3- 4 Tabla Velocidad de Corte Fresadora

Fuente: <https://www.monografias.com/trabajos104/factores-corte-fresado/factores-corte-fresado2.shtml>

A continuación, se muestran varias fórmulas por las cuales se puede calcular el avance en el fresado, lo cual es imprescindible para un trabajo exitoso.

Donde:

a_v = avance por vuelta o carrera (mm).

a_{min} = avance por minuto (mm/min): **Velocidad de avance**

N = velocidad de giro en rpm (rev/min = 1/min).

El avance cuando se trata de un **fresado** se puede expresar de tres maneras:

- a_{min} : **Avance por minuto**
- a_v : **Avance por vuelta**
- a_z : **Avance por diente**

$$a_v = a_z \cdot Z$$

$$a_{min} = a_v \cdot N = a_z \cdot Z \cdot N$$

Z = número de dientes cortantes de la fresa

$$a_{min} = a_v \cdot N \text{ (mm/min)}$$

$$a_v = \frac{a_{min}}{N} \text{ (mm)}$$

Figura 3- 5 Fórmulas Avance en Fresado

Fuente: <https://es.slideshare.net/CIEZAKAR/fundamentos-de-corte>

Para este mecanizado que se tiene pensado realizar dentro de las dependencias de la universidad necesitaremos materiales adicionales que la universidad puede que no posea dentro de sus talleres de banco. Primero para realizar las operaciones de torno y fresado se usarán herramientas de corte especiales que pueden ser obtenidas en maestranzas o bien en algún proveedor que este especializado en artículos de este tipo.

Para estas operaciones es necesario liquido refrigerante especial, ya que, al trabajar con acero inoxidable, el tipo de líquido especial se verá en necesidad de compra, al igual que el guaípe para la limpieza.

Todos estos insumos se deberán sumar a una cotización para insumos y elementos adicionales véase 3.1.4. *Cotización elementos adicionales*:. Todos estos insumos extra, si no alcanzan con el presupuesto previo de la universidad se podrían costear de forma personal, ya que no son tan costosos como los servicios de corte o soldadura, es algo en lo que mas que nada se puede ahorrar al no mandar las piezas a una maestranza para estas mecanizaciones. Se deberá contar con apoyo de personal del taller los cuales nos instruirán para realizar un trabajo optimo y sin problemas. Luego de tener listas las piezas se deberá hacer un estudio de cuanto fue las horas/hombre que se destinaron a tales operaciones, para así sacar un cálculo total de cuanto se demoraría el recuperar la celda de flotación por completo, sumándole los tiempos de demora que se tardaran en las cotizaciones y servicios, véase *Anexo A: Cotizaciones*.

3.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RESTAURACIÓN

3.4.1. Ventajas:

Al ya estar completamente restaurada la celda de flotación podemos observar una considerable mejora mecánica y estética, ya con el solo hecho de que esté funcionando nos da a conocer que la restauración fue un éxito y que la maquina funciona sin ningún problema. Al mismo tiempo pasó de verse oxidada y casi consumida por la herrumbre acumulada a casi parecer nueva, ya que aún conserva partes antiguas, pero estas dan a conocer que la maquina está vigente aun y que estéticamente mejoró en todo sentido.

La gran mayoría de componentes nuevos hacen que la celda tenga una vigencia muy grande, si es bien cuidada puede que dure por muchos años más, ya que el metal usado es especial para operaciones mineras, en las cuales interfieren varios tipos de químicos. Aparte de los materiales usados, los cortes son de precisión tal como si fueran piezas originales y la soldadura está hecha a medida por expertos en soldadura de acero inoxidable, lo cual poca gente puede lograr y a tan buen acabado.

Si bien se gastó mucho dinero en la recuperación de la maquinaria y sus componentes, no se pueden llegar a comparar en el caso de comprar una nueva, ya que estas pueden llegar a ser seis o siete veces el precio de la restauración de una, y llegan a cumplir con el mismo propósito, por lo que, al tratarse de una ventaja económica, restaurar una celda antigua es mucho más barato que comprar una nueva o usada, teniendo en cuenta los valores asociados a la *Tabla 3- 1*, nos ahorraríamos \$2.875.650 solo por la celda más barata, en comparación a la celda computarizada que es la más caras el ahorro monetario asciende a los \$28.967.991 aproximadamente. Por lo que la ventaja económica se puede apreciar en todo su esplendor al momento de tratar con una restauración del tipo que se está realizando o se ha realizado.

La ventaja monetaria es lo principal que se puede rescatar de todo el proceso que incluye la restauración, pero además de eso, hay una ganancia en conocimiento, el cual el alumno en vías de titulación aprende en el momento de hacer cada plano o de ir a una empresa a realizar cotizaciones, todo es un aprendizaje y lo que más se rescata es la conservación de un patrimonio que es la antigua celda de flotación ahora restaurada. El tratar con gente nueva y conocer las experiencias de poder fabricar algo que se está formando desde uno y que está proyectado para los demás y su enseñanza.

De esto se puede rescatar una de las finalidades más acogidas por los mecánicos que es el poder de la restauración de lo antiguo y el valor tanto sentimental como patrimonial que puede llegar a tener la celda.

3.4.2. Desventajas:

Como ya sabemos, el proceso de restauración fue más largo de lo esperado, debido a muchas complicaciones y contratiempos que al final entenderemos como fallas humanas que ya de por si difíciles de evitar, o bien son muy impredecibles.

Para llegar a completar la celda se tuvo que pasar por cosas que en si piden mucho tiempo, ya de principio se debía observar la máquina y ver que se podría hacer con ella, luego de inspeccionarla el desarme de esta no fue lo más fácil que se haya hecho, puesto que como las piezas estaban tan corroídas por la herrumbre, estas se habían pegado entre si y por tanto fue muy difícil el separarlas. Ya separadas las piezas se debía tomar medidas de aquellas que necesitaban mecanizarse desde cero, lo cual era aproximadamente el 70% de toda la celda de flotación, en esto se debía ser muy meticuloso con las medidas, estas tenían que ser exactas o bien que pudiesen coincidir con el resto de las piezas que se encontraban en buen estado.

De aquí en adelante es diseño de planos en programas, lo cual para un estudiante que posee pocos conocimientos de las aplicaciones para dibujar en 3D es bastante complicado, pero con tiempo se pudieron realizar los planos necesarios de todas las piezas restantes.

Las cotizaciones de todos los tipos que se tuvo que realizar igual costaron una buena cantidad de tiempo y organización, por lo que como principal desventaja es el tiempo empleado en cada situación que se tuvo que pasar, el tiempo en todas las situaciones fue mucho y el transporte de un lugar a otro de las piezas, todo esto influye como una desventaja al momento de realizar la restauración. Aparte el número de cotizaciones que se tuvo que hacer y casi todas en lugares diferentes y a distancia unos con otros. Podría haber sido mejor cotizar todo en un solo lado y que se mecanizara todo en un solo lugar con una sola cotización, pero eso no es posible en casi ningún lugar conocido, un lugar donde vendan el metal, lo corten y además los puedan soldar.

Generalmente este trabajo podría haber sido obviado y se podría haber comprado una celda nueva o usada en buen estado, pero el valor monetario de esta seria cinco o seis veces más caro de lo que cuesta la restauración hecha, véase en la *Tabla 3- 1*, donde la celda nueva tiene un valor de \$3.875.650, eso sin contar con el IVA, con lo cual su valor ascendería a un total de \$4.612.023, dejando una diferencia en comparación con la recuperación a un total de \$3.612.023 aproximadamente. A estos valores se le deberá sumar el contrato de un agente de aduana para que haga todos los procedimientos con el envío, el cual tendrá un valor aparte que se conoce en el momento que se tiene que realizar la importación.

Esto teniendo en cuenta que la celda no posee la misma capacidad en litros, ya que solo tiene un estanque, por lo que también vendría siendo una desventaja al momento de comprar una celda nueva.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En principio hubo poca claridad del estado en que se encontraba el equipo, lo cual requirió de gran esfuerzo a la hora de caracterizarlo de forma adecuada. Esto arrojó la necesidad de establecer mayores consideraciones en el momento de planificar su recuperación y su posterior uso, la cual se plantea para una ejecución futura siempre teniendo presente la posibilidad de financiamiento disponible para el cumplimiento de dicho objetivo.

La recuperación de la celda de flotación se vislumbraba como una tarea sencilla, que con el avance de su estudio fue presentando complicaciones debido a la incapacidad de sus componentes de poder funcionar correctamente debido al enorme desgaste que presentaban. Se estableció que solo un 30% de la totalidad del equipo se encontraba en condiciones de recuperación, teniendo que obtener de algún modo las otras componentes, mecanizándolas a partir de comprar los materiales en bruto y solicitar el servicio a externos, u obtener los repuestos de forma directa.

Al desconocer más detalladamente del tema de la flotación minera se vio en el deber de investigar más allá de los conocimientos propios que se tienen acerca de esta operación. Con el hecho de indagar acerca de los diversos tipos de celda y funcionamientos en el proceso de flotación como también de los peligros que puede causar una ejecución a gran escala. También el conocer el estado del equipo es importante, con una simple inspección podemos darnos cuenta e inferir todo el trabajo que se tendrá que realizar, ya que se deberá desechar un 70% de toda la máquina.

Para el momento que ya se este planeando una propuesta de recuperación mediante los diversos análisis efectuados en la máquina como se menciona en el punto anterior, es recomendable desarmar la celda con el mayor cuidado ya que al estar las piezas tan corroídas por el óxido esto hace que se vuelvan más frágiles y se rompan al momento de sacarlas de su lugar, esto se vivió al momento de tratar de sacar un agitador el cual estaba pegado al estanque junto con kilos de desechos que no se limpiaron después de una flotación. El medir cada pieza con detenimiento es importante, se recomienda usar siempre el pie de metro cuando se pueda, para así obtener una aproximación lo mas cercana a los valores reales, ya que esto se verá reflejado en el momento el cual se deban armar nuevamente las piezas y tendrán que coincidir en lo mismo que se desarmo con anterioridad.

Como recomendación final para una propuesta siempre se recomendará escoger lo más accesible, que en este caso será la recuperación vía mecanizado de piezas desde cero, hechos los estudios económicos pertinentes como las cotizaciones, visto todo en el capítulo número tres y explicado con mucho detalle, en las cuales los valores pueden variar, pero siempre se recomienda comprar en lugares de confianza y que tenga la seguridad que los materiales y servicios a obtener serán 100% realizables, al momento de escoger empresas para el corte del material, generalmente se usara a M5, puesto que es una de las únicas empresas en la región que tiene el corte por chorro

de agua. Para otro tipo de cotizaciones esta la opción de consulta con algún docente del departamento de mecánica, ellos siempre tendrán mas contactos que uno como alumno y pueden ayudar en encontrar diferentes lugares para comprar materiales o conseguir los servicios que se requieren.

Como modo de cerrar todos los capítulos se puede inferir que esta propuesta servirá para un trabajo de título a futuro, que vendría siendo la ejecución del plan, ya que se demuestra que es totalmente viable si existen los medios de financiamiento, dicha labor podría consistir en la ejecución de la propuesta de recuperación y puesta en marcha de la celda de flotación, lo mas factible seria presentar de forma mas detallada el presupuesto requerido y que la universidad se vea en la necesidad de costear el proyecto, para lo cual se podría tomar como referencia este trabajo realizado. Naturalmente al trabajo se le podrían hacer ciertas modificaciones en los materiales a usar, ya que al ser una máquina de laboratorio será necesario poder observar el proceso de flotación, por lo que el material del estanque debería cambiarse a acrílico, manteniendo de todas formas el diseño, dejando así una celda totalmente funcional para laboratorio. De forma obvia, esto causará un cambio en las cotizaciones del material, pero no habrá un cambio drástico en los valores de corte, cambiaran algunos valores de soldaduras y en algunos materiales extras, por lo que el valor total pueda que baje o se mantenga dependiendo de como sea el costo de lo que se cambie.

BIBLIOGRAFÍA

www.elo.jmc.utfsm.cl/ubicacion
www.911metallurgist.com/metalurgia/equipos-de-flotacion
www.codelcoeduca.cl
https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulfh%C3%ADdrico
www.911metallurgist.com/blog/flotation-machines
www.911metallurgist.com/blog/sub-a-flotation-cells
www.911metallurgist.com/equipment/laboratory/flotation-machines/
[www.eltallerderolando.com/wp-content/uploads/2011/10/VELOCIDAD-DE-CORTE-
PARA-TORNO.jpg](http://www.eltallerderolando.com/wp-content/uploads/2011/10/VELOCIDAD-DE-CORTE-PARA-TORNO.jpg)
www.denvermineral.com/Pdfs/DECOAAPCS.pdf

Anexos

Anexo A: Cotizaciones

A.1 Cotización Acero Inoxidable



Razón Social: Otero y Dominguez Ltda.
Rut: 88.855.300-2
Giro: Compra y Venta Aceros

Cotización # 1063457
Fecha: 21/06/2019
Contacto: Rodrigo Gomez (Vendedor)

Nombre:
Empresa: UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
Teléfono: 32-2654542
Condición de Pago: CC 30 Dias

Rut: 81.668.700-4
Email:

#	Cantidad	U/M	Código	Descripción ítem	Largo MM	Ancho MM	Precio	Total
1	1	CU	EX-CE-A316-010	PL. DIM INOX-316 N°41 10MM (400mm x 320mm)			54.231,00	54.231
2	1	CU	EX-CE-A316-003	PL. DIM INOX-316 N°41 3MM (520mm x 580mm)			38.343,00	38.343
3	1	CU	EX-CE-A316-003	PL. DIM INOX-316 N°41 3MM (400mm x 630mm)			32.041,00	32.041
4	1	CU	003001_0050-010	CANERIA CON COSTURA 304L 2" SCH-10 (1 Trozos de 1000mm)	1000		14.150,00	14.150
5	1	CU	002026_009.5248	AC. INOX.316 R 3/8 (1 Trozos de 1000mm)	1000		4.463,20	4.463
6	2	CU	002026_101.5980	AC. INOX.316 R 4" (2 Trozos de 30mm)	30		15.302,40	30.605
7	2	CU	002026_031.7494	AC. INOX.316 R 1.1/4 (2 Trozos de 30mm)	30		1.058,30	2.117
8	1	CU	002026_063.4988	AC. INOX.316 R 2.1/2 (1 Trozos de 60mm)	60		8.355,00	8.355
9	1	CU	EX-CE-A316-003	PL. DIM INOX-316 N°41 3MM (500mm x 640mm)			40.673,00	40.673

OBSERVACIONES

COTIZACIÓN VALIDA POR 5 DÍAS HÁBILES

Subtotal (Peso)	224.978
Total Descuento	0
Porcentaje Descuento	0 %
Total Neto (Peso)	224.978
Total C/IVA (Peso)	267.724

53

A.2 Cotización Cortes de Acero Inoxidable



Rapidez, Eficiencia y Tecnología a su servicio

M5 Soluciones Industriales y
Mecánicas Ltda
Retamo 869
Valparaíso CL05101 2340000
Chile

Dirección de facturación y de envío:
Patricio Bastías Gallardo

Presupuesto N° NV6547

Su referencia:	Fecha de presupuesto:	Emitido por:	Forma de pago:
cortes inox - actualizado	28/06/2019 12:05:20	Pablo Reveco	50% Anticipo y 50% Contraentrega

Descripción	Impuestos	Cantidad	Precio unidad	Desc. (%)	Precio
Cortes inox 10mm, 38 piezas. No incluye material	IVA 19% Venta	1	88.570	0	\$ 88.570,00
Cortes inox 5mm, 16 piezas 25x20mm. No incluye material	IVA 19% Venta	1	8.400	0	\$ 8.400,00
Cortes inox 3mm, 10 piezas. No incluye material	IVA 19% Venta	1	54.600	0	\$ 54.600,00
Cortes inox 30mm, octágono 85x85mm y perf 47mmØ. No incluye material	IVA 19% Venta	2	28.600	0	\$ 57.200,00
Cortes inox 15mm, anillo 64mm Ø exterior y 49mm Ø interior. No incluye material	IVA 19% Venta	2	14.800	0	\$ 29.600,00
[Material Para trabajos] Material de trabajo inoxidable 5mm	IVA 19% Venta	1	18.000	0	\$ 18.000,00
Importe Neto					\$ 256.370,00
Impuestos					\$ 48.710,30
Total					\$ 305.080,30

Plazo de Entrega: 4 días, este plazo debera ser confirmado con nuestra empresa una vez emitida la orden de compra, efectuado el anticipo y recibidos los materiales en nuestra bodega.

Forma de pago: 50% Anticipo y 50% Contraentrega:

Datos para Transferencias Bancarias:

M5 Soluciones Industriales Ltda.
Banco BCI - Banco de Credito e Inversiones
Cuenta Corriente N° 52998410
RUT 76170547-4
Mail: info@solucionesm5.cl

Teléfono: +56 32 2128814 - +56 32 3355616 | Email: info@solucionesm5.cl | Sitio web: http://www.solucionesm5.cl
Página: 1 / 2

Eduardo Yañez #255 Paradero 1 Achupallas, Viña del Mar.
Correo: contacto@soldadurasbmax.cl
Sitio Web: www.soldadurasbmax.cl
Teléfono: 976536572 / 973349246

Cliente: Patricio Bastias
 Empresa: UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
 RUT: 81668700-4
 Dirección: no especifica
 Correo: patobastiasggmail.com
 Telefono: no especifica

FECHA	7/18/2019
COTIZACIÓN #	PatB01
VALIDO HASTA	7/25/2019

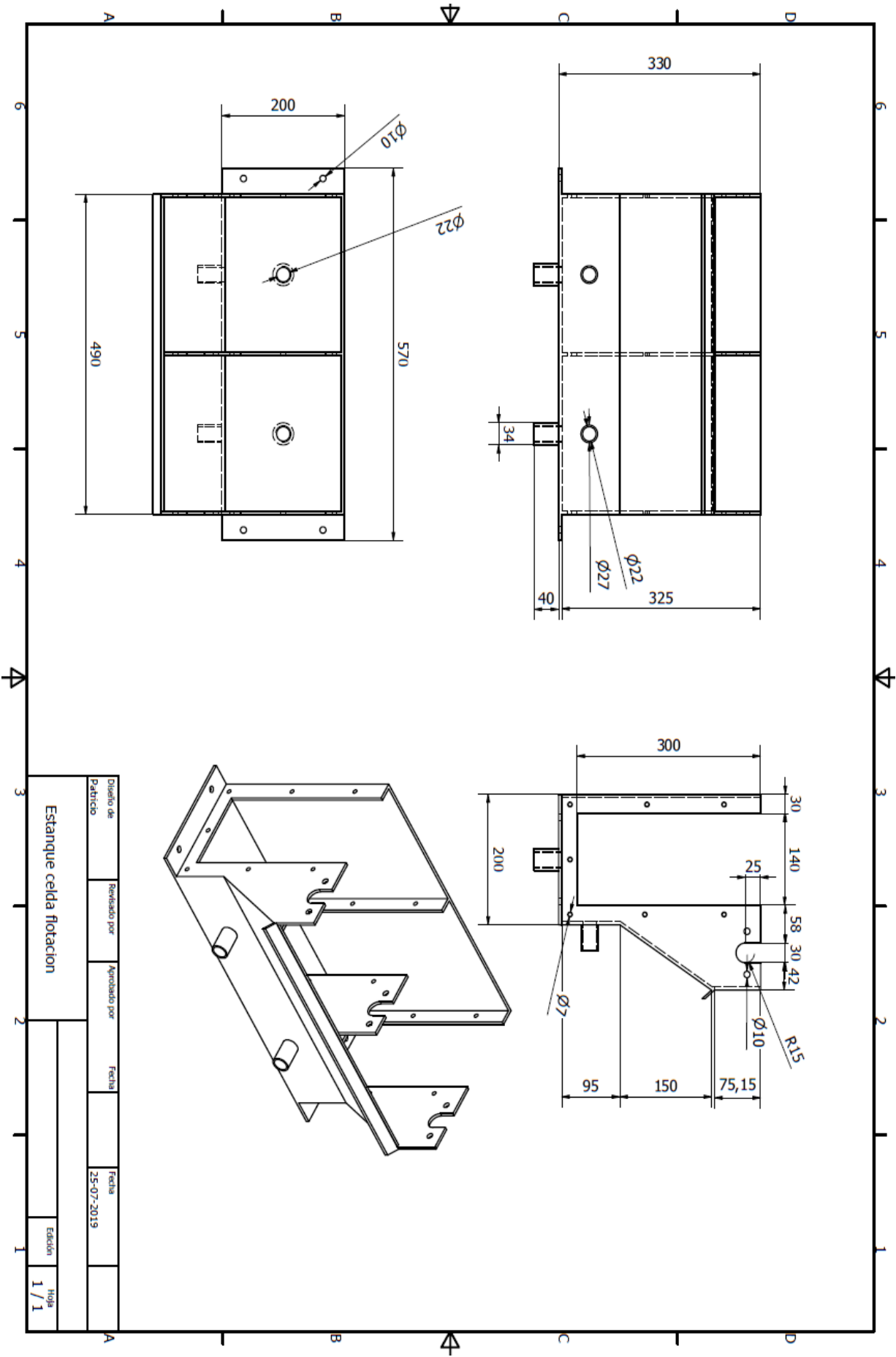
TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. Cotización válida solo hasta la fecha indicada
2. Al aceptar cotización debe realizar un abono del 50% del valor total para confirmar su pedido y 50% contra entrega

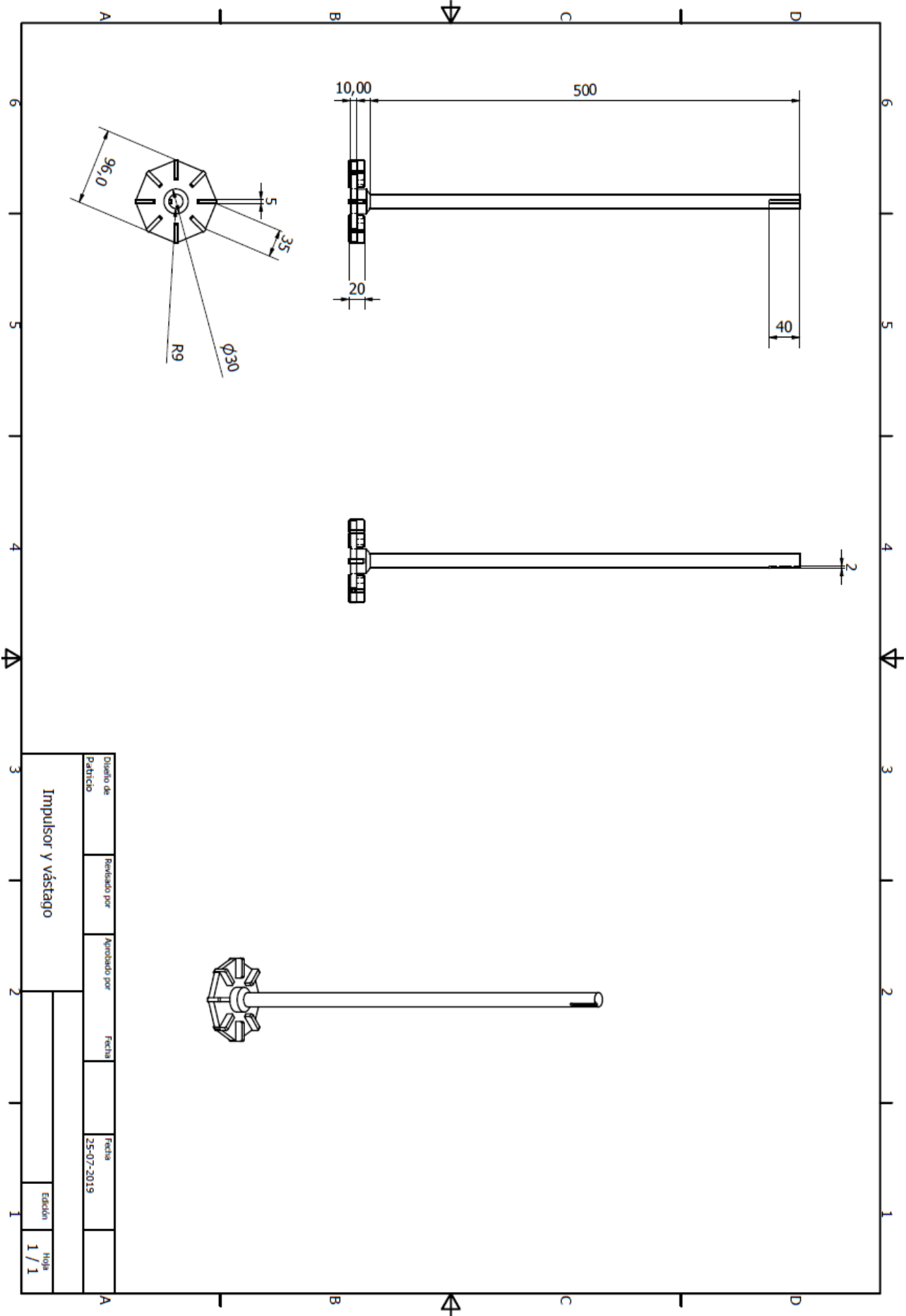
55

Anexo B: Planos de piezas enteras

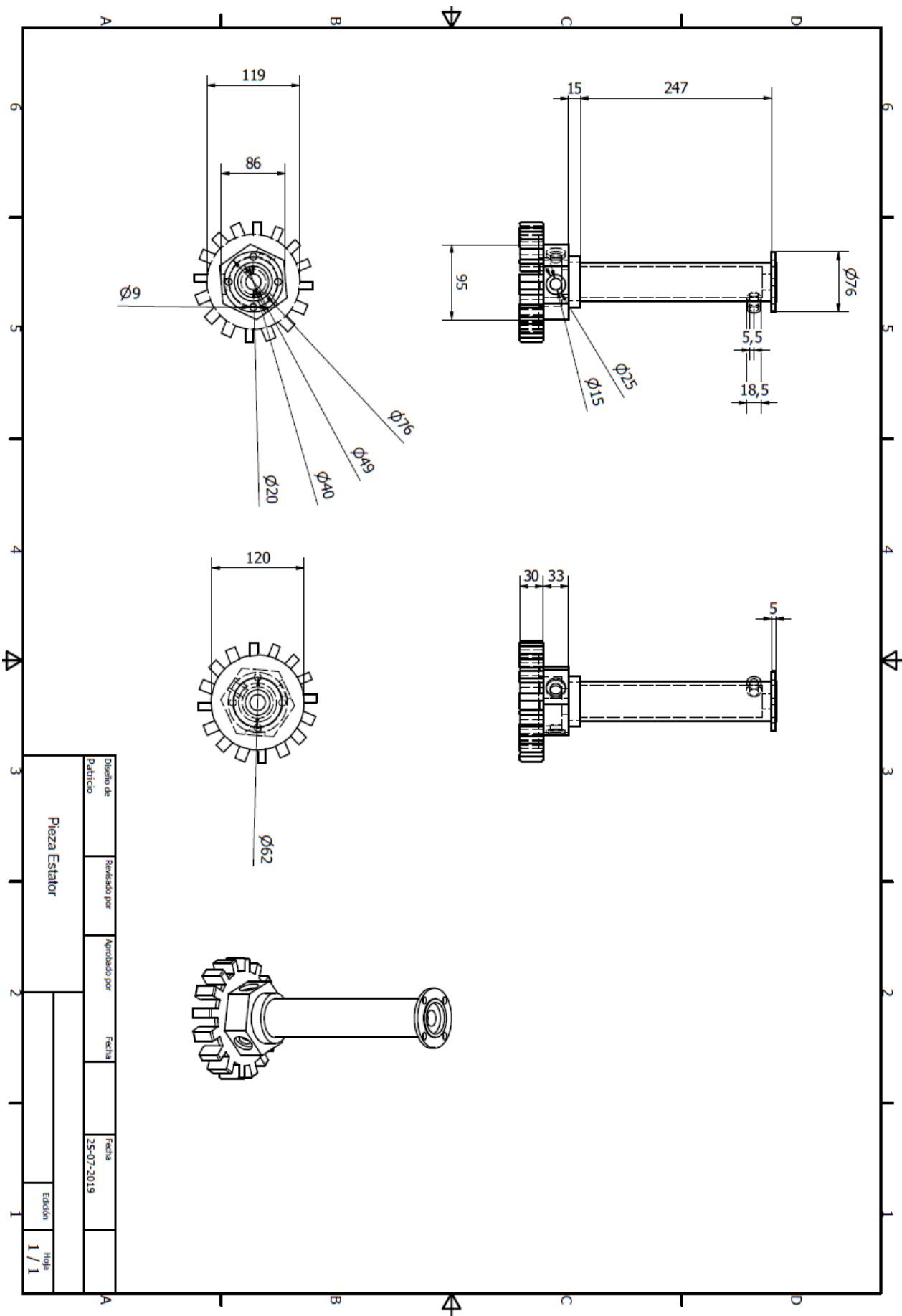
B.1 Plano Estanque



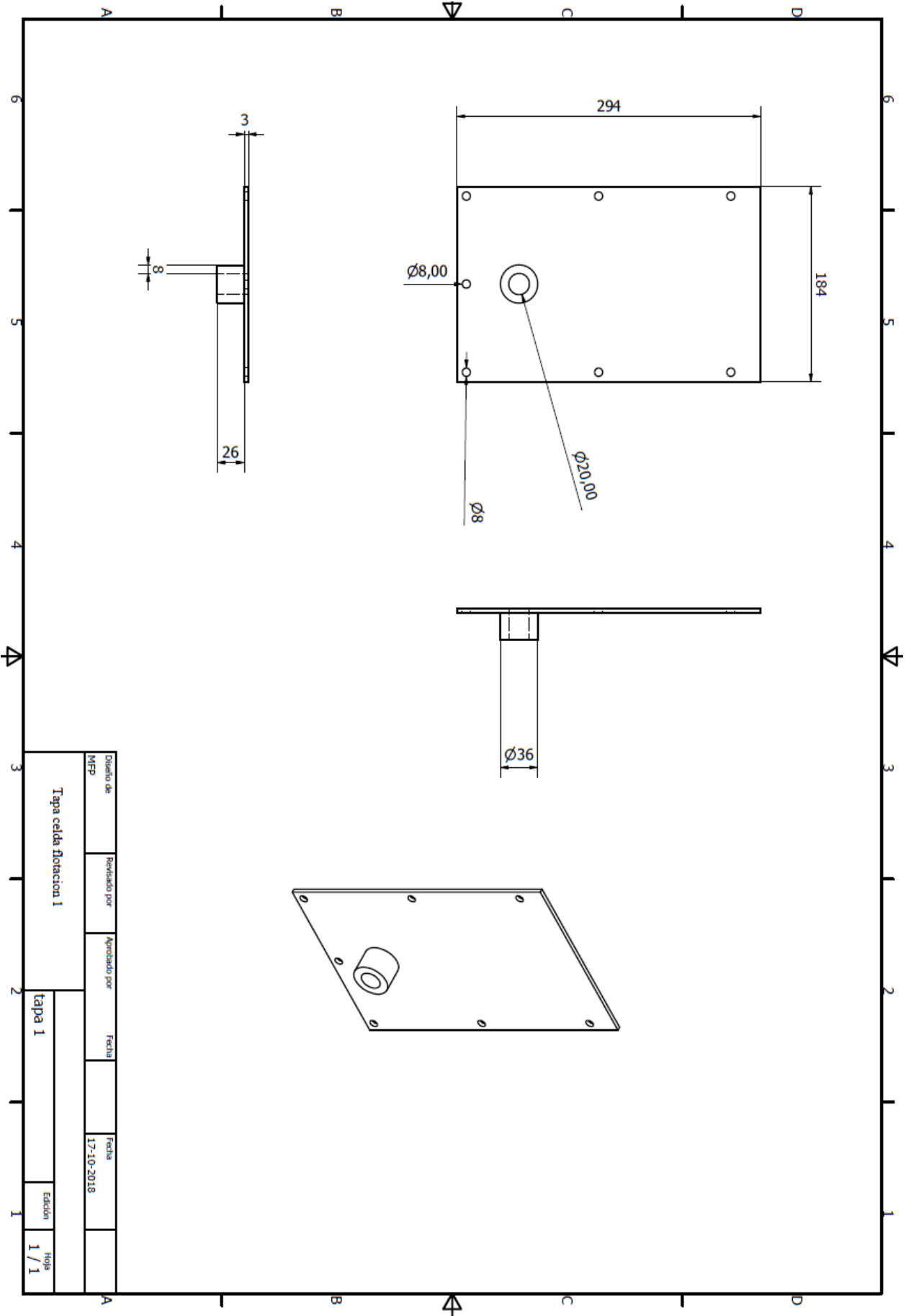
B.2 Plano Impulsor y Vástago



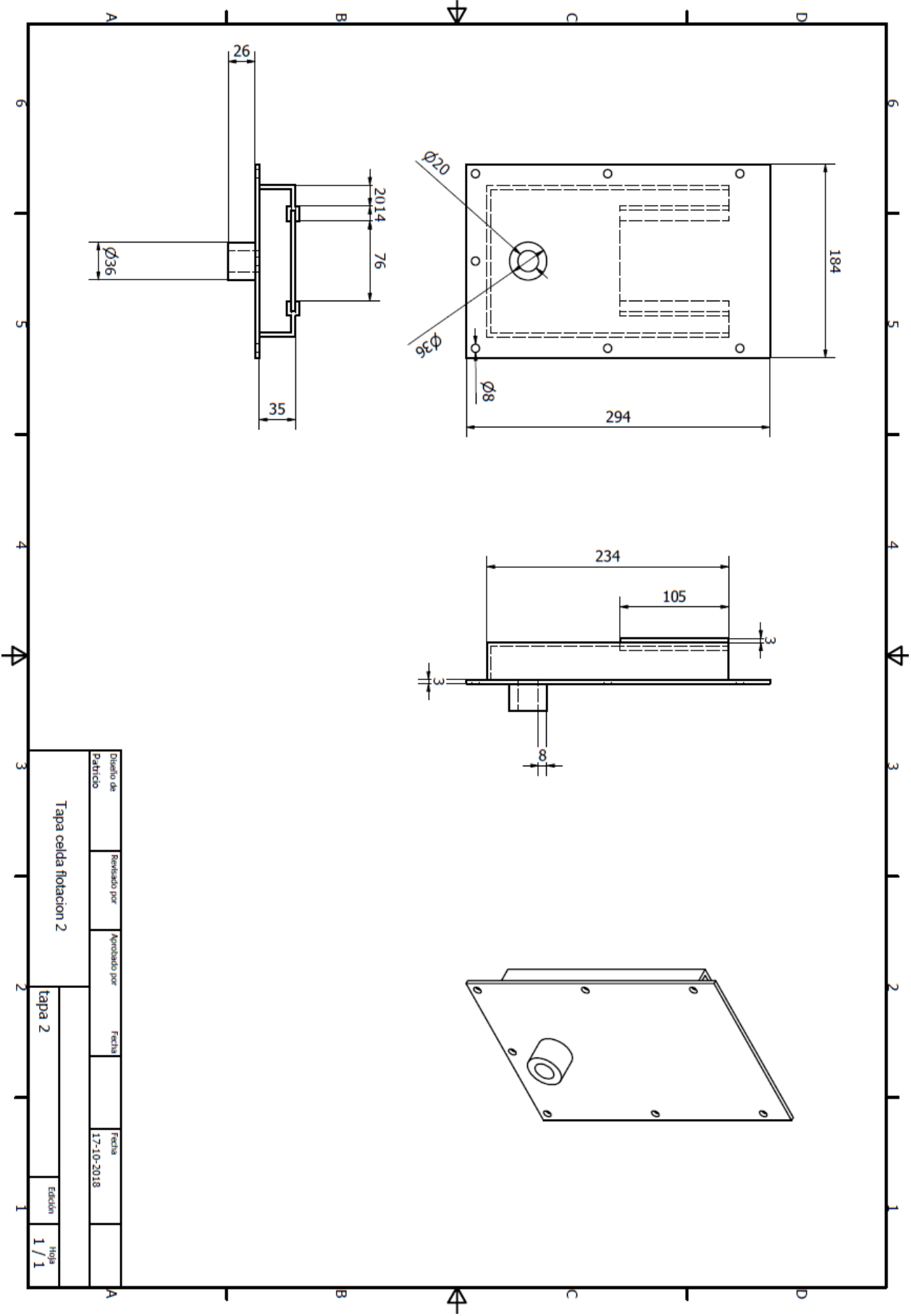
B.3 Plano Estator



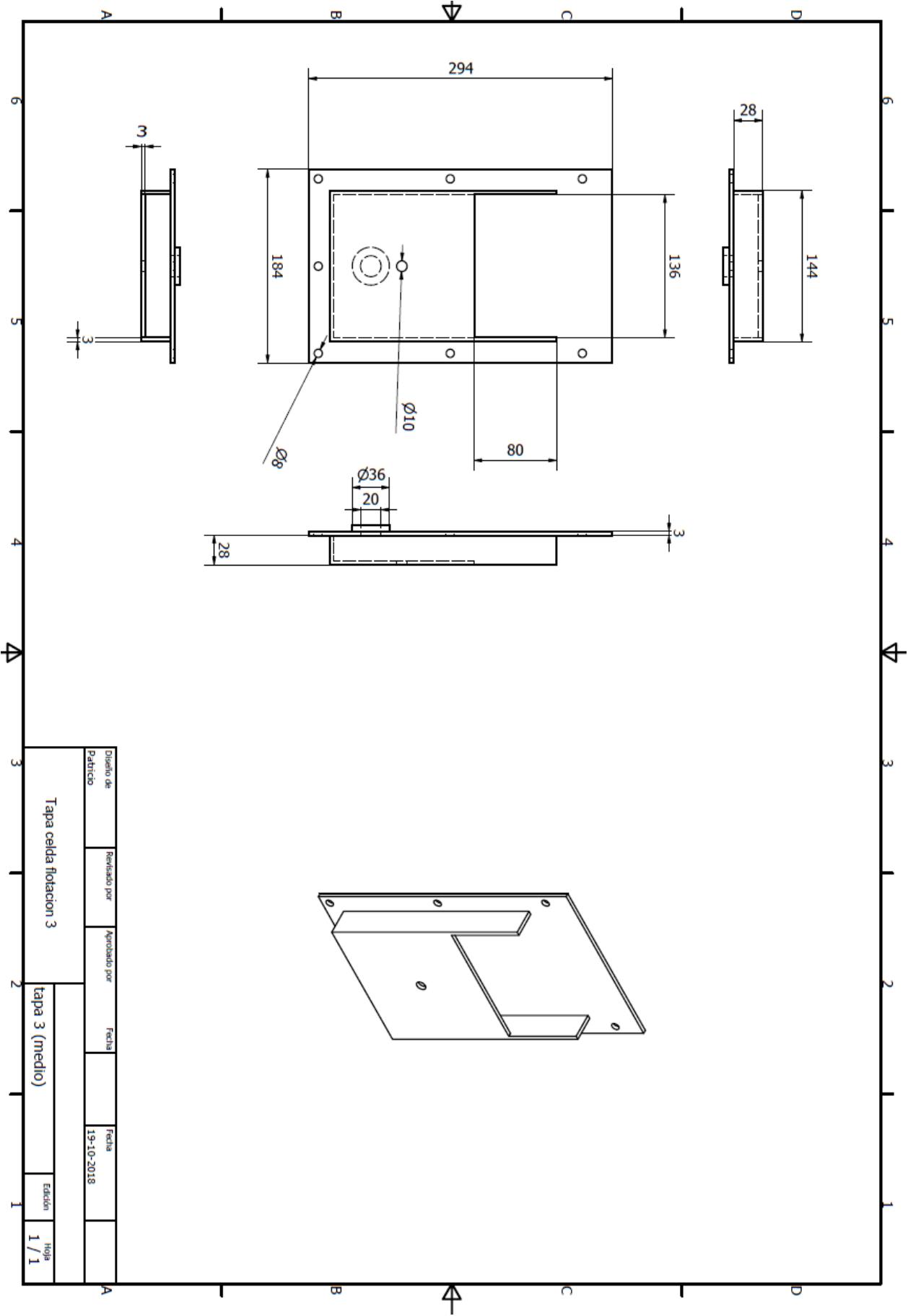
B.4 Plano Tapa 1



B.5 Plano Tapa 2

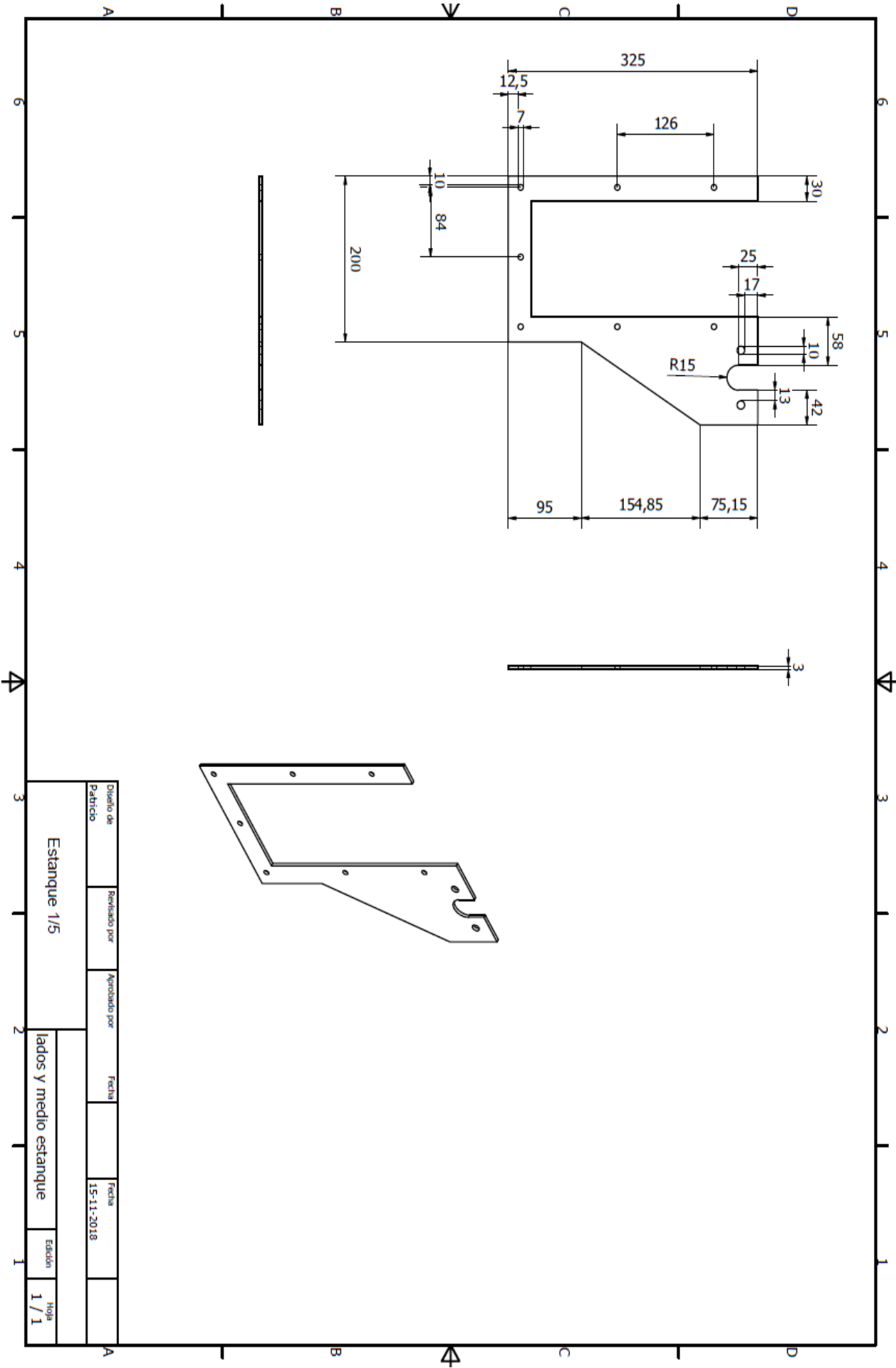


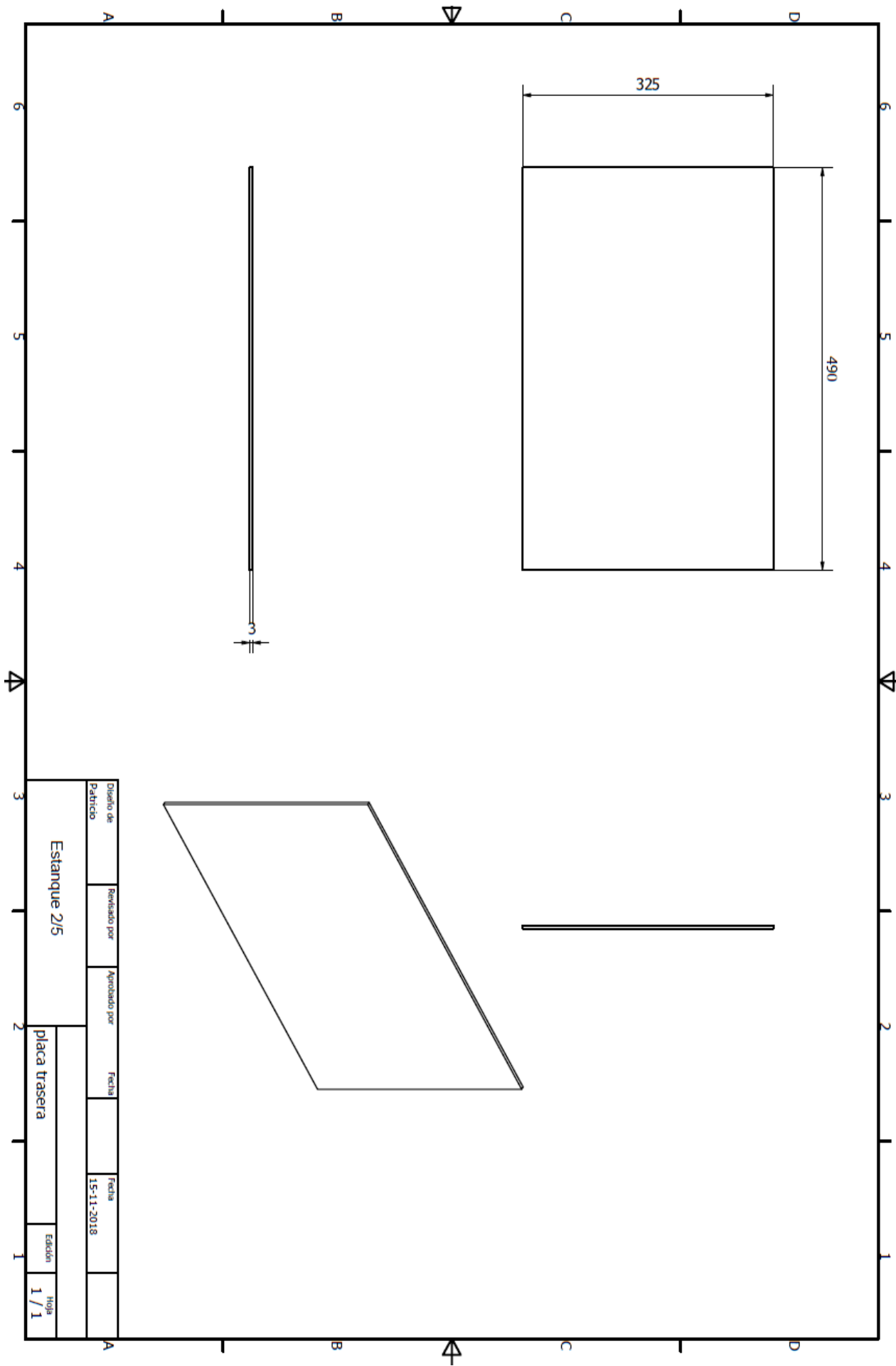
B.6 Plano Tapa 3

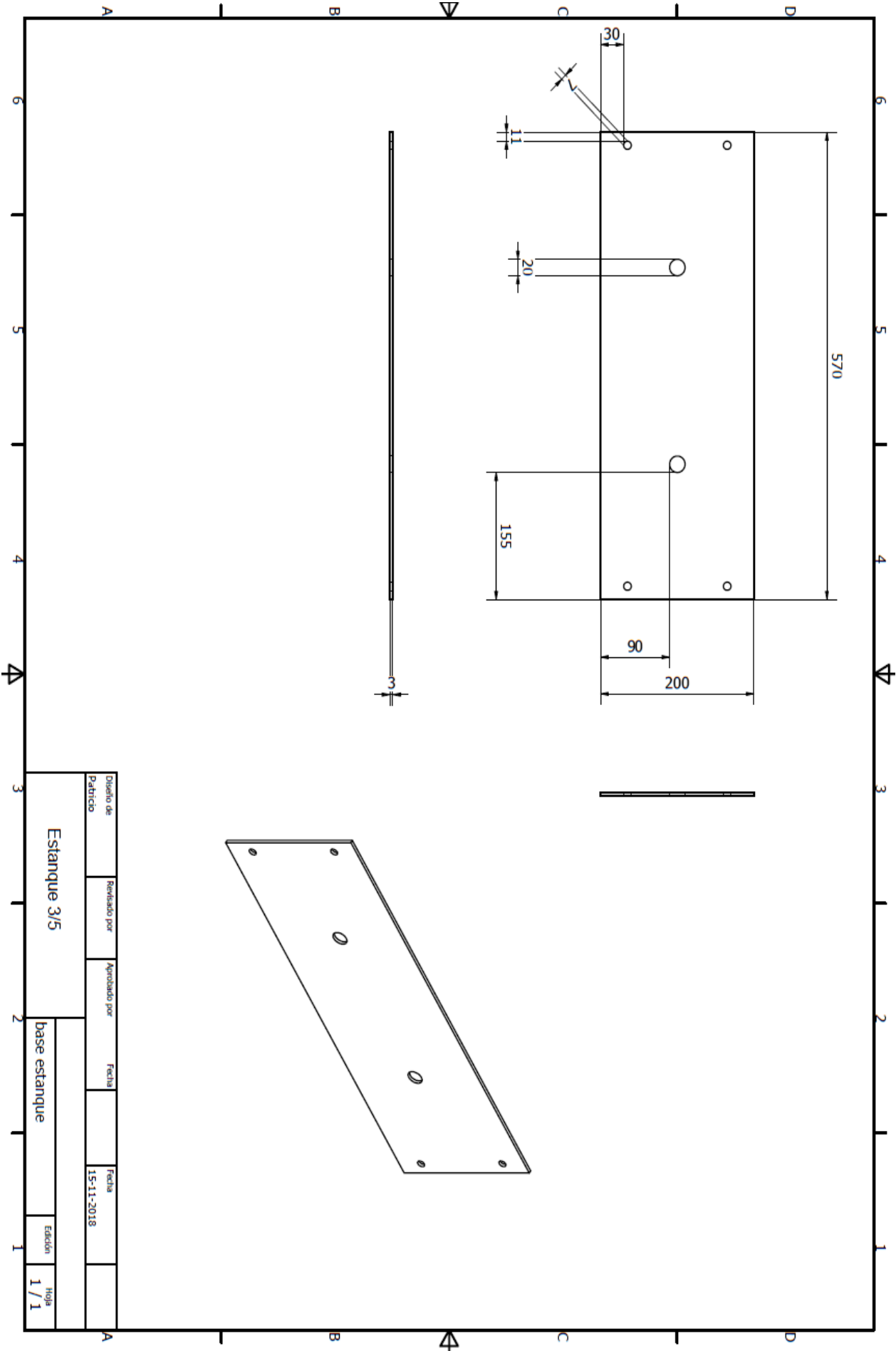


Anexo C: Planos en despiece

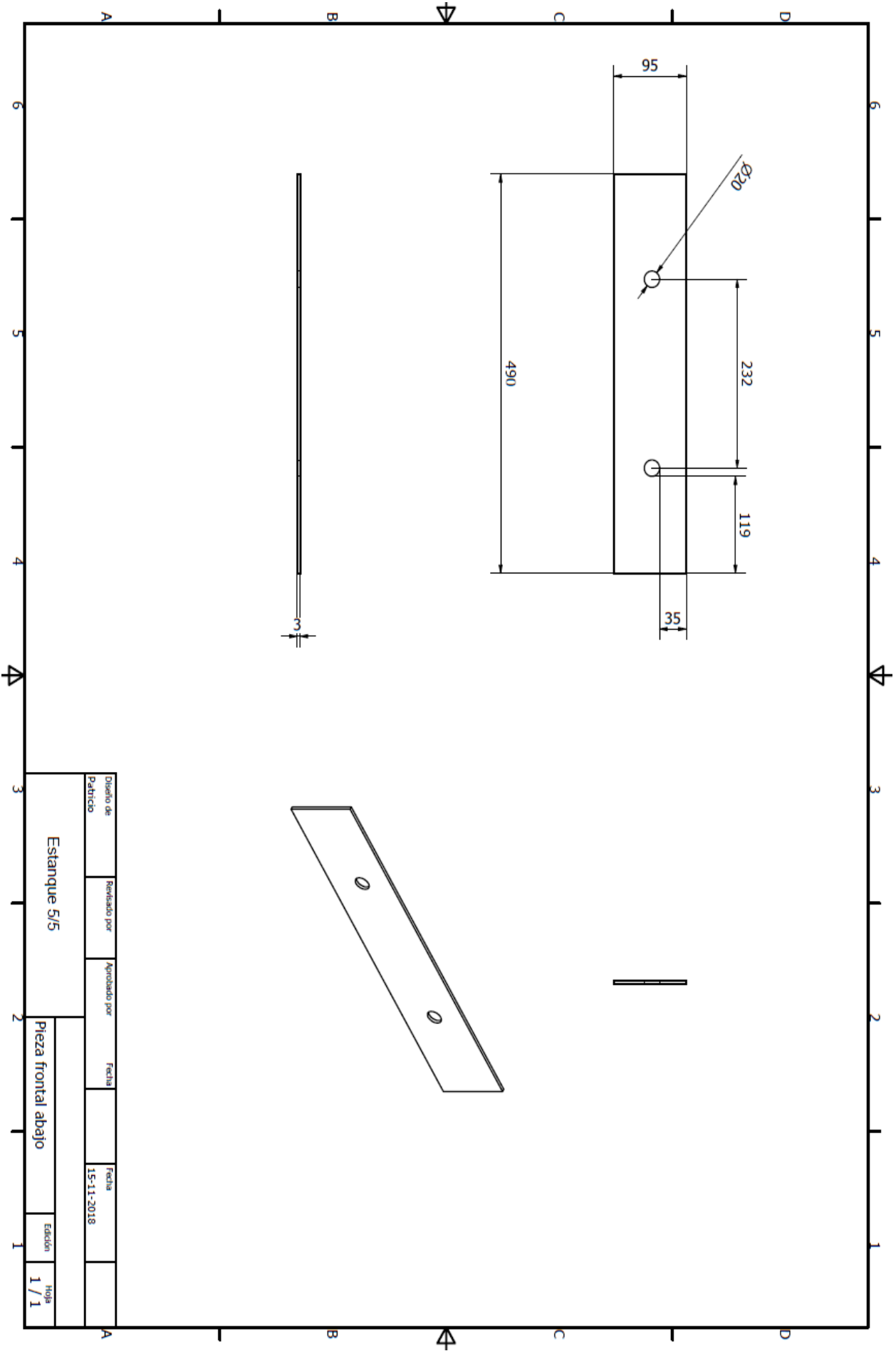
C.1 Despiece Estanque



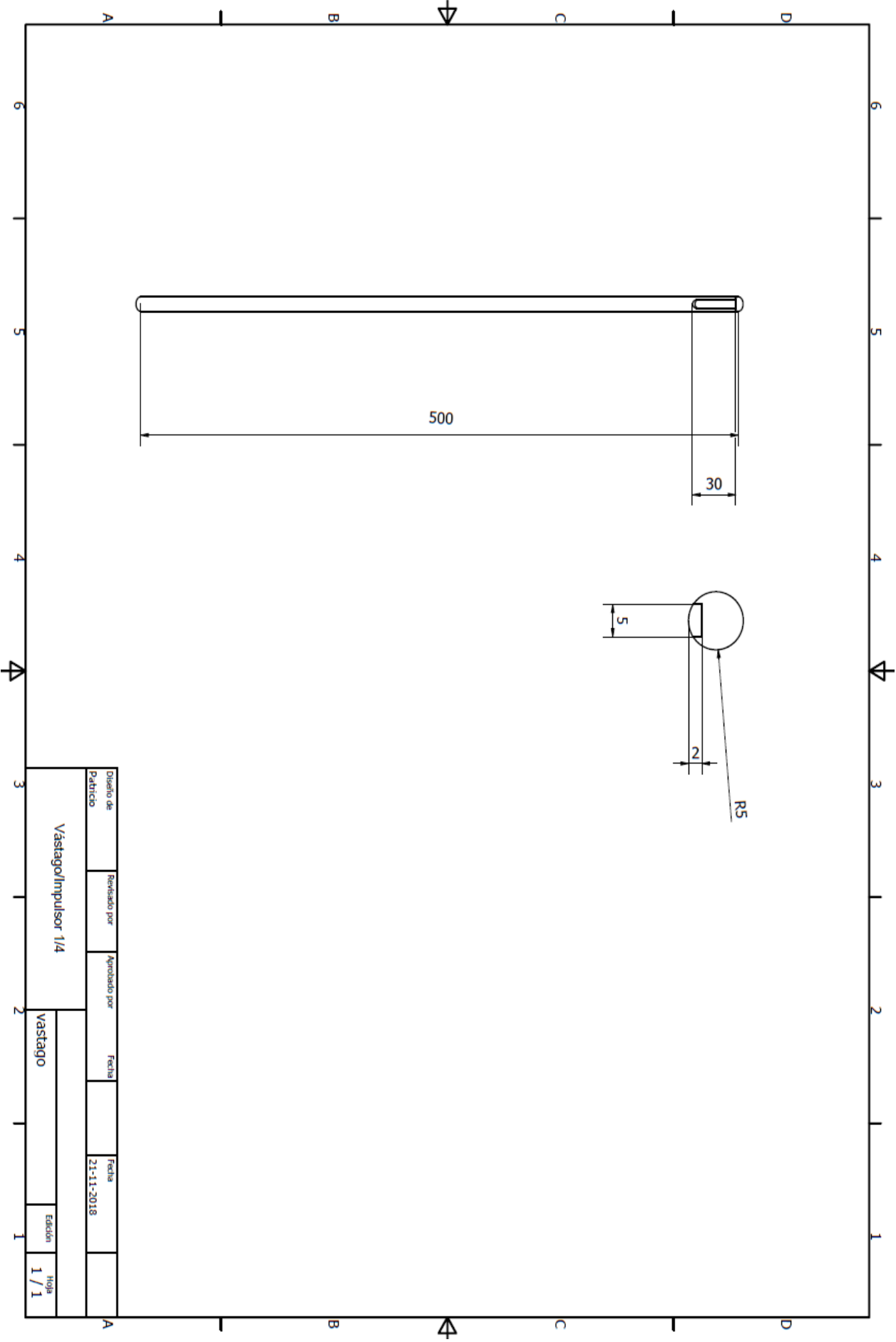


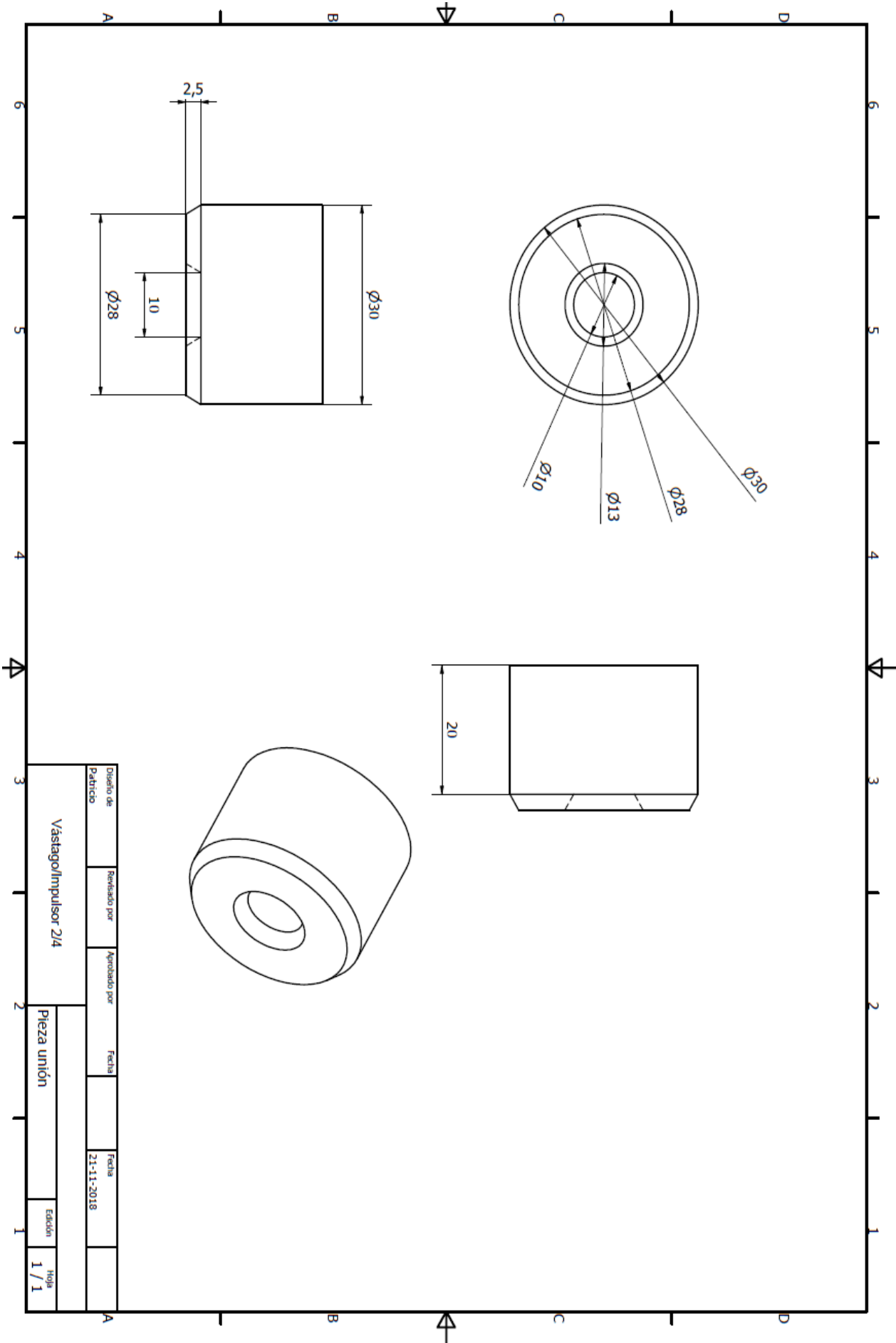


Diseño de Patrón	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 15-11-2018	
Estanque 3/5					
			base estanque		
				Edición	Hoja
					1 / 1

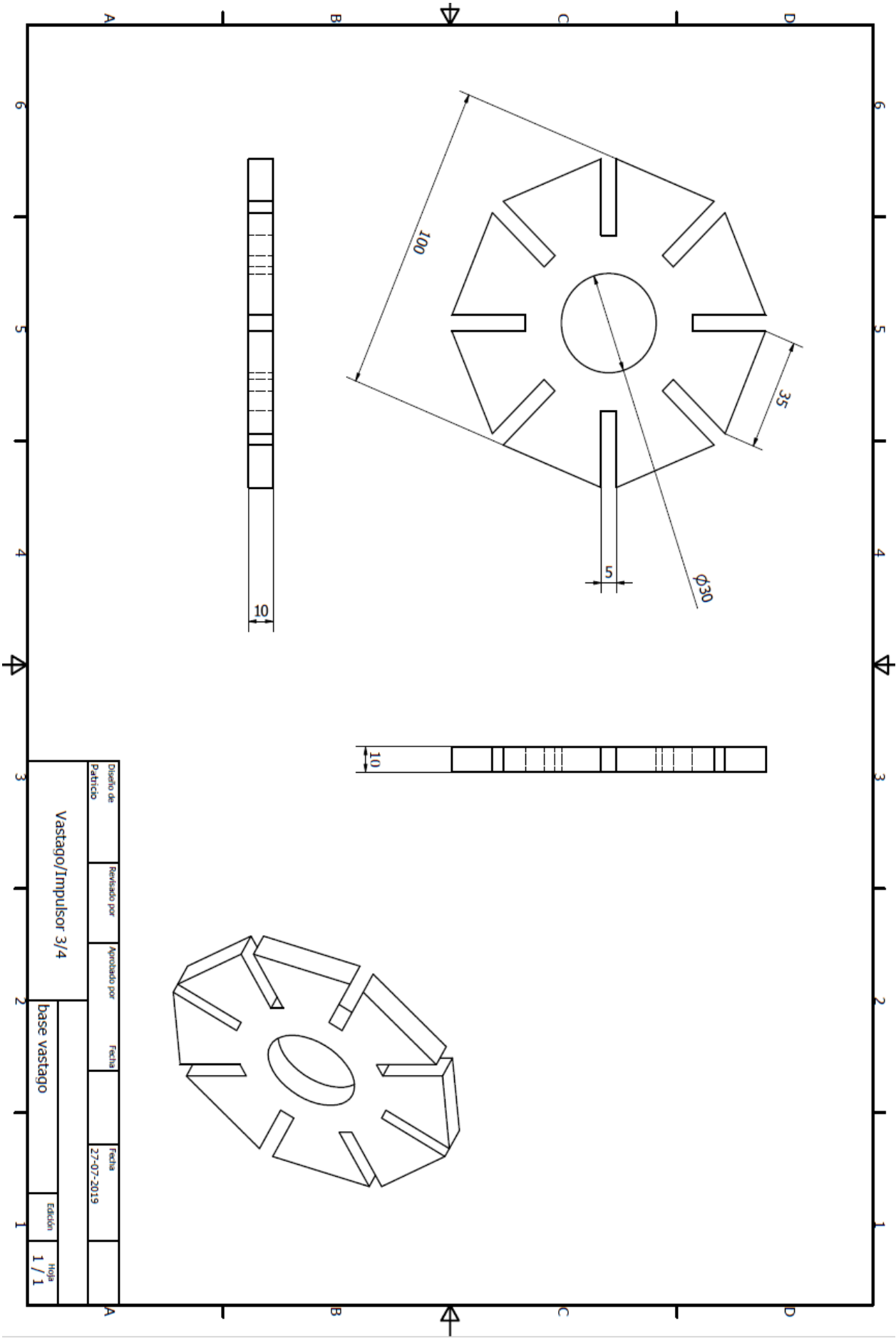


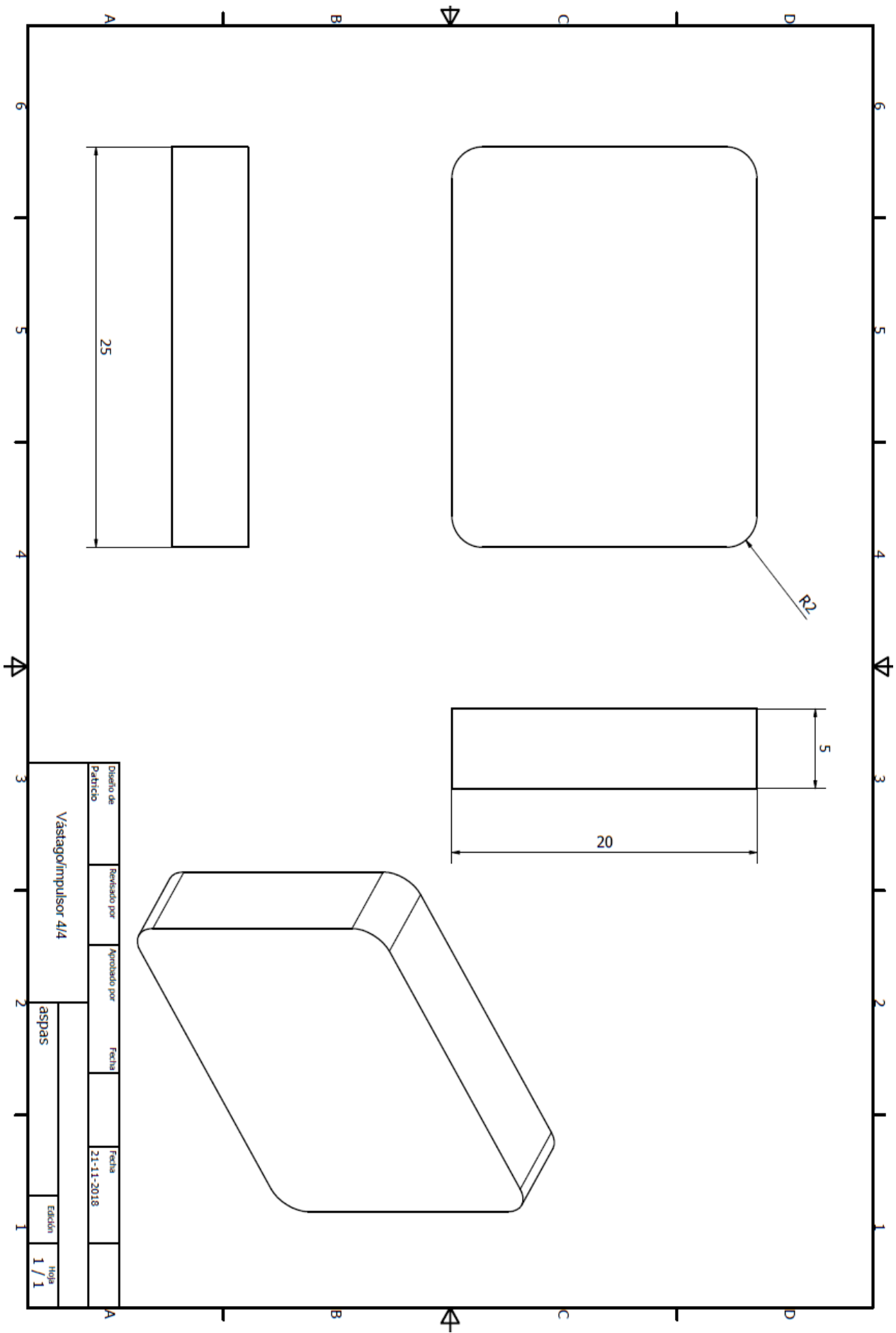
C.2 Despiece Vástago/Impulsor





Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	Edición	Hoja
Patricio				21-11-2018		
Vástago/Impulsor 2/4			Pieza unión		1	1 / 1





C.3 Despiece Estator

