



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR
INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO PARA LOS
LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE
LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**

AUTORES: Baño Chancusig Carlos Emilio
Siza Ramírez Cristian Iván.

TUTOR: Ing. Núñez Núñez Diego Fernando, Msc, Mg

Ambato - Ecuador

Abril - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor, del Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**, elaborado por los estudiantes : Baño Chancusig Carlos Emilio portador de la cédula de ciudadanía: C.I 0503320186 y Siza Ramírez Cristian Iván portador de la cédula de ciudadanía: C.I 1805168778, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

CERTIFICO:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

Ing. Mg. Núñez Núñez Diego Fernando
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Baño Chancusig Carlos Emilio con C.I 0503320186 y Siza Ramírez Cristian Iván con C.I 1805168778, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”**, así como también las ideas de diseño, criterios, análisis, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Baño Chancusig Carlos Emilio
C.I: 0503320186
AUTOR



Siza Ramírez Cristian Iván
C.I: 1805168778
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



Baño Chancusig Carlos Emilio
C.I: 0503320186
AUTOR



Siza Ramírez Cristian Iván
C.I: 1805168778
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes: Baño Chancusig Carlos Emilio y Siza Ramírez Cristian Iván, bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

Ing. Arroba Arroba Cesar Hernán. Mg
Miembro Calificador

Ing. Correa Jácome Juan Francisco, Ph.D.
Miembro Calificador

AGRADECIMIENTO

“Sin sacrificio, no hay victoria”

Agradezco infinitamente a Dios por mantenerme hasta este momento a mis padres, hermanos que me han acompañado en esta travesía, gracias por confiar cada día en mis capacidades y creer en mí y motivarme a ser mejor cada día.

A mi tutor Ing. Diego Nuñez. Mg, él principal colaborador de todo este proceso y, por el apoyo y conocimientos compartidos en las aulas y en el transcurso de este proyecto.

De igual manera agradezco a mi querida alma mater Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a la Carrera de Ingeniería Mecánica, de igual forma a todos sus docentes por apoyarme y llenarme de conocimientos y valores los que me ayudaran a lo largo de mi vida a ser un gran profesional.

Finalmente, a mis amigos con los que hemos compartido muchas vivencias en el proceso de nuestra formación, por la ayuda brindada y el conocimiento compartido.

Gracias Totales.

Carlos Baño

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, por ser el pilar fundamental en mi formación académica, que con dedicación y sacrificio supieron guiarme en mi camino para lograr este objetivo, a mis hermanas por el apoyo que me han brindaron, sin ello no alcanzaría este logro muy importante en mi vida.

A mis maestros que con sabiduría me transmitieron sus conocimientos, y quienes me ayudaron a la culminación de este proyecto, a mis amigos con quienes he compartido toda esta travesía y a la final seremos grandes profesionales.

(Planeta tierra, libertad y rock and roll)

LZDV

Carlos Baño

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud eterna a Dios por brindarme su bendición y ser la guía de mis pasos, decisiones y por mantener con salud y vida a mis padres y mi familia, gracias a mi esposa por su aliento su empuje a seguir adelante por confiar en mí y mis sueños, gracias a mis padres por sus palabras que me encaminaron durante toda mi vida; sus consejos y su apoyo fueron los principales promotores a cumplir esta meta.

De igual manera mi eterno agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser un profesional y conocer excelentes personas las cuales puedo denominar amigos. A mi compañero de clase Carlos Baño, quien como yo inició este reto.

Finalmente, el más sincero agradecimiento al Ing. Mg. Diego Núñez, el principal promotor de este proyecto, gracias a su confianza, orientación, conocimiento y colaboración permitió la culminación exitosa de este trabajo.

Cristian Siza

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por ser mi sustento y fortaleza quien nunca me desamparo, permitiéndome llegar hasta este momento y lograr cumplir mi sueño más anhelado. A mi esposa mi ayuda idónea por ser el pilar fundamental y mi mayor inspiración, quien siempre me ha apoyado sin importar las circunstancias de la vida, mis hijas quienes son el motor de mi vida, mi necesidad de superarme. Mis padres quienes me educaron con el ejemplo inculcando valores como el respeto, humildad, honestidad y trabajo.

A mis hermanos Mayra, Stalin, Elizabeth y Abigail quienes me brindan su respeto y ven en mí un ejemplo a seguir que por más duras que hayan sido algunas etapas de nuestras vidas siempre hemos permanecido unidos, apoyándonos y cubiertos del amor, de la educación de nuestros padres. A mis suegros quienes me acogieron como uno más de sus hijos, siempre confiando y apoyándome con sus consejos en las decisiones que he tomado.

A mis maestros quienes con sus conocimientos y enseñanzas impartidas a lo largo de estos años me ayudaron a alcanzar esta meta.

Cristian Siza

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General:.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos:.....	2
1.3. Fundamentación Teórica	3
1.3.1. Nanofluidos.....	3
1.3.2. Propiedades termo físicas de los nanofluidos	5
1.3.3. Métodos de preparación para los nanofluidos.....	5
1.3.4. Tipos de nanofluidos.....	6
1.3.5. Nanopartículas	6
1.3.6. Aplicaciones de nanofluidos	7
1.3.7. Viscosidad.....	8
1.3.8. Velocidad de deformación o Cizallamiento	8
1.3.9. Fluido newtoniano.....	10

1.3.10. Reología	11
1.3.11. Fuerza de cohesión.....	12
1.3.12. Tensión superficial.....	13
1.3.13. Adhesión o adherencia.....	14
1.3.14. Mezcladores	14
1.3.15. Mezcladores de cizalla.....	14
1.3.16. Tipos de mezcladores (Homogeneizadores)	15
1.3.17. Funcionamiento de un homogeneizador	19
1.3.18. Cabezal de trabajo.....	20
1.3.19. Conjunto rotor-estator.....	21
1.3.20. Cabezal desintegrado para uso general	22
1.3.21. Malla de alto Cizallamiento de agujeros cuadrados.....	22
1.3.22. Cabezal emulsor y malla emulsora	23
1.3.23. Motor trifásico SIEMENS	23
1.3.24. Principio de funcionamiento	23
1.3.25. Partes de un motor eléctrico.....	24
1.3.26. Ventajas y desventajas del motor eléctrico	25
1.3.27. Variadores de velocidad.....	27
1.3.28. Variadores para motor trifásico.....	27
1.3.29. Impulsadores	28
1.3.30. Flujo axial, radial y tangencial.....	31
1.3.31. Semejanzas geométricas	32
1.4. Acero AISI 304	33
1.4.1. Elementos de aleación y su influencia	33
1.4.2. Ventajas del acero inoxidable	34
1.5. Acero A 36	35
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	36
2. Métodos.....	36
2.1. Materiales.....	36
2.2. Determinación de partes y equipos	36
2.2.1. Cabezal de trabajo.....	37
2.2.2. Base soporte	37
2.2.3. Eje de rotación	37
2.2.4. Motor.....	37
2.2.5. Consola elevable	37
2.3. Métodos.....	38

2.3.1. Método Científico	38
2.3.2. Método Cuantitativo	38
2.3.3. Método bibliográfico.....	38
2.3.4. Metodología del proceso de fabricación del homogeneizador	38
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3. Diseño	41
3.1. Prediseño	41
3.1.1. Condiciones que debe cumplir el equipo	41
3.2. Dimensionamiento	42
3.2.1. Selección del recipiente	43
3.3. Dimensiones generales.....	43
3.4. Parámetros de diseño	44
3.5. Dimensiones generales	45
3.6. Cálculos de diseño.....	46
3.6.1. Potencia requerida.....	46
3.6.2. Número de Reynolds.....	46
3.6.3. Número de potencia (Np).....	47
3.6.4. Potencia requerida.....	48
3.6.5. Selección del motor.....	49
3.6.6. Cálculo de los mecanismos	50
3.6.6.2.4.2 Análisis de elementos.....	71
3.6.7. Cálculo de las Aletas.....	81
3.6.8. Velocidad de cizallamiento.....	89
3.6.9. Cálculo de la plancha elevable.....	90
3.6.10. Análisis de resistencia de la estructura.....	91
3.7. Construcción.....	91
3.7.1. Aspectos de la Fabricación	91
3.8. Presupuesto.....	100
3.9. Pruebas de funcionamiento	103
3.9.1. Componentes para la mezcla.....	103
3.9.2. Descripción del proceso ENSAYO 1	105
3.9.3. Descripción de proceso ENSAYO 2	109
3.10. Manual de operación.....	111
3.11. Manual de mantenimiento	112
3.11.1. Mantenimiento general	112

3.12. Ficha técnica	116
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
4.1. Conclusiones	117
4.2. Recomendaciones.....	118
Bibliografía	120
Anexo 1	123
Anexo 2	128
Anexo 3	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1.- Velocidad de deformación o Cizallamiento. Adaptado	9
Tabla 1. 2.- Comparación de motores con y sin escobillas.....	26
Tabla 1. 3.- Propiedades de los aceros.	35
Tabla 2. 1.- Materiales.....	36
Tabla 3. 1.- Características del fluido	44
Tabla 3. 2.- Características del motor	49
Tabla 3. 3.- Factor de servicio.....	51
Tabla 3. 4.- Diámetros primitivos de la polea pequeña	52
Tabla 3. 4.- Distancia entre ejes recomendada.....	54
Tabla 3. 4.- Longitud primitiva nominal	54
Tabla 3. 7.- Factor de corrección.....	55
Tabla 3. 8.- Potencia base y presentación por relación de transmisión.....	56
Tabla 3. 9.- Coefficiente de rozamiento.	59
Tabla 3. 10.- Factor de modificación	65
Tabla 3. 11.- Temperatura de operación	66
Tabla 3. 12.- Factor de modificación de confiabilidad	67
Tabla 3. 13.- Vida útil especificada.	74
Tabla 3. 14.- Rodamiento rígido de una hilera de bolas (catálogo SKF)	75
Tabla 3. 15.- Rodamientos lineales.	79
Tabla 3. 16.- Ajuste de eje y rodamiento	80
Tabla 3. 17.- Selección de alternativa para el diseño de hélice.	82
Tabla 3. 18.- Condiciones de frontera para la simulación.....	83
Tabla 3. 19.- Resultado de simulación mediante software.	84
Tabla 3. 20.- Proceso de construcción.	93
Tabla 3. 21.- Listado y características de los instrumentos.	94
Tabla 3. 22.- Características de cada material.	95
Tabla 3. 23.- Proceso de armado	96
Tabla 3. 24.- Costos Materiales.....	100
Tabla 3. 25.- Costos Mano de obra.	102

Tabla 3. 26.-Costos Indirectos.	102
Tabla 3. 27.-Costo Total.	103
Tabla 3. 28.-Características del fluido.	104
Tabla 3. 29.-Cantidades las cuales serán sometidas a prueba.	105
Tabla 3. 30.-Cantidades de mezcla.	105
Tabla 3. 31.-Exposición del líquido iónico Ensayo 1.	109
Tabla 3. 32.-Exposición del líquido iónico Ensayo 1.	110
Tabla 3. 33.-Descripción de componentes.	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1.- Nanofluidos	4
Figura 1. 2.- Aplicaciones de nanofluidos	4
Figura 1. 3.- Fluido newtoniano	10
Figura 1. 4.- Fluido no newtoniano	10
Figura 1. 5.- Fuerza de cizallamiento	11
Figura 1. 6.- Tensión superficial	13
Figura 1. 7.- Fuerza de tensión superficial	13
Figura 1. 8.- Partes del Mezclador	15
Figura 1. 9.- Mezclador en línea	16
Figura 1. 10.- Mezcladores de inmersión con propósitos múltiples	17
Figura 1. 11.- Mezcladores de laboratorio.	17
Figura 1. 12.- Mezclador de aire comprimido	18
Figura 1. 13.- Mezcladores con unidad sellada	19
Figura 1. 14.- Homogeneizadores ultrasónicos.....	19
Figura 1. 15.- Funcionamiento del cabezal de trabajo	20
Figura 1. 16.- Cabezal de trabajo	21
Figura 1. 17.- Rotor-Estator	21
Figura 1. 18.- Cabezal desintegrado para uso general	22
Figura 1. 19.- Cabezal desintegrador ranurado	22
Figura 1. 20.- Malla de alto Cizallamiento de agujeros cuadrados	23
Figura 1. 21.- Cabezal emulsor y malla emulsora	23
Figura 1. 22.- Partes de un motor Siemens.	24
Figura 1. 23.- Variador de Velocidad	27
Figura 1. 24.- Impulsores de hélice	28
Figura 1. 25.- Impulsador de hojas planas	29
Figura 1. 26.- Impulsador de hojas inclinadas	30
Figura 1. 27.- Impulsador de hojas curvas	30
Figura 1. 28.- Impulsador de disco de hojas planas	31
Figura 1. 29.- Tipos de flujos	31
Figura 1. 30.- Semejanzas geométricas de un impulsor tipo hélice	32
Figura 1. 31.- Semejanzas geométricas de un impulsor tipo turbina	33

Figura 2. 1.- Diagrama del proceso	40
Figura 3. 1.- Dimensionamiento del dispositivo (software)	42
Figura 3. 2.- Dimensionamiento del dispositivo (software)	42
Figura 3. 3.- Dimensiones geométricas de recipiente	43
Figura 3. 4.- Dimensiones geométricas	45
Figura 3. 5.- Número de potencia	48
Figura 3. 6.- Características del motor	49
Figura 3. 7.- Diagrama mecanismo de potencia.	50
Figura 3. 8.- Diagrama de perfiles de correas	52
Figura 3. 9.- Diagrama de cuerpo libre del sistema de transmisión	57
Figura 3. 10.- Diagrama de cuerpo libre distribución de fuerzas.....	58
Figura 3. 11.- Distribución de fuerzas y momentos.....	60
Figura 3. 12.- Momento torsor	61
Figura 3. 13.- Diagrama de cuerpo libre de una viga con carga puntual	63
Figura 3. 14.- Sensibilidad de la muesca	67
Figura 3. 15.- Eje redondo con filete	68
Figura 3. 16.- Sensibilidad de la muesca	69
Figura 3. 17.- Eje redondo con filete a torsión.....	70
Figura 3. 18.- Análisis del eje	72
Figura 3. 19.- Análisis del desplazamiento del eje	72
Figura 3. 20.- Factor de seguridad	73
Figura 3. 21.- Consideraciones de giro y carga.....	78
Figura 3. 22.- Tipo de ajuste	78
Figura 3. 23.- Tolerancia recomendada	79
Figura 3. 24.- Dimensiones geométricas de la turbina	86
Figura 3. 25.- Distribución de las fuerzas en el rodete	87
Figura 3. 26.- Distribución de las fuerzas en el rodete	89
Figura 3. 27.- Dimensiones geométricas plancha elevable	90
Figura 3. 28.- Esquema cinemático.....	90
Figura 3. 29.- Recipiente para la mezcla.....	105
Figura 3. 30.- Medición de Fluidos	106
Figura 3. 31.- Características de Operación	106

Figura 3. 32.-Homogenizado de Fluidos.....	107
Figura 3. 33.-Fluidos antes de después de la prueba.....	107
Figura 3. 34.-Densidad del fluido	108
Figura 3. 35.-Toma de muestras	110
Figura 3. 36.-Prueba líquido iónico	111
Figura 3. 37.-Descripción del componente	112
Figura 3. 38.-Ficha técnica del homogeneizador	116

RESUMEN

El presente trabajo técnico se enfocó en el diseño y construcción de un homogenizador por inmersión de alto cizallamiento, el cual se llevó a cabo por la importancia de la implementación de un homogenizador que facilite la mezcla, la emulsión y la homogenización de sustancias para la creación de nanofluidos en el Laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

En el proyecto se realizaron pruebas de funcionamiento, para el diseño se tomaron varias características técnicas (materiales, dimensiones, mecanismos, Etc.). El dispositivo consta de: un motor trifásico, un mecanismo de poleas, una estructura forrada con tol, un eje giratorio, una turbina, un cabezal de trabajo, un mecanismo de elevación con mordazas de impresión en 3D y un sistema electrónico que nos ayuda a operar el dispositivo. La construcción se la realizó teniendo en cuenta los materiales disponibles en el mercado, y verificando cada uno de los procesos de construcción. Para el funcionamiento se realizaron pruebas experimentales y se comprobó la homogenización de la sustancia, y la correcta operación del dispositivo para poder crear el nanofluido en diferentes tiempos.

Para asegurar el funcionamiento efectivo y durabilidad del dispositivo se realizó un manual de funcionamiento en el cual se indica la manera correcta de operar la máquina. Este nos permitirá asegurar la vida útil del dispositivo.

ABSTRACT

This technical paper was focus on the design and construction of a high shear immersion homogenizer, which was carried out due to the importance of the implementation of creating a tool like this. This facilitates the mixing, emulsion and homogenization of substances all related to the creation of nanofluids. In fact, the homogenizer was created for The Technical University of Ambato with particular reference to the Mechanical Engineering career.

Furthermore, construction and functional tests were carried out. While for the design several technical characteristics were taken like (materials, dimensions, mechanisms, use. Etc.). This device is made up by a three-phase motor, a pulley mechanism, a tol-lined structure, a rotating shaft, a turbine, a work head, a lifting mechanism with 3D printing jaws and an electronic system that helps us to operate it. On the other hand, construction took into account materials available in the market, and of course verifying each of the construction processes. Lastly, functional and experimental tests were performed in order to confirm operation process and homogenization of substances with a main goal which is to create a nanofluid at different times.

To ensure effective operation and durability of the device, an operating manual was prepared. It indicates the way to proceed while it is being use, extending the useful life of the device

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

El desarrollo de nuevas tecnologías en las industrias ha generado una gran cantidad de necesidades de elaborar nuevos productos, los cuales pueden ayudar considerablemente a mejorar, y evolucionar la industria, porque influye considerablemente en los sectores productivos y económicos para el desarrollo de un país.

Por la importancia que representan las nuevas tecnologías se ha generado el interés de realizar esta investigación en la cual utilizaremos técnicas innovadoras con procedimientos adecuados, los cuales nos ayudarán a generar un nuevo producto presentando nuevas propiedades, con un homogeneizador de inmersión de alto cizallamiento con el cual se consigue una mejor técnica de homogenización, en el cual se utiliza diferentes tipos de cabezales para la estrangulación de las partículas, los mismo que generan diferentes flujos para que la mezcla de partículas tenga una adecuada consistencia. Entre las investigaciones que se han realizado podemos encontrar las siguientes.

Para Bachelier, Heinz-Jürgen y Boss, Frank-Rudiger [1], se centró en la construcción de un dispositivo que sea capaz de homogeneizar sustancias dentro de un recipiente. Este dispositivo es utilizado en la industria farmacéutica, cosmética y química. La fuerza de cizallamiento se produce gracias al cabezal de trabajo, al tiempo y a la velocidad de exposición de la mezcla.

Como se indica en [2], para que el homogeneizador pueda realizar su trabajo este debe tener un rotor y un estator que son accionados por una transmisión de potencia, el rotor y el estator crean una fuerza de cizallamiento, esto ayuda a que se pueda mezclar sustancias que pueden ser emulsiones, dispersiones y homogenizaciones. Para que la fuerza de cizallamiento sea mayor dependerá del diseño de las palas del rotor las cuales ayudarán a una mejor circulación de las sustancias

Para Muhammad [3], la creación de los nanofluidos se las realiza insertando las partículas en el fluido, utilizando un homogeneizador de alto cizallamiento para que la sustancia se homogenice totalmente y mantenga su consistencia. Las propiedades efectivas que contiene los nanofluidos son: la densidad, la viscosidad, la conductividad

térmica y conductividad eléctrica. Los nanofluidos están formados de una suspensión de las partículas sólidas pueden ser (metal, no metal, óxido, carburo, polímeros, sílice) y fluidos como (agua, aceite, glicol de etileno, y alcohol). Los nanofluidos son aplicados en el transporte de calor, pilas de combustibles, calderas, microelectrónica, refrigeradores y enfriadores.

Para Gakere [4], al momento de trabajar con nanofluidos este debe ser enfocado en la preparación y aplicación de los mismos. Esta investigación habla acerca de los métodos y técnicas utilizadas para la generación de nanofluidos, los cuales están formados por polvos secos que son obtenidos mediante técnicas físicas y químicas. Se lo vierte en un fluido se utiliza un agitador ultrasónico o homogeneizador de alto cizallamiento, este método es el más económico y versátil a la hora de crear nanofluidos.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

- Diseñar y construir un homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento para la generación de diferentes mezclas de nanofluidos.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Identificar los parámetros de diseño del homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento.
- Diseñar el homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento de acuerdo con las necesidades identificadas en el Laboratorio de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
- Realizar pruebas de funcionamiento del equipo y de la mezcla de nanofluidos obtenidos.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento del homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento.

1.3.Fundamentación Teórica

1.3.1. Nanofluidos

La producción de nuevos nanofluidos con mejores propiedades se ha estado concretando gracias al avance de la nanotecnología, los cuales se van desarrollando mediante dispersión de partículas de tamaño nanométrico con propiedades de transferencia de calor, mecánica, física, química, densidad y conductividad eléctrica iluminando experimentos de nanofluidos. Esta técnica o proceso se desarrolla en varias áreas de la ciencia e ingeniería. [5].

Los investigadores han puesto mayor énfasis en la creación de los nanofluidos centrándose en sus propiedades termofísicas y aplicaciones tales como: motores de energía de fusión, refrigeradores enfriadores, la microelectrónica. Los nanofluidos necesitan procedimientos físico-químicos para obtener una mezcla homogénea lo que implica una mezcla eficaz de partículas debido a que no solamente es cuestión de agregar las partículas con un fluido. Por ello, el polvo se mezcla en base a la síntesis de las nanopartículas con una fuerza magnética extrema, agitación ultrasónica o de homogenización. Estos métodos disminuyen la aglomeración de nanopartículas evitando así la transformación, secado o desperdicio de la materia prima, como se muestra en la siguiente figura [5].

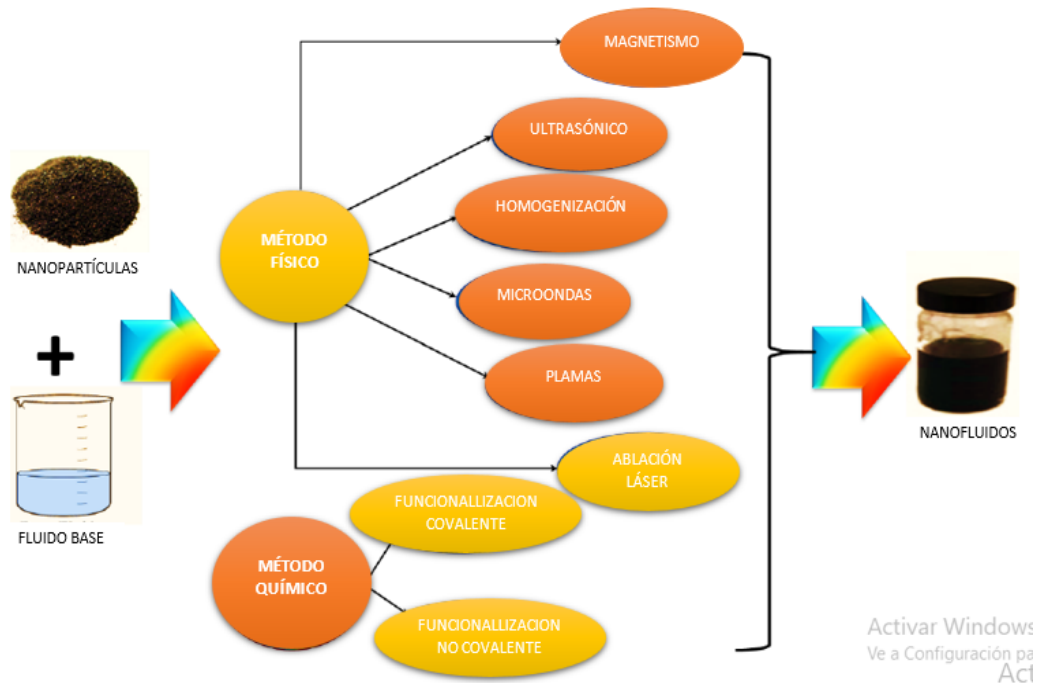


Figura 1. 1.-Nanofluidos [5]

Teniendo en cuenta las propiedades termofísicas de los nanofluidos y su importancia ante los modelos teóricos y experimentales asociados con su conductividad térmica, viscosidad, densidad y su capacidad de transmitir calor, donde se conlleva la adquisición de materiales con mejores propiedades y menores costos de fabricación debido a que su campo de aplicación no se delimita en ninguna área productiva como se muestra en la figura 1.2. [5].



Figura 1. 2.-Aplicaciones de nanofluidos [5]

1.3.2. Propiedades termo físicas de los nanofluidos

Gracias a esta propiedad se puede establecer el rendimiento superior de los nanofluidos tanto teóricos como experimentales, tenemos: [6].

1.3.2.1. Conductividad térmica

Los nanofluidos cuantifican la unidad de calor en comparación a un fluido regular, esto es provocado por las partículas sólidas nanométricas por lo cual se puede establecer una conductividad térmica más efectiva [6].

1.3.3. Métodos de preparación para los nanofluidos

En los últimos tiempos los estudios de investigación se han enfocado en la formación de nanofluidos de acuerdo con mezcla de líquido-sólido para los cuales se necesitan requisitos extraordinarios que faciliten la composición de la sustancia que no altere la composición del nanofluido, se utiliza un fluido base que ayuda a la homogenización estos pueden ser aceites vegetales, aguas, etc. Para estos procedimientos existen dos métodos que se detallan a continuación [6].

1.3.3.1. Método de dos pasos

Este método es considerado factible para preparar nanofluidos, además este método es más económico debido a que en los últimos años se ha incrementado industrialmente la elaboración de los nano polvos. Esta técnica nos ayuda con la creación de los nanofluidos. Para ello, primero se crean en diferentes procesos químicos y físicos. Este polvo será de tamaño nanométrico los cuales deberán ser dispersados sobre el fluido base, el segundo paso se basa en la mezcla de estos dos componentes, es necesario la utilización de equipos adecuados para la mezcla de los fluidos. Con el crecimiento en la producción de los nanopolvos a nivel industrial se obtienen grandes ventajas potenciales. La síntesis de este método, las mismas que muestran tres técnicas exitosas en mantener la estabilidad de nanofluidos obtenido en cualquiera de estos procesos [6].

1.3.3.2. Método de un paso

Es un método se recomienda para preparar nanofluidos utilizando diferentes líquidos dieléctricos debido en este método se omiten los procedimientos de almacenamiento, dispersión y transporte de nanopartículas, es decir, se expande la estabilidad de las partículas en los fluidos y pueden suspenderse constantemente en el líquido base. También, evita de manera eficaz que partículas no deseadas se combinen, lo cual no permite sintetizar nanofluidos a gran escala [6].

1.3.4. Tipos de nanofluidos

Para establecer el tipo de nanofluidos es necesario identificar los nanomateriales y el fluido base.

1.3.5. Nanopartículas

La definición de las nanopartículas se le otorga de acuerdo con su medida que está entre 1 y 100 nanómetros. Estas nanopartículas pueden ser naturales o artificiales. Las partículas sintetizadas con objetivo concreto se las denomina nanopartículas artificiales, mientras que los virus, bacterias, polvos y emisiones de los volcanes son de origen natural. La caracterización de estos materiales es su tamaño y existen dos métodos que nos permiten medirlos, según las normas ASTM E2834 (Nanomateriales en suspensión mediante análisis de seguimiento de nanopartículas) y ASTM E2859 (Guía estándar para la medición del tamaño de nanopartículas mediante microscopía de fuerza atómica) especifican DLS (Dispersión dinámica de luz) y AFM (Microscopía de fuerza atómica) [2].

1.3.5.1. AFM

AFM (Atomic force microscope) son dispositivos fabricados de silicio cuya medida obtenida es de unos 10 nm. Es un sistema de deflexión de haz de láser el cual determina el tamaño de la partícula a través de una imagen que es proyectada mediante un software [2].

1.3.5.2. DLS

Más conocida como la dispersión de luz cuasi elástica o dispersión dinámica de luz (DLS), esta técnica determina la medida de las partículas y moléculas ya expuestas en emulsiones, suspensiones y polímeros puesto que este método no es invasivo [2].

1.3.5.3. Tipos de nanopartículas

Una de las características principales de las nanopartículas es su tamaño. Los nanomateriales pueden ser nanocables, gotitas, nanofibras o nanopartículas. Las partículas que son utilizadas son las metálicas y compuestos de carbono.

1.3.5.4. Tipos de fluidos base

El solvente universal es el agua la cual tiene mayor transferencia de calor, se puede mezclar con otro tipo de fluido y de partículas dependiendo el caso. También existen muchos tipos de aceites que pueden cumplir la misma función del agua, es decir son usados como fluidos de transferencia de calor como es el caso de la energía solar concentrada. Los refrigerantes a pesar de que este tipo de nanofluidos aún están en un nivel de investigación [2].

1.3.5.5. Nanofluidos híbrido

Estos tipos de nanofluidos son la combinación de diferentes nanopartículas buscando mejorar aún más sus propiedades, donde el clásico es la mezcla de nanopartículas y fluido base denominadas de dos etapas y la mezcla de dos nanopartículas y un fluido base denominado tres etapas.

1.3.6. Aplicaciones de nanofluidos

Los campos de aplicación de los nanofluidos son actualmente muy amplios tanto en la parte comercial, industrial, transporte y sectores que implican notables cantidades de intercambio de masa y calor [2].

1.3.6.1. Aplicaciones electrónicas

Entre los desafíos que enfrentan los dispositivos electrónicos son: la dificultad disipación de calor y la reducción del área de generación de calor, donde se optimizan detalles como una geometría óptima de los dispositivos en enfriamiento. Gracias a investigaciones recientes se detallan, cómo los nanofluidos podrían aumentar el coeficiente de calor, combinado de microcanales con nanofluidos obteniendo un mayor rendimiento de enfriamiento en comparación con dispositivos que utilizan agua como elemento de trabajo [2].

1.3.6.2. Aplicaciones en el transporte

El gran potencial que presentan los nanofluidos al mejorar en el enfriamiento de los motores, su eficiencia, reduciendo el peso y evitando la complejidad de los sistemas de gestión térmica. Esto conlleva a obtener mejores velocidades de enfriamiento si este sistema cuenta con radiadores más pequeños y livianos. Los nanofluidos propiciados por etilenglicol son de mayor importancia en la elaboración de refrigerantes debido a la baja presión que presenta al momento de su operación, además, el punto de ebullición que presentan los nanofluidos puede aumentar la temperatura normal de funcionamiento al rechazar el calor [2].

1.3.7. Viscosidad

Una de las propiedades que más influye en el estudio de un cierto fluido, también se le puede denominar la resistencia a las deformaciones o a fluir de un fluido, sean estas producidas por tensiones de tracción o cortantes [2].

1.3.8. Velocidad de deformación o Cizallamiento

El cizallamiento que se produce en estos procesos va relacionado con el material utilizado y la velocidad relativa de movimiento. El rotor y estator requieren un esfuerzo que se genera alrededor del recipiente una velocidad o tasa de deformación de acuerdo con la velocidad relativa dividida a la distancia entre rotor y el estator. A continuación,

se detalla las velocidades de cizallamiento en base a varios procesos requeridos en varios campos industriales [3].

Tabla 1. 1.-Velocidad de deformación o Cizallamiento. Adaptado [Autores]

PROCESO	γs^{-1}	PRODUCTO
Sedimentación de polvo fino	$10^{-6}, 10^{-4}$	Pinturas, medicamentos
Esparcimiento	$10^{-2}, 10^{-1}$	Pinturas, tintas Drenaje
Drenaje	$10^{-1}, 10^{-1}$	Pinturas, producto wc
Extrusión	$10^0, 10^2$	Polímeros
Masticación, deglución	$10^1, 10^2$	Productos alimenticios
Educción por hundimiento	$10^1, 10^2$	Pinturas, confites
Agitación, Mezclado	$10^0, 10^3$	Líquidos industriales
Bombeo, flujo en tubería	$10^{-6}, 10^{-1}$	Líquidos
Atomización, brochazo	$10^3, 10^4$	Pinturas, asfalto
Incorporación de pigmentos	$10^3, 10^5$	Pinturas, tintas
Aplicación de frotación	$10^4, 10^5$	Cremas, lociones
Recubrimiento de papel	$10^5, 10^6$	Salas de recubrimiento
Lubricación	$10^3, 10^7$	Aceites

Los fluidos tales como gases, agua, gasolina, entre otros, pertenecen a la categoría de los fluidos clásicos o denominados sencillos, es decir que no son considerados por sus propiedades mecánicas sino por su viscosidad. Para dispersiones polifásicas gas-líquido, líquido-líquido o sólido-líquido condicionan el comportamiento por el fluido homogéneo. Por otro lado, los fluidos obtenidos en base a esfuerzos buscando fijar sus propiedades ya sean emulsiones o suspensiones todo con la disminución de la viscosidad a medida que el cizallamiento aumenta. Esto indica la fusión de propiedades de cada uno de los fluidos o partículas intervenidas en el comportamiento reológico [3].

1.3.9. Fluido newtoniano

Estos fluidos mantienen una viscosidad constante y sencillos de describir. Estos fluidos adaptan la forma que tenga su contenedor, mantiene una relación entre el esfuerzo cortante o cizallamiento. Estos fluidos presentan condiciones normales de presión y temperatura. Son independientes del aplicado [3].

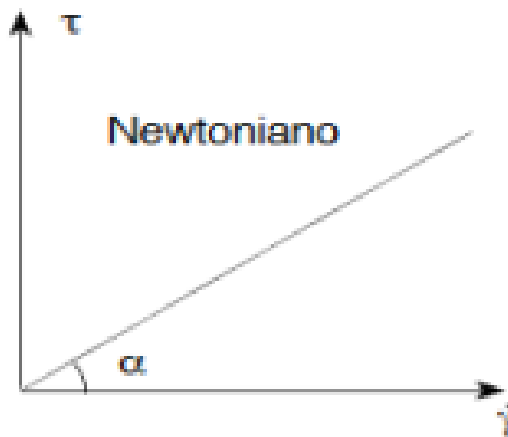


Figura 1. 3.-Fluido newtoniano [3]

1.3.9.1. Fluido no newtoniano

Si el esfuerzo no es proporcional a la velocidad de cizalla y la viscosidad varía de acuerdo con la temperatura se lo denomina fluido no newtoniano. Es decir, se deforma o cambia de estado si se le aplica presión o fuerzas y depende de la gradiente de velocidad [3].

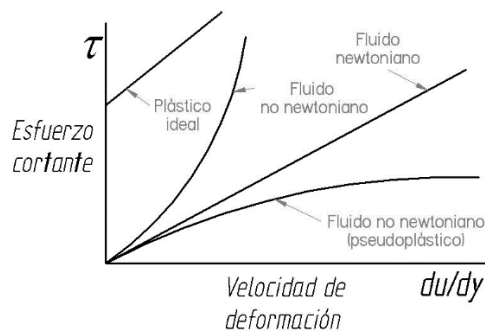


Figura 1. 4.-Fluido no newtoniano [3]

1.3.10. Reología

Es la ciencia que estudia la deformación y flujo de materiales. Lo cual permite definir ciertos parámetros de cizalla simple, mediante un modelo platos paralelos (paredes de contenedores de fluido), las mismas que contienen en su intermedio el fluido, el cual que se moverá al aplicarle una fuerza se producirá una velocidad determinada [4].

El cizallamiento sobre el material se relaciona con la velocidad relativa del movimiento y la distancia entre los platos como se puede apreciar a continuación en el siguiente gráfico.

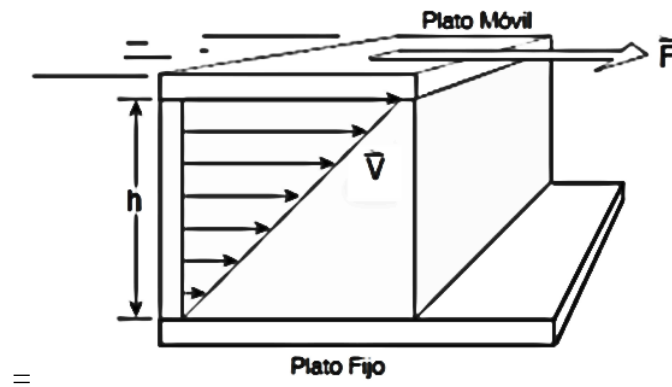


Figura 1. 5.-Fuerza de cizallamiento [4]

De acuerdo con el modelo anterior se puede extraer la relación siguiente:

$$\gamma(s^{-1}) = \frac{v \left(\frac{cm}{s} \right)}{h(s)} \quad (Ec. 01)$$

Algunos materiales se clasifican por su viscosidad la cual se determina de la siguiente manera: existe una relación entre la velocidad de cizalla o el esfuerzo [4].

$$\tau = G \cdot \gamma \quad (Ec. 02)$$

Donde G representa el módulo de cizalla, al analizar sólidos a una cierta temperatura en un intervalo de deformación reversible. Se presenta una constante de material entre el esfuerzo y su deformación de acuerdo con la ley de Newton que cumplen los líquidos ideales.

$$\tau = \frac{dy}{dt} = \eta \cdot \gamma \quad (Ec. 03)$$

Donde η es denominado la viscosidad del líquido, estos comportamientos determinan a los materiales viscoelásticos [4].

1.3.10.1. Ensayos reológicos

Estos ensayos se realizan mediante la curva de flujos en cizalla, es decir, son ensayos tradicionales en reología de fluidos. Estos ensayos se los realiza en estado estacionario lo cual nos indica que no dependerá del tiempo de cizallamiento. Se puede variar la velocidad angular y medir el par de torsión lo cual nos indicará la variación de la viscosidad del fluido [4].

1.3.10.2. Comportamiento no dependiente del tiempo de cizalla

Aparentemente la viscosidad disminuye con la velocidad de cizalla y se los denomina fluidos pseudoplásticos, mientras que los dilatantes aumentan su viscosidad con la velocidad de cizalla [4].

1.3.10.3. Comportamiento dependiente del tiempo

Diversos productos dependen de la velocidad y del tiempo de cizalla, en estos fluidos pueden recuperar sus propiedades reológicas originales. Los cuales se pueden establecer a continuación: [4].

Tixotropía. - dicho fluido se somete a una velocidad de cizalla constante provocando la disminución de su viscosidad. Pero al perder el efecto de cizallamiento vuelve a su estado natural a través del tiempo.

Anti-tixotropía. - la viscosidad aumenta con el tiempo de cizallamiento, es decir mientras más tiempo se le aplica se obtiene una mayor viscosidad y a su vez recupera sus propiedades luego de que se le omita la aplicación del cizallamiento [4].

1.3.11. Fuerza de cohesión

La fuerza de cohesión es básicamente la que trata de mantener unidas a las moléculas de dos sustancias, esta fuerza es producida por la estructura y forma de moléculas las cuales están distribuidas en una órbita irregular, si dos moléculas se atraen crean una

atracción eléctrica, quiere decir que la cohesión fuerza a la tensión superficial a que cree un estado de condensación [4].

La cohesión entre sólidos es mayor a diferencia de los líquidos, las moléculas que se encuentran en el interior de un recipiente son atraídas a todas las direcciones, esto provoca que las fuerzas se anulen unas con otras [4].

1.3.12. Tensión superficial

Las moléculas son atraídas entre ellas las cuales generan un fuerza neta hacia la parte inferior del fluido. Gracias a esta fuerza la superficie se comporta como una membrana elástica [4].



Figura 1. 6.-Tensión superficial [4]

La tensión superficial trata de la fuerza que realiza un líquido para generar una membrana elástica en su superficie.

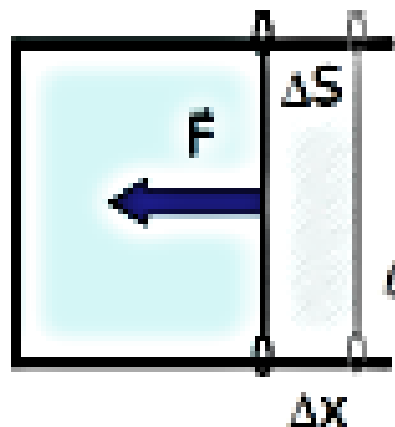


Figura 1. 7.-Fuerza de tensión superficial [4]

Cuando las moléculas de un líquido están sometidas a una fuerza resultante, son jaladas hacia la parte inferior del recipiente, las moléculas se acomodan de forma que conforman una nueva superficie. Esto se logra gracias a la forma de las gotas que son esféricas, lo cual provoca que la superficie se encuentre en un estado de tensión. La tensión superficial depende de la fuerza de cohesión que se aplique en el líquido [4].

1.3.13. Adhesión o adherencia

Cuando se requiere mezclar o unir dos sustancias diferentes estas generan una fuerza de atracción, básicamente las sustancias líquidas se adhieren a las sustancias sólidas si esto sucede quiere decir que la fuerza de adhesión es más fuerte que la fuerza de cohesión.

Al mezclar dos sustancias diferentes como un líquido y un sólido en la superficie de contacto se producen dos fuerzas de tendencia opuesta, la fuerza de adhesión tratará de mantener unidas las moléculas del líquido con las moléculas del sólido y la fuerza de cohesión mantendrá unidas las moléculas del líquido [4].

Según las magnitudes de las fuerzas se determina diferentes tipos de resultados, si la fuerza de cohesión es mayor a la fuerza de adherencia el líquido mantiene su forma y una tensión superficial menor por lo que el sólido no se mojará. Si la fuerza de adherencia es mayor que la fuerza de cohesión, las moléculas de líquido se distribuyen uniformemente sobre el sólido, en este caso se llega a mojar el sólido, para que suceda uno de los dos procesos depende de las características que posean los materiales, en algunos casos el líquido determina el estado final del sólido [4].

1.3.14. Mezcladores

En Estados Unidos se crearon los primeros modelos de mezcladores de alta cizalladura gracias a la investigación de grandes científicos [12].

1.3.15. Mezcladores de cizalla

En la industria se utilizan diferentes tipos de mezcladores de acuerdo con la necesidad estos pueden ser: Cosméticos, Adhesivos, Alimentos, Revestimientos, Productos

farmacéuticos entre otros, eso depende del proceso que va a cumplir, pueden estar inmersos en mezclar emulsiones o en una línea de producción. Se tiene que generar una alta velocidad para crear el nanofluido y el cabezal de trabajo pueda generar la fuerza de cizalla.

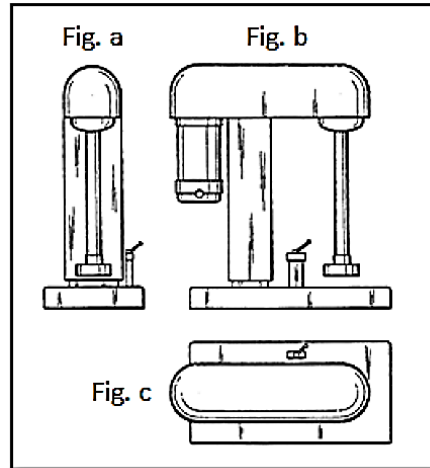


Figura 1. 8.-Partes del Mezclador [12]

Podemos observar figura 1.8. el homogeneizador tiene tres partes importantes como son la estructura (Fig. b), soporte del motor (Fig. c) y el cabezal de trabajo (Fig. a), el cual tiene como finalidad realizar la mezcla del producto final [12].

1.3.16. Tipos de mezcladores (Homogeneizadores)

Existen una gran variedad de homogeneizadores por lo cual se han dividido en dos grupos.

- Mezcladores en línea
- Mezcladores por lote

1.3.16.1. Mezcladores en línea

Este modelo de mezclador tiene un depósito individual en donde se encuentra el material el cual está separado de la cámara de mezcla, con esto se logra reducir los tiempos de producción a comparación con otro tipo de mezcladores. Si el producto contiene una viscosidad baja el mezclador no utiliza la bomba adicional donde se

realiza una sola pasada, pero si el producto tiene la viscosidad alta es necesaria una bomba adicional [12].

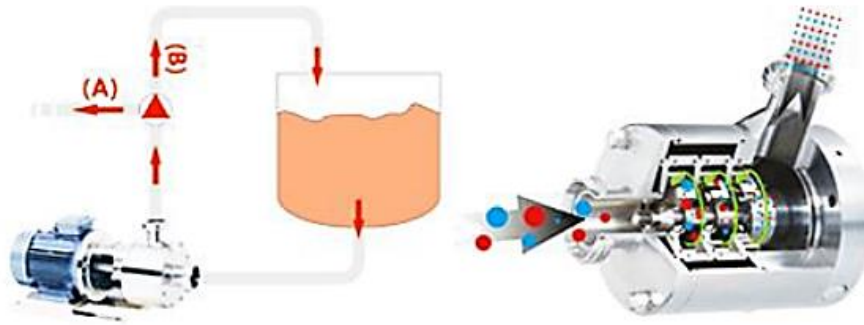


Figura 1. 9.-Mezclador en línea [12]

Como la tecnología avanza existen un sin número de mezcladores de línea modernos los cuales procesan productos con un alto grado de viscosidad con su diseño de rotor-bombear que aumenta la eficiencia de trabajo, este proceso elimina a la bomba adicional de los mezcladores lineales estándar [12].

1.3.16.2. Mezcladores por lotes

Estos mezcladores se caracterizan por la utilización del cabezal sumergido en un recipiente, constan de un sistema de elevación de acuerdo con su necesidad puede ser hidráulico, mecánico o eléctrico, el que ayuda a que el cabezal ingrese de una forma correcta en el recipiente [12].

1.3.16.2.1. Tipos de mezcladores por lote

1.3.16.2.2. Mezcladores de inmersión con propósito multiplex

Este tipo de mezcladores tiene la capacidad de ser ensamblados en partes móviles de construcción y en suelos hidráulicos, lo cual permite una cierta movilidad de estación

en estación para que el proceso se realice en múltiples etapas utilizando un cabezal intercambiable [12].



Figura 1. 10.-Mezcladores de inmersión con propósitos múltiples [12]

1.3.16.2.3. Mezcladores de laboratorio

Estos modelos se los utiliza para pruebas y experimentos de laboratorio ya que su capacidad de producción es hasta 12 litros, en algunos casos se los utiliza en líneas producción proporcionando caudales de hasta 20 litros, esta unidad tiene un control que supervisa la ascenso y descenso del cabezal de trabajo esto ayuda a mantener una mayor limpieza de este [12].



Figura 1. 11.-Mezcladores de laboratorio. [12]

1.3.16.2.4. Mezclador de aire comprimido

Este dispositivo es accionado por un motor de aire comprimido al cual se puede adaptar cualquier tipo de cabezal de trabajo, comparten las mismas funciones que el mezclador de laboratorio e incluso la capacidad de producción de 12 litros [12].



Figura 1. 12.-Mezclador de aire comprimido [12]

1.3.16.2.5. Mezcladores con unidad sellada

Este mezclador está diseñado como una unidad sellada para evitar el contacto con cualquier forma de contaminación, trabaja solo con materiales que se encuentran esterilizados, también puede trabajar al vacío gracias a sus componentes adicionales, tienen una capacidad de hasta 5 litros en mezclas de baja escala de producción [12].



Figura 1. 13.-Mezcladores con unidad sellada [12]

1.3.16.2.6. Homogeneizadores ultrasónicos

Este homogeneizador utiliza energía ultrasónica para producir un alto cizallamiento de una manera eficaz y eficiente y destruir las mezclas aglomeradas de polvo- líquido y líquido-líquido, lo cual produce un producto con una consistencia muy fina y uniforme estos homogeneizadores tiene la capacidad de 1,5 ml a 2 litros de volumen [12].



Figura 1. 14.-Homogeneizadores ultrasónicos. [12]

1.3.17. Funcionamiento de un homogeneizador

Los homogeneizadores cumplen cuatro fases de funcionamiento

Fase 1

El mecanismo de cabezal de trabajo es accionado por el mecanismo de potencia, el cabezal de trabajo gracias a su turbina succiona las partículas las cuales son cizalladas en el centro del cabezal [13].

Fase 2

En el interior del cabezal las partículas son disparadas hacia la periferia del recipiente son expuestos a un esfuerzo entre las cuchillas y el cabezal de trabajo. [13].

Fase 3

A través del estator los materiales salen a gran velocidad debido a un intenso cizallamiento hidráulico, los materiales recirculan en el depósito de la mezcla. Las

partículas se disminuyen de dimensión al momento que están fuera del estator esto se debe a que la presión que existe en el recipiente cae bruscamente [13].

Fase 4

Los materiales salen a una gran velocidad de forma radial hacia todas las direcciones del depósito, al mismo tiempo simultáneamente el material vuelve a reingresar al cabezal de trabajo cumpliendo un ciclo permanente de mezclado. El efecto de succión que produce el cabezal genera una expulsión radial, que reduce la aireación que se produce por la turbulencia del líquido en su superficie [13].

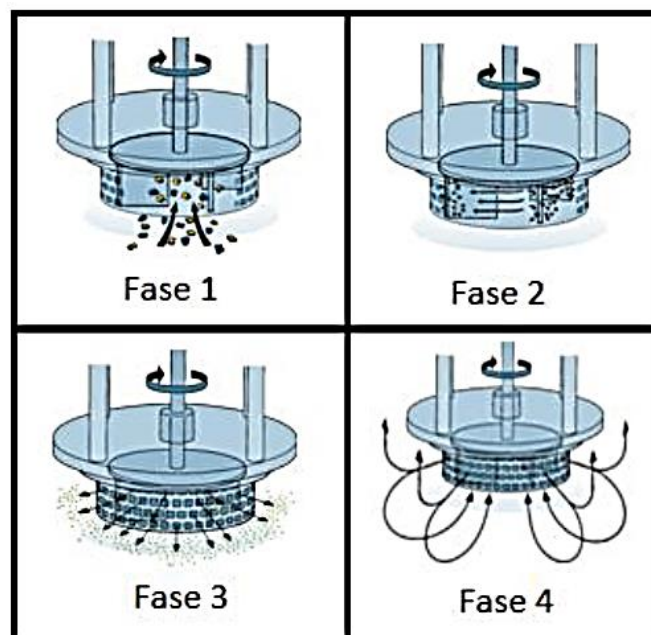


Figura 1. 15.-Funcionamiento del cabezal de trabajo [13]

1.3.18. Cabezal de trabajo

Los cabezales de trabajo son de diferentes tipos cada uno de ellos tiene distintas características que ayudan a producir el cizallamiento para que la mezcla se combine adecuadamente. Además, los cabezales ayudan a que los materiales cumpla el proceso de homogenizar, disolver, dispersar, reducir partículas y emulsionar. El diseño de los cabezales esta realizado de una forma exacta para que sean fácilmente intercambiables, con esto se puede combinar diferentes tipos de materiales, sólido-líquido, líquido-líquido [14].

1.3.19. Conjunto rotor-estator

Este conjunto es una parte del cabezal de trabajo, está diseñado de una forma que la superficie contenga ranuras con un número determinado, las ranuras ayudan que el material ingresado por el rotor choque con la superficie del estator, el material es obligado a girar por las secciones transversales de las ranuras.

En el interior del cabezal de trabajo las partículas que se encuentran en el estator tienden a chocar con las ranuras del rotor y viceversa, con el movimiento del rotor las partículas con obligadas a atravesar la zona de alto cizallamiento, esto depende del diseño de las ranuras y la profundidad que se encuentre en el depósito [14].

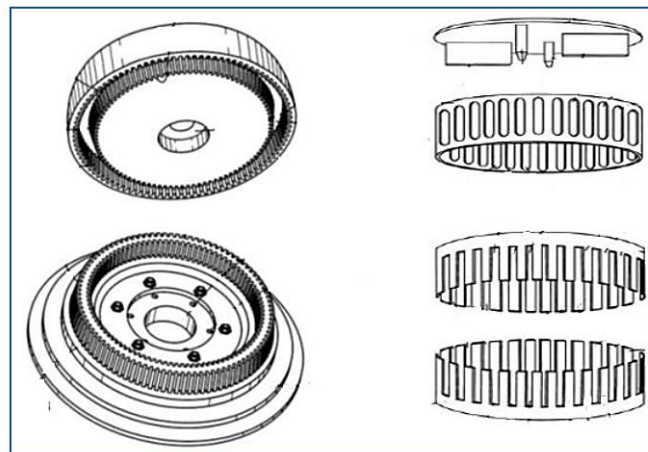


Figura 1. 16.-Cabezal de trabajo [14]

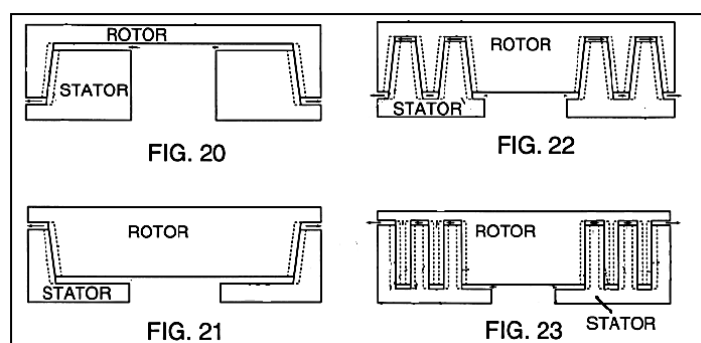


Figura 1. 17.-Rotor-Estator [14]

1.3.20. Cabezal desintegrado para uso general

Con este tipo de cabezal se produce una intensa acción de la mezcla, se lo utiliza para la desintegración de sólidos, geles, empastes, disoluciones y papillas ya que tiene un diseño versátil, tiene un uso general [14].



Figura 1. 18.-Cabezal desintegrado para uso general [14]

1.3.20.1. Cabezal desintegrador ranurado

Este cabezal se lo utiliza para la desintegración y emulsión de materiales elásticos como polímeros, y también para materiales fibrosos como tejidos animales o vegetales, y materiales sintéticos como maderas, gomas y asfaltos [14].



Figura 1. 19.-Cabezal desintegrador ranurado [14]

1.3.21. Malla de alto Cizallamiento de agujeros cuadrados

Este tipo de malla se utiliza para dispersar materiales sólidos a tamaños soluble e insoluble, el cizallamiento con este cabezal de trabajo es alto, no es necesario que el material tenga algún tratamiento previo, con un material soluble se consigue una mezcla muy fina, y con un material insoluble se consigue una pulpa suave [14].



Figura 1. 20.-Malla de alto Cizallamiento de agujeros cuadrados [14]

1.3.22. Cabezal emulsor y malla emulsora

Comúnmente a este tipo de cabezales se lo utiliza para realizar combinaciones de líquido-líquido, contiene mallas finas, mediana y gruesa dependiendo los materiales a combinar este cabezal es adecuado para todo tipo de emulsiones [14].



Figura 1. 21.-Cabezal emulsor y malla emulsora [14]

1.3.23. Motor trifásico SIEMENS

Este tipo de motores de corriente directa son utilizados en una gran parte de la industria por su eficiencia al momento de trabajo, peculiarmente este tipo de motores no tiene escobillas es decir es un motor sin escobillas, los diferentes tipos de motores se los puede controlar con un variador de frecuencia, controlando su velocidad y posición.[15].

1.3.24. Principio de funcionamiento

Este tipo de motores asíncronos basa su acción en un flujo giratorio generando un circuito estático sobre corrientes inducidas al circuito del rotor. La velocidad en este tipo de motores es inferior al sincronismo (velocidad de flujo giratorio), en este caso

los conductores del rotor generan un movimiento relativo entre el flujo giratorio y los respectivos conductores, bajo el principio de su frecuencia industrial y funcionamiento actuando sobre la frecuencia de alimentación del motor, pudiendo regular su velocidad, amortiguar el arranque y hasta frenarlo todo esto con un arrancador estático que gracias a los avances tecnológicos se han logrado fabricarlos [15].

1.3.25. Partes de un motor eléctrico

Este motor consta de dos partes, una fija y otra móvil. La parte fija consta del estator donde se encuentran los bobinados y en la parte móvil consta del rotor en donde se encuentran los imanes permanentes [15].

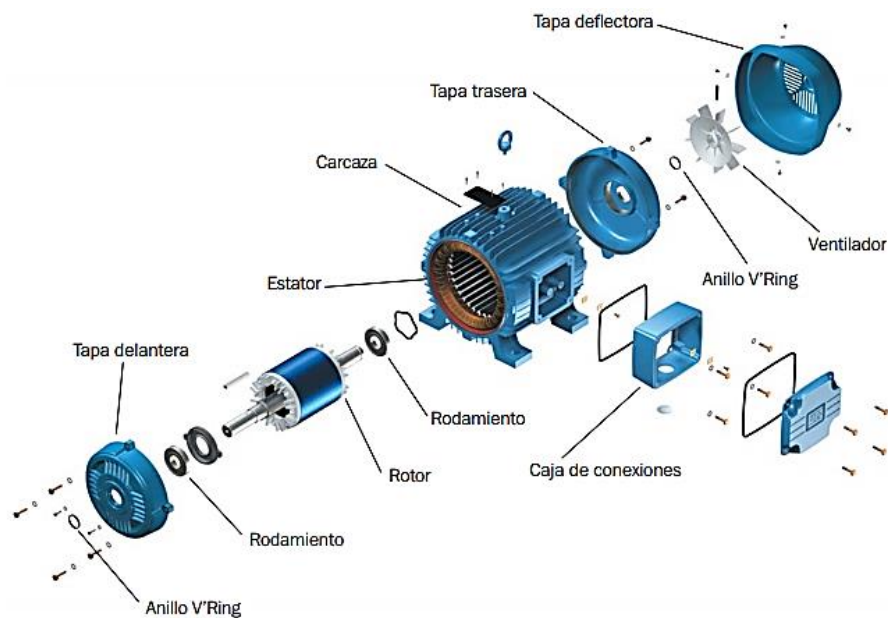


Figura 1. 22.-Partes de un motor Siemens. [15]

1.3.25.1. Estator

Se sitúa en bobinado inductor, lleva la culata constituida de acero laminado donde se ubican los núcleos de los polos encargados de producir el campo magnético.

1.3.25.2. Rotor

Son chapas magnéticas y superpuestas en las cuales se encuentran alojados los bobinados.

1.3.25.3. Colector

Alojan las conexiones de los bobinados del inducido.

1.3.25.4. Escobillas

Encargadas de recoger la electricidad. Reemplazables en cada mantenimiento realizado.

1.3.26. Ventajas y desventajas del motor eléctrico

Este motor tiene muchas ventajas gracias a gran torque y su diseño es ideal para posicionarlo en espacios reducidos [15].

- Bajo costo de adquisición
- Bajo costo de fabricación
- Poco mantenimiento
- Una mayor eficiencia
- Un mayor rango de velocidad
- Tiene una relación de velocidad-par motor excelente
- Necesita un variador de frecuencia para generar más velocidad
- Instalación de controlador electrónico externo [15].

Tabla 1. 2.-Comparación de motores con y sin escobillas [15].

	Motor con escobillas	Motor sin escobillas
Requisitos de control	No se requiere control si no se requiere una variación de velocidad.	Para mantener el motor en funcionamiento es necesario el controlador. Necesario para variar la velocidad
Control	Simple y barato	Complejo y caro
Costo de construcción	Barato	Alto. Debido a que en su estructura contiene imanes permanentes
Rango de velocidad	Mínimo, además las escobillas imponen el límite	Alta. No presenta limitaciones mecánicas
Inercia del rotor	Alta, limita las características dinámicas	Baja. Su rotor contiene imanes permanentes
Potencia de salida / Tamaño	Reducida, de acuerdo con el calor generado en la armadura aumenta la temperatura y limita sus características ya que es disipado en su interior	Alta. Presenta mejores características térmicas porque los bobinados se sitúan en el estator por lo cual tiene mayor disipación de calor
Eficiencia	Moderada	Alta. No presenta disminución de tensión por las escobillas
Curva velocidad / torque	Moderada. Se puede reducir el par debido al aumento de fricción de las escobillas por el aumento de velocidades.	Plana. Operación a todas las velocidades con carga definida
Durabilidad	Menor	Mayor
Mantenimiento	Constantemente	Bajo

Conmutación	Conmuta de acuerdo con sus escobillas	Presenta sensores en posición de efecto Hall la cual basa su conmutación electrónica.
--------------------	---------------------------------------	---

1.3.27. Variadores de velocidad

Son dispositivos electrónicos destinados para controlar motores trifásicos, motores de corriente continua (variación de tensión) y motores de corriente alterna (variación de frecuencia). En el campo industrial también se le denomina inversores.

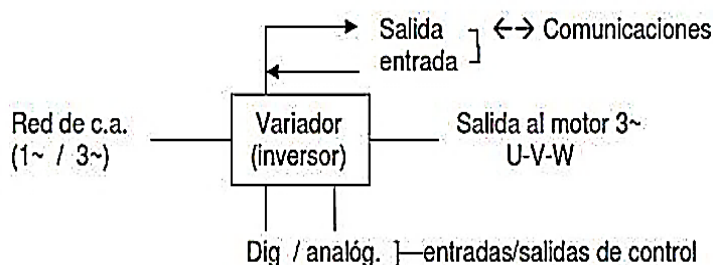


Figura 1. 23.-Variador de Velocidad [16]

Entradas y salidas. Pueden ser digitales o analógicas de acuerdo con los valores de tensión e intensidades. Además, pueden contar con terminales de alarma.

Comunicaciones. Permite el control de la programación y monitorización del inversor y más componentes empleados en el control [16].

Red de suministro. En motores trifásicos puede alcanzar una potencia de hasta 630 kW.

1.3.28. Variadores para motor trifásico

La velocidad en el eje de un motor asíncrono depende del número de polos magnéticos del motor, además de la frecuencia y de su red de suministro [16].

$$n = \frac{f}{2p} \quad (Ec. 04)$$

Donde:

n . Su velocidad se establece en rpm

f . Frecuencia de la red expresada en Hz.

$2p$. Número de pares del motor.

1.3.29. Impulsadores

1.3.29.1. Impulsor de hélice

Este tipo de impulsor de hélice forma un flujo axial, se lo utiliza para líquidos de baja viscosidad porque trabaja a altas velocidades, las hélices grandes que utilizan una transmisión directa con una velocidad que varía de 400 a 800 rpm. Y las pequeñas entre 2000 a 4000 rpm. Las hélices producen una corriente de flujo que es provocada por el impulsor, que genera una corriente determinada que fluye en todo el depósito. El flujo que se genera es axial, es un fluido altamente turbulento, el cual genera un remolino, arrastrando el fluido para que no llegue a estancarse en el depósito, las hélices del impulsor cortan el fluido que provoca resistencia son eficaces en depósitos de gran tamaño, se lo utiliza para la suspensión de fluidos y para homogenizar [17].

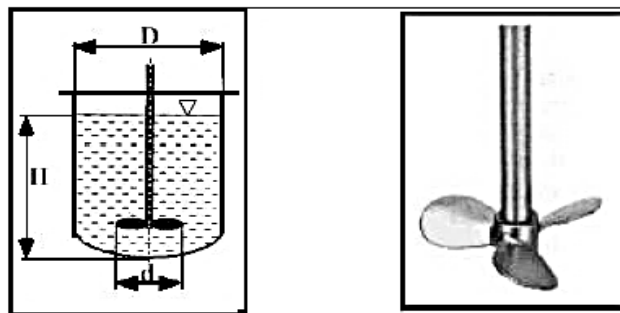


Figura 1. 24.-Impulsores de hélice [17].

1.3.29.2. Impulsores de turbina

Está compuesto con numerosas palas, las que giran a altas y medianas velocidades, el eje está ubicado en el centro del recipiente, las placas pueden ser curvas o rectas, estas pueden estar inclinadas o verticales, así como el impulsor puede estar abierto, cerrado o semicerrado. Una de las consideraciones del diámetro de la turbina es que varía del

50 al 30% del diámetro del recipiente, este tipo de impulsores son utilizados para grandes intervalos de viscosidades ya que son los más eficaces para distribuir el fluido en todas las áreas del estanque, y así descomponen las bolsas de aire que se forman en el estanque [17].

En las áreas cercanas del impulsor se generan corrientes muy fuertes dando origen a un flujo turbulento al igual que un esfuerzo cortante, los flujos que se generan son radiales y tangenciales, la componente tangencial ayuda a la formación del remolino [17].

1.3.29.3. Impulsador de hojas planas

Este tipo de impulsor genera un flujo de tipo radial que se dirige hacia las paredes del recipiente, el movimiento es perceptible. Este tipo de impulsor se lo utiliza para fluidos con una viscosidad cercana a 0,11 Pa.s. [17].

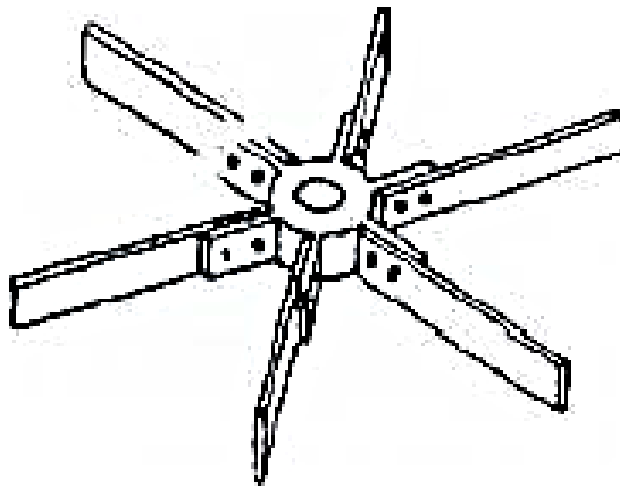


Figura 1. 25.-Impulsador de hojas planas [17]

1.3.29.4. Impulsor de hojas inclinadas

Este tipo de impulsor realiza una combinación entre flujos radiales y axiales, son utilizados para homogenizar diferentes tipos de sustancias, también mejora la transferencia de calor en el inferior del recipiente [17].

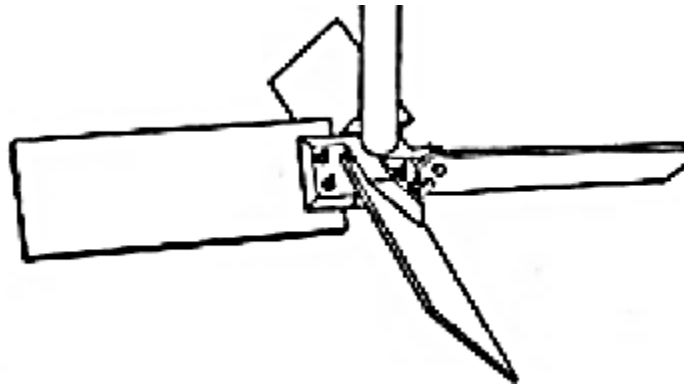


Figura 1. 26.-Impulsador de hojas inclinadas [17]

1.3.29.5. Impulsor de hojas curvas

Este tipo de impulsor se lo utiliza para la dispersión de diferentes materiales fibrosos que contienen un torque menor a las hojas planas [17].

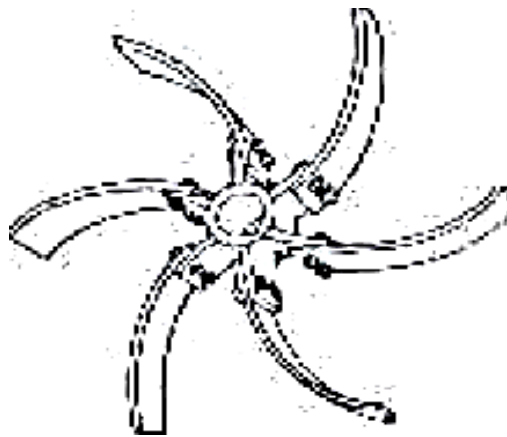


Figura 1. 27.-Impulsador de hojas curvas [17]

1.3.29.6. Impulsor de disco con hojas planas

Este impulsor genera flujos axiales y radiales y el diámetro varía del 30 al 50% del diámetro del recipiente poseen hojas planas o curvas, lo cual le ayuda a que se genere un efecto estabilizante en la corriente del fluido [17].



Figura 1. 28.-Impulsador de disco de hojas planas [17]

1.3.30. Flujo axial, radial y tangencial

El tipo del flujo depende del impulsor que se utiliza, del tamaño del recipiente, las diferentes características de las sustancias. El flujo en cualquier parte del recipiente tiene tres componentes, estas dependen de la velocidad y las variaciones del movimiento. La componente radial se encuentra cuando la dirección del movimiento actúa de forma perpendicular al eje del impulsor, la componente axial actúa a la misma dirección o en dirección paralela al eje del impulsor, las componentes tangenciales actúan en una dirección tangente a la trayectoria circular del movimiento.

Los impulsores definen el movimiento del flujo, los impulsores de turbinas planas generan flujos radiales, los impulsores con hélices que no tengan un ángulo mayor 90° y los impulsores de palas generan flujos tangenciales en bajas velocidades [17].

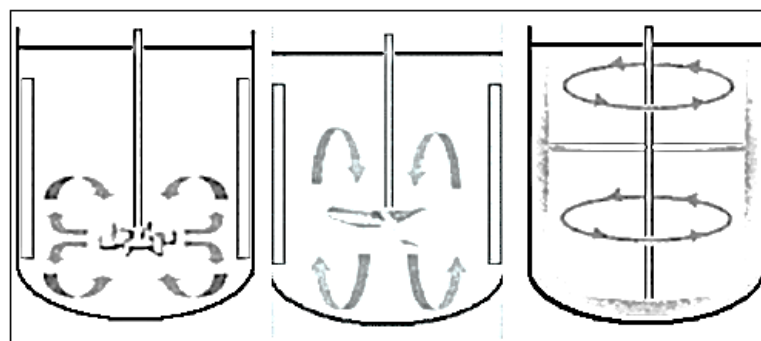
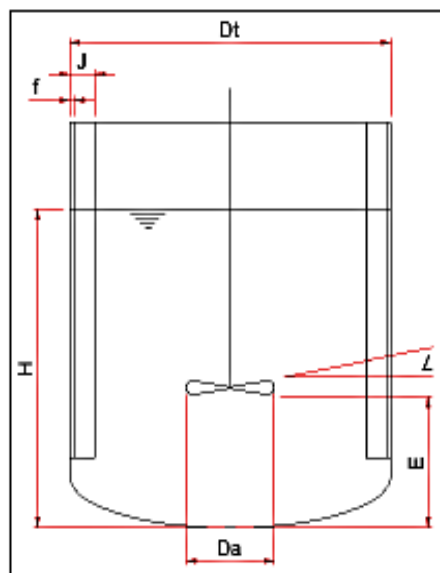


Figura 1. 29.-Tipos de flujos [17]

1.3.31. Semejanzas geométricas

Para un diseño del homogeneizador existen una gran cantidad de variables que se debe considerar como el diámetro del estanque (D_t), ancho y cantidad de las placas (J), alturas del fluido (H), distancia desde el fondo del estanque hasta el impulsor (E). Los parámetros que se deben tener en cuenta para el diseño del homogeneizador ayudan a determinar las condiciones adecuadas para el funcionamiento del mismo, se utilizan las semejanzas geométricas para el dimensionamiento del cabezal de trabajo.

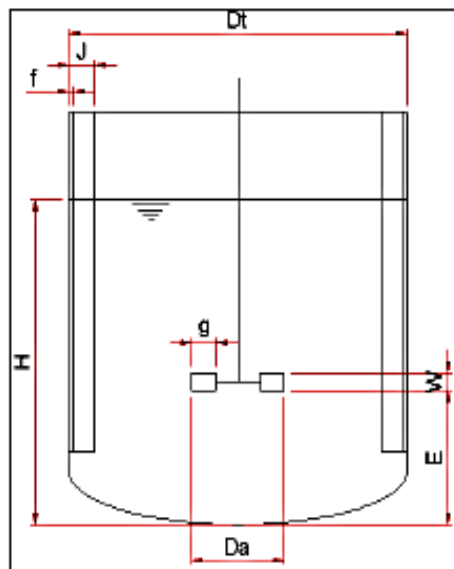
En la figura 1.30. se establecen las semejanzas geométricas relacionadas con las dimensiones del estanque, en un sistema de homogenización de tipo hélice y tipo turbina [17].



Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice.

$H / Dt=1$	$Da / Dt=0.33$	$E / Dt=0.33$
$\leq 25^\circ$	$J / Dt=0.1$	$f / J=0.02$

Figura 1. 30.-Semejanzas geométricas de un impulsor tipo hélice [17]



Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina.

$H / Dt=1$	$Da / Dt=0.33$	$E / Dt=0.33$
$W / Da= 0.2$	$g / Da=0.25$	$J / Dt=0.1$
$f / Dt=0.02$		

Figura 1. 31.-Semejanzas geométricas de un impulsor tipo turbina [17]

1.4. Acero AISI 304

El acero inoxidable es una aleación que contiene un porcentaje bajo de carbono y un 11% de cromo, algunos aceros comerciales cumplen con un rango de 11% de cromo y un 0,8% de carbono como valores mínimos en algunos casos se les añade un porcentaje de níquel.

Una de sus propiedades es su alta resistencia que tiene a la corrosión ya que contiene una capa en la superficie que la protege la cual es muy fina. Gracias a esta capa el acero puede soportar condiciones fuertes que produce el medio ambiente. Cuando se aplica un 18% de cromo la aleación soporta condiciones extremas.

1.4.1. Elementos de aleación y su influencia

1.4.1.1. Cromo

Este brinda la resistencia a la formación del óxido, pero tiene una pequeña desventaja: no tiene resistencia cuando se lo somete a altas temperaturas.

1.4.1.2. Níquel

Este elemento mejora la resistencia a la oxidación, mejora la tenacidad y la ductilidad, aumenta la resistencia eléctrica y a la fatiga, mejora la capacidad de soldado, se lo añade para mejorar sus propiedades mecánicas.

1.4.1.3. Molibdeno

Este elemento mejora la resistencia de la oxidación en medios no oxidantes y por picadura en todos los lados, mejora la resistencia a temperaturas elevadas.

1.4.2. Ventajas del acero inoxidable

- Resistencia a la corrosión en condiciones extremas a la atmósfera, puede resistir a la corrosión en medios ácidos.
- Resistencia a altas y bajas temperaturas a variaciones térmicas.
- Facilidad en la manipulación para soldar, forjar y mecanizar.
- Resistencia mecánica se los puede realizar tratamientos térmicos para obtener una alta resistencia en componentes.
- El acero inoxidable tiene diferentes presentaciones, ejes, planchas, etc.
- Se lo utiliza en instalaciones alimenticias, farmacéuticas, hospitales y cocinas.
- Es barato y eficiente.

La resistencia oxidación en este tipo de acero depende del contenido de cromo, esto permite que sean usados hasta temperaturas de 870° C o incluso a veces pueden superar esta temperatura.

Tabla 1. 3.-Propiedades de los aceros. [18]

Tipo de acero propiedades	AISI 420 13% Cromo	AISI 430 18% Cromo	AISI 304 18% Cr y 8% Ni
Magnetismo	Si	Si	No
Resistencia a la oxidación	En contacto con la atmósfera	Usos interiores, pero presenta problemas en exteriores	Excelente
Dilatación Térmica	Casi igual al acero de bajo carbono	Casi igual al acero de bajo carbono	1.5 veces superior al acero de baja aleación
Conductividad Térmica	Mitad que la del acero de bajo carbono	Mitad que la del acero de bajo carbono	Triple que la del acero de bajo carbono
Soldabilidad	Baja	Media	Excelente

Los aceros inoxidable AISI 304 son aleaciones de hierro, los cuales tiene una gran tolerancia a altas temperaturas y es muy dúctil a bajas temperaturas, es muy manejable ideal para ser aplicado en diferentes procesos, es el más barato del mercado a diferencia de otros tipos de acero inoxidable, tiene una facilidad para realizar su limpieza [18].

1.5. Acero A 36

En la actualidad el acero A36 es una aleación de carbono que en el mercado está creciendo rápidamente, a diferencia de otros aceros que tienen una resistencia superior. El acero contiene varias propiedades, una densidad de 7860 kg/m³, de acuerdo con su espesor el límite de fluencia varía si tienen un espesor menor a 8 plg, el límite de fluencia es de 250 Mpa y su límite de rotura de 400 Mpa. Si el espesor es mayor a 8plg su límite de fluencia es de 220 Mpa el mismo que su límite de rotura [19].

El acero A36 tiene diferentes formas de presentación el cual lo podemos encontrar como planchas, perfiles, tubos, barras, láminas, platinas, este material es el más usado a pesar de que tiene un gran costo volumétrico, una de las ventajas del acero es la capacidad que tienen para ampliarse o modificarse y moldearlo cuando sea necesario, una de las desventajas del acero A 36 es que demanda un alto costo de conservación [19].

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2. Métodos

En este capítulo hablaremos de las consideraciones más importantes que se debe tomar en cuenta para realizar el diseño dinámico del eje rotatorio y los diferentes cabezales de trabajo para posteriormente realizar la construcción de un prototipo que contenga materiales adecuados y eficientes, también se describirán los métodos más adecuados para realizar el trabajo técnico de investigación.

Existen varios tipos de homogeneizadores de alto cizallamiento cada uno con características y usos diferentes, para cubrir la necesidad del Laboratorio de Ingeniería Mecánica se debe considerar los materiales a combinarse, la capacidad del depósito de mezclado y esencialmente que la máquina sea fácil de maniobrar y que sea portátil.

2.1. Materiales

Los materiales empleados para la construcción del dispositivo se detallan en el Tabla 2.1.

Tabla 2. 1.-Materiales [Autores]

Materiales	
Plancha de acero A36	Perfil cuadrado 2x2,5cm
Eje de acero inoxidable AISI 304 D= 5/8"	
Eje de acero inoxidable AISI 304 D= 3/8"	
Mordazas Impresión 3D	
Motor Siemens	
Vidrio templado	

2.2. Determinación de partes y equipos

Las partes del homogeneizador se describen rápidamente al igual que el material de construcción, características y funcionamiento.

2.2.1. Cabezal de trabajo

El cabezal de trabajo es el dispositivo que nos ayuda en la unión de las sustancias, a través de una estrangulación provocado por el alto cizallamiento. En este proceso se reduce el tamaño de las partículas, el material que se va a utilizar para su construcción es acero inoxidable AISI 304, anterior a esto se realizará un diseño mecánico mediante un software para luego seguir con el proceso de mecanizado.

2.2.2. Base soporte

Es la parte que soporta toda la estructura de la máquina, esta debe ser robusta para poder equilibrar el peso del motor, el material de construcción va a ser acero A 36. anterior a esto se realizará un diseño mecánico mediante un software.

2.2.3. Eje de rotación

Es el encargado de transmitir el movimiento del motor hacia el estator el cual se encuentra con el cabezal de trabajo, su material de construcción es acero AISI 304. Anterior a esto se realizará un diseño mecánico mediante un software para luego seguir con el proceso de mecanizado.

2.2.4. Motor

El motor que utilizaremos tiene la capacidad de entregar una velocidad angular de (3600) rpm, mediante un mecanismo de transmisión de potencia se generará 8000 rpm, lo cual nos ayuda a obtener la velocidad adecuada para crear los nanofluidos y una consistencia requerida.

2.2.5. Consola elevable

Es un dispositivo que va en el interior de la estructura de la máquina, el cual tiene la función de elevar y ajustar el recipiente a una distancia adecuada con el cabezal de trabajo. Su material de fabricación es de acero inoxidable, anterior a esto se realizará

un diseño mecánico mediante un software y se seleccionará el mecanismo adecuado para el ascenso y descenso de la consola.

2.3. Métodos

Para el Presente Proyecto Técnico de investigación se utilizarán los siguientes métodos:

2.3.1. Método Científico

La investigación se realizará en un carácter científico para cumplir, el objetivo principal de la fabricación del homogeneizador de alto cizallamiento es generar nanofluidos de diferentes materiales, identificarlos, analizarlos y aplicarlos en procesos de refrigeración. Se realizó comparaciones con otros modelos de homogeneizadores con diferentes tipos de autores, para encontrar las posibles ventajas y desventajas que nos ayuden a efectuar un diseño adecuado y mejorado para realizar la construcción de la máquina.

2.3.2. Método Cuantitativo

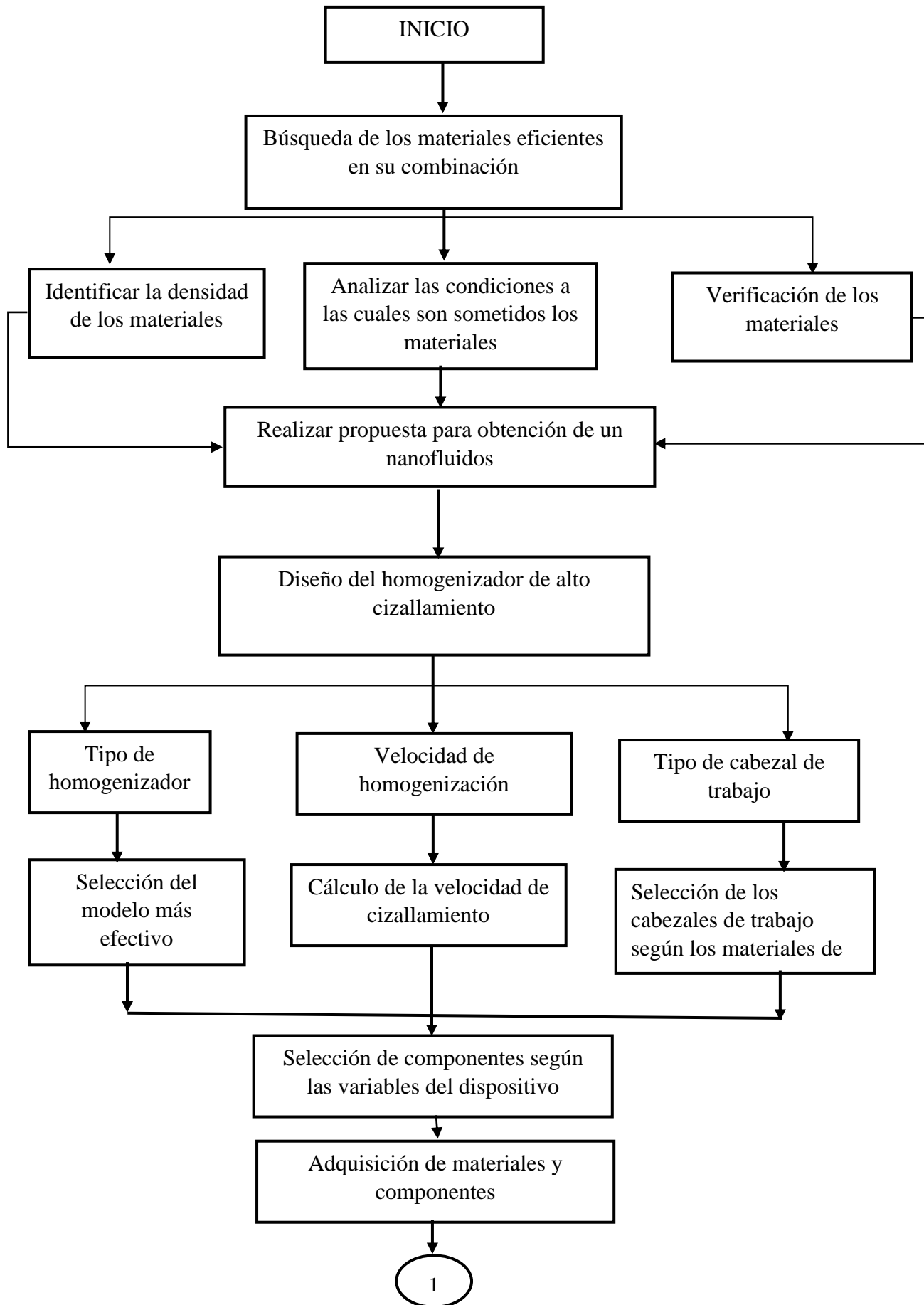
Este método es utilizado para evaluar la gran cantidad de valores numéricos, que son necesarios para el diseño del homogeneizador de alto cizallamiento, los cuales ayudarán significativamente para seleccionar el material adecuado para su construcción.

2.3.3. Método bibliográfico

Para este proyecto técnico de investigación se realizará una minuciosa búsqueda de información proveniente de artículos técnicos, libros, trabajos de titulación, normas, etc. De donde se obtendrá información muy valiosa para completar la investigación.

2.3.4. Metodología del proceso de fabricación del homogeneizador

Se realizará un flujograma partiendo desde la necesidad que tiene la industria para la generación de nanofluidos, hasta la obtención del dispositivo que es la construcción del homogeneizador de alto cizallamiento.



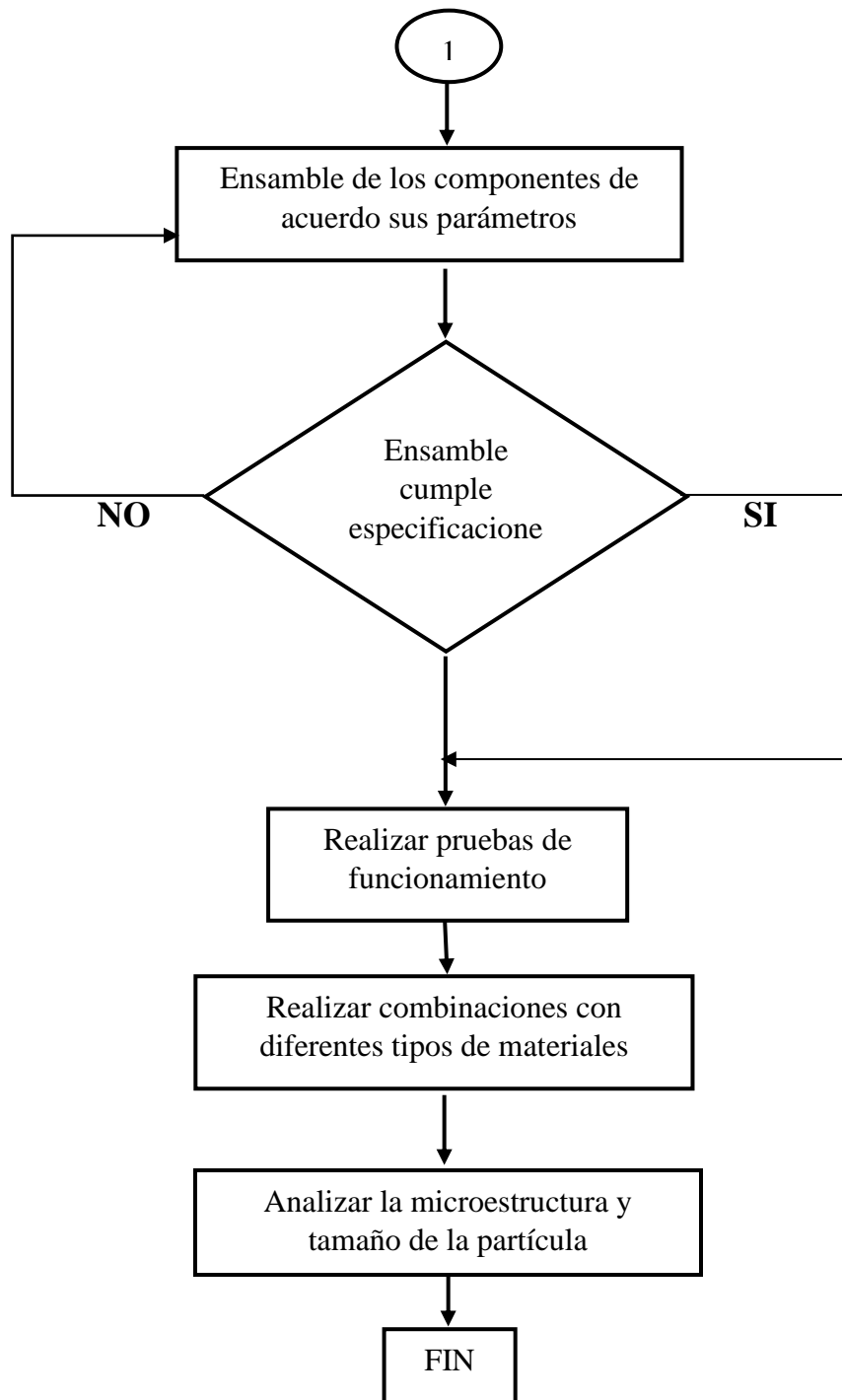


Figura 2. 1.-Diagrama del proceso [Autores]

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. Diseño

Este capítulo estará enfocado en el diseño del equipo cumpliendo exitosamente con todos los requerimientos necesarios para un funcionamiento adecuado, de acuerdo a las investigaciones realizadas anteriormente se conoce el funcionamiento del homogeneizador, se realizó un pre diseño con la ayuda de un software CAD, ayudándonos a determinar el esquema preliminar del equipo, analizando cada uno de sus componentes e identificando los elementos que realizan mayores esfuerzos, al igual que la potencia requerida y las velocidades de trabajo y para verificar su funcionamiento se realizará una simulación de operación del equipo para corregir los posibles errores que se puedan encontrar.

3.1. Prediseño

El diseño se realizó de la forma más adecuada estudiando el funcionamiento de cada uno de los homogeneizadores y se eligió el más eficaz en el proceso de homogeneización de sustancias sólidas y sustancias líquidas.

La selección del modelo se realizó de acuerdo con los modelos existentes en el mercado, donde, en el capítulo anterior se pudo observar el funcionamiento y aplicación de cada uno de ellos, nuestro homogeneizador requiere una capacidad de 0.5 - 3 litros.

3.1.1. Condiciones que debe cumplir el equipo

- Dimensiones según a su ubicación en el laboratorio
- Selección de materiales que no intervengan con las sustancias en el proceso.
- La capacidad del equipo será de 3 Litros
- Acceso a todos sus componentes
- Fácil limpieza y mantenimiento
- La estructura estable

3.2. Dimensionamiento

El dimensionamiento se lo realizará con un prediseño con la ayuda de un software CAD, el cual nos ayudará a generar cada una de las piezas necesarias que constituyen el equipo.

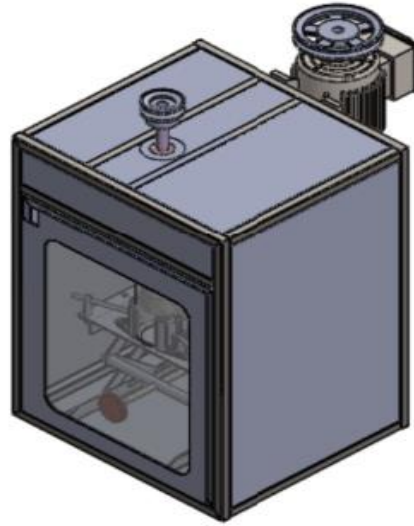


Figura 3. 1.-Dimensionamiento del dispositivo (software) [Autores]

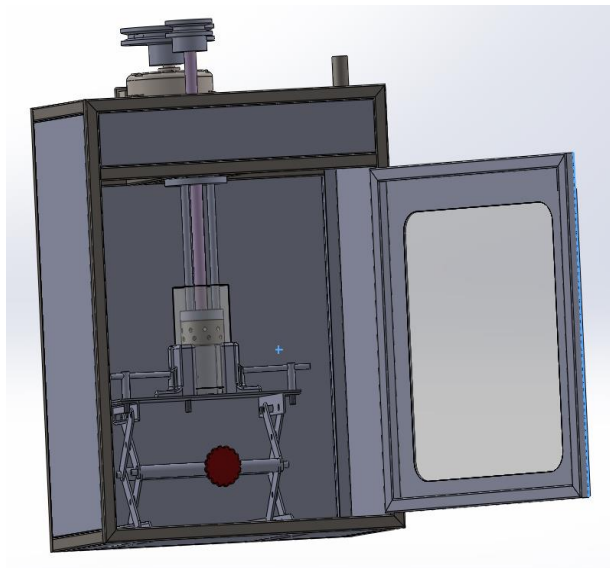


Figura 3. 2.-Dimensionamiento del dispositivo (software) [Autores]

3.2.1. Selección del recipiente

Con el volumen requerido de 0.5 litros (500 cm^3) se procede a la selección del recipiente de mezcla de una forma que no sobrepase el volumen requerido. [20]

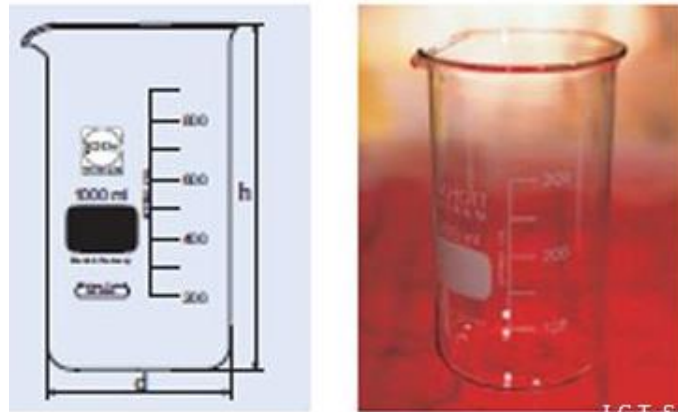


Figura 3. 3.-Dimensiones geométricas de recipiente [20]

Donde:

Diámetro interno: $D = 105 \text{ mm}$

Altura interna: $H = 145 \text{ mm}$

El recipiente se seleccionó de un catálogo de recipientes de laboratorio. En el apéndice A podemos observar las dimensiones del recipiente como: diámetro, altura y capacidad de llenado. El recipiente es de vidrio borosilicato que proporciona una gran resistencia al choque térmico y al ataque químico.

3.3. Dimensiones generales

Para lograr una mezcla homogénea de un fluido con un sólido. Se va a desarrollar una propuesta de diseño del homogeneizador en función de las características y funciones con los datos que indicamos a continuación: las geometrías generales y dimensiones del recipiente.

Tabla 3. 1.-Características del fluido [Autores]

Fluido	Nano fluido de partículas magnéticas
Densidad del fluido	11.135 Kg/m ³
Diámetro del recipiente	105 mm
Altura	145 mm
Fondo	Plano
Temperatura	10° a 40°
Altura de llenado	12 mm
Volumen de llenado	0,177m ³

3.4. Parámetros de diseño

- Se va a utilizar una turbina de disco con 4 palas curvas porque el fluido trabaja con fluidos de diversas viscosidades y velocidades altas.
- No se utilizarán placas deflectoras porque el mecanismo tiene un cabezal de cizallamiento.
- Para seleccionar el motor se debe cumplir ciertas condiciones de diseño, es necesario que el motor que sea seleccionado trabaje a una velocidad media con eso evitamos el consumo excesivo de potencia.
- Se ha considerado el medio al que va a estar expuesto el homogeneizador es húmedo, por lo que se utilizará acero inoxidable 304 para sus diversos componentes, por sus propiedades y su resistencia a la corrosión y altas temperaturas.
- Para el diseño de la estructura se utilizará acero A36 por sus propiedades ya que esta debe soportar el peso del motor y los esfuerzos producidos por el eje.

3.5. Dimensiones generales

Se define el impulsor que se va a utilizar considerando los datos de entrada con respecto a las medidas establecidas del recipiente, se puede definir las dimensiones generales de homogeneizador.

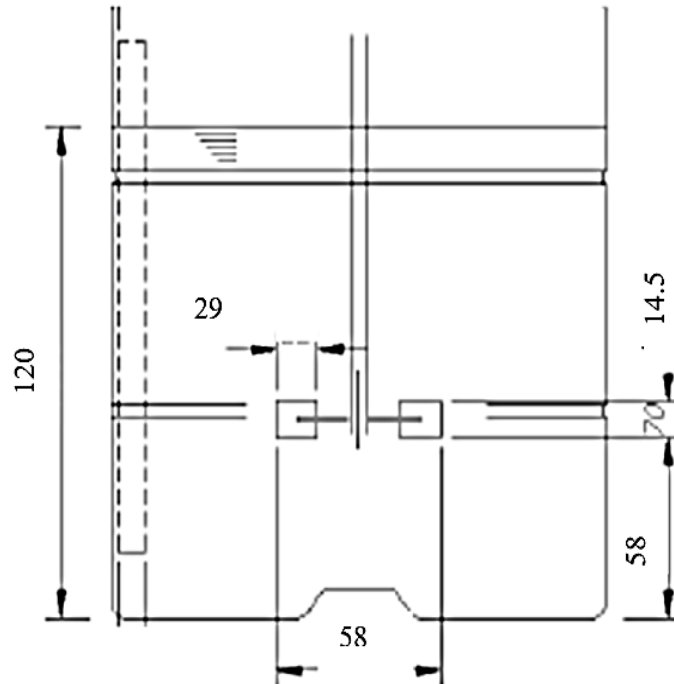


Figura 3. 4.-Dimensiones geométricas [21]

El recipiente

$$H= 145 \text{ mm}$$

$$Dt= 105 \text{ mm}$$

Distancia entre el fondo y el impulsor (E)

$$E/Dt = 0,55$$

$$E= 0.55 \cdot 105 = 58 \text{ mm}$$

Diámetro impulsor (Da)

$$Da/Dt= 0.55$$

$$Da= 0.55 \cdot 105 = 58 \text{ mm}$$

Largo de la paleta (g)

$$g/Da= 0.50$$

$$g= 0,50 \cdot 58= 29 \text{ mm}$$

Ancho de la paleta(W)

$$W/Da = 0.25$$

$$W = 0.25 * 58 = 14.5 \text{ mm [21].}$$

3.6. Cálculos de diseño

3.6.1. Potencia requerida

El homogeneizador requiere de una potencia necesaria para trabajar de una manera eficiente esto depende del tipo de mezcla que se va realizar, es una energía de disipación, para ello se debe calcular la potencia nominal que el motor entrega al equipo, igual de la potencia de salida que entrega al eje del cabezal de trabajo, también se debe tener en cuenta el par nominal del motor por pérdidas de los componentes eléctricos, adicionalmente es recomendable tener en cuenta estos valores para el dimensionamiento del eje de trabajo.

Para que el proceso de homogenización sea eficiente, el fluido debe ser agitado en todas las áreas del recipiente, en la cual influye la velocidad angular del eje de trabajo, tomando en cuenta la turbulencia del fluido, las corrientes generadas estén dirigidas de la mejor manera y lograr un gradiente de velocidad en el fluido. Debido a que todos los parámetros mencionados tienden a consumir energía, con lo cual se establece el cálculo de la potencia consumida. Una de las maneras más factibles para calcular la potencia consumida es con el cálculo de números adimensionales como es el caso del número de Reynolds y el número de potencia. Dependen del diseño de la turbina.

Parámetros de inicio para el cálculo

- Potencia del motor 0,75 KW
- Tamaño de la turbina aprox. 0,058 m
- Rango de velocidad del motor 3600 rpm

3.6.2. Número de Reynolds

Este número nos permite identificar el movimiento del fluido, el cual está relacionado con la velocidad, viscosidad y la dimensión del rodete. Puede encontrarse el fluido en presencia de tubería o no si a este fluido se lo agita [22].

$$R_e = \frac{n * D^2 * \rho}{\mu} \quad (Ec. 05)$$

Donde:

n = Velocidad de rotación (rpm)

D = Diámetro del rodete(m)

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³)

μ = Viscosidad (Kg/m. s)

El número de Reynolds determina si el fluido es laminar o turbulento o está en la zona de transición. [21]

Viscosidad = 4×10^{-3} Kg/m. s

Densidad= 11.135 kg/m³

$$R_e = \frac{7200 * (0.058)^2 * 11.135}{4 \times 10^{-3}}$$

$$R_e = 67424.65$$

Se determina el tipo de flujo que se genera mediante el número de Reynolds.

$$R_e < 2000 \text{ Laminar}$$

$$R_e \geq 4000 \text{ Turbulento}$$

El flujo que se genera en el recipiente es turbulento ya que obtenemos un número de Reynolds 67424.65 [22].

3.6.3. Número de potencia (Np)

Este número es el encargado de proporcionar la relación que existe entre la fuerza de rozamiento la cual actúa en alguna área del impulsor y la fuerza de inercia. El número se puede encontrar utilizando la tabla de las correlaciones de potencia Np en función del número de Reynolds [22].

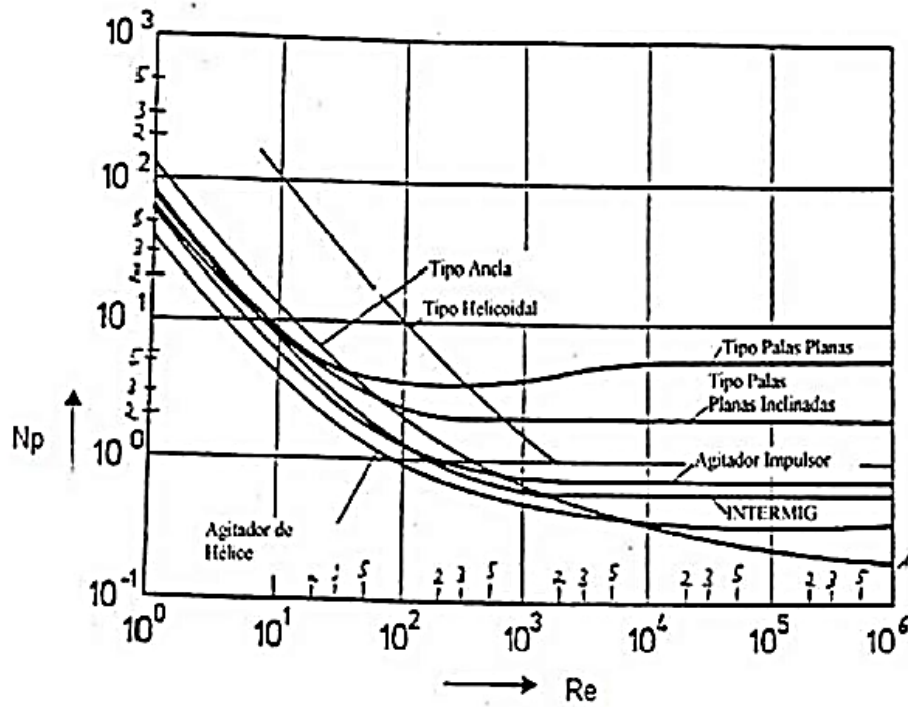


Figura 3. 5.-Número de potencia [20]

El número de la potencia $N_p = 0,1$ tenemos que escoger la curva que genera el tipo de impulsor previamente seleccionado.

3.6.4. Potencia requerida

$$P = \rho * N_p * N^3 * D^5 \quad (Ec. 06)$$

P = Potencia consumida por la turbina (W)

N_p = Número de potencia adimensional

N = Velocidad de giro (rpm)

D = Diámetro de la turbina (m)

ρ = Densidad final de la mezcla (Kg/m^3)

Remplazamos los valores en la ecuación de la potencia nominal.

$$P = 11.135 * 0,1 * 7200^3 * 0,058^5$$

$$P = 274.19 \text{ W}$$

3.6.5. Selección del motor

Para la selección del motor se debe considerar ciertas características.

- Condición ambiental
- Posición de la brida
- Dispositivos de transmisión de potencia
- Potencia y velocidad requerida para la homogenización.

Con la potencia requerida calculada tenemos un valor de 274.19 W para realizar efectivamente la homogeneización de las sustancias, debido a que se trabaja a velocidades altas, se seleccionó un motor trifásico Siemens. Ya que dicho dispositivo cuenta con una potencia mayor a la potencia nominal de 500 W para que no exista ningún problema cuando se genere una sobrecarga en la mezcla [22].

Tabla 3. 2.-Características del motor [Autores]

Características del motor	
Rango de velocidad	3600 rpm
Par nominal	1.78 N.m
Potencia de entrada	850 w
Potencia de salida	500 w

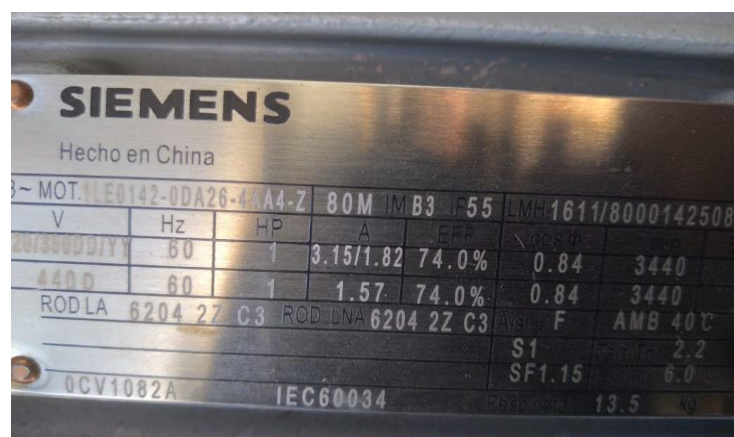


Figura 3. 6.-Características del motor [Autores]

3.6.6. Cálculo de los mecanismos

3.6.6.1. Cálculo mecanismo de potencia

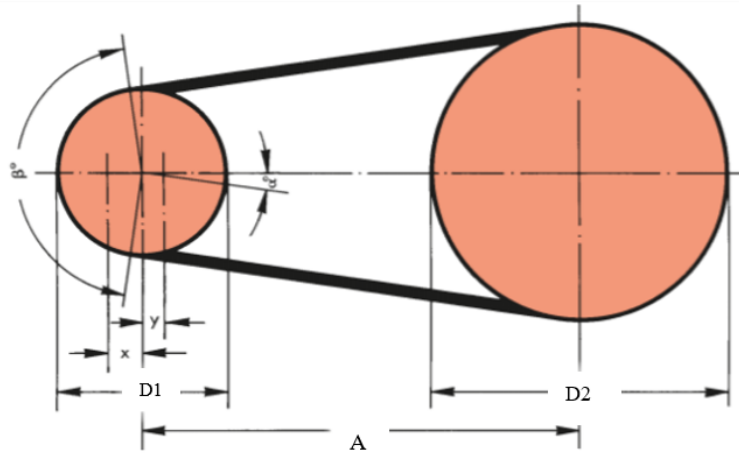


Figura 3. 7.-Diagrama mecanismo de potencia. [20]

3.6.6.2. Potencia corregida

Para la selección del perfil se deberá calcular la potencia corregida del sistema.

$$P_c = C_c * P \quad (Ec. 07)$$

P_c = Potencia corregida.

P = Potencia a transmitir

C_c = factor de servicio

El factor de servicio lo seleccionaremos de la tabla 3.3. dependiendo de la función que desempeñará el equipo, es decir, si tiene una carga muy fuerte, fuerte, ligera y las horas de servicio del sistema. El factor de servicio será 1.7 debido que el equipo se considera en el grupo de agitador [23].

Tabla 3. 3.-Factor de servicio [23].

TIPO		FACTOR
Agitadores, batidores (Pala o propulsor)	Líquido	1.6
	Semilíquido	1.7
Maquinaria de panadería	Batidoras de masa	1.6
Maquinaria para ladrillos y barro	Taladros, batidoras y granuladores	1.7
	amasaderas	2.0
Centrifugadoras		1.9
Compresores	Recíprocos	2.2
	centrífugos	1.7
Transportadores	Banda, carga ligera;	1.5
	banda para horno; mineral, carbón,	1.7
	apron cangilón, espiral, helicoidal	1.8
Ventiladores, Sopladores	Centrífugos, propulsor, ventiladores	1.8
	para minas, sopladores positivos	2.0
Generadores y excitadores		1.8
Molinos de martillos		1.9
Grúas, elevadores		1.8
Maquinaria para lavanderías	General	1.6
	Extractores, lavadoras	1.8
Eje de línea		1.7
Máquinas herramientas	Taladros, tornos	1.6
	máquinas de tornillo, esme-	1.7
	nil fresadoras, cepillos, troque-	1.7
Molinos	Bola, varilla, granulo, etc.	2.2
Maquinaria para papel	Agitadores, calandrias, secadoras,	1.6
	desfibradoras, bombas nash	1.9
Maquinaria para imprentas	Imprentas, periódicos, rotativas,	1.6
Bombas	planas, revista; máquinas de linotipo,	
	cartadoras, plegadoras	
Maquinarias para plantas de hule	Centrífugas, engranes rotarias,	1.7
	tubular, recíprocos	2.2
Maquinarias para aserraderos		1.8
Cribas	Vibradoras, (agitadoras)	1.7
	tambor, cóni-	1.5
Maquinaria textil	co	
	Telares, hilanderías, carretes, urdimbre	1.8
Maquinaria para trabajos en madera		1.7
	Tornos, sierras sinfín, sierras circulares,	1.4
	cepillos	1.6

Reemplazando obtenemos:

$$P_C = 1,7 * 200$$

$$P_C = 340 W = 0.34 KW = 0.45 Hp$$

3.6.6.3. Perfil de la correa

Se procede a seleccionar el perfil de acuerdo con la velocidad de giro de la polea motriz y la potencia corregida.

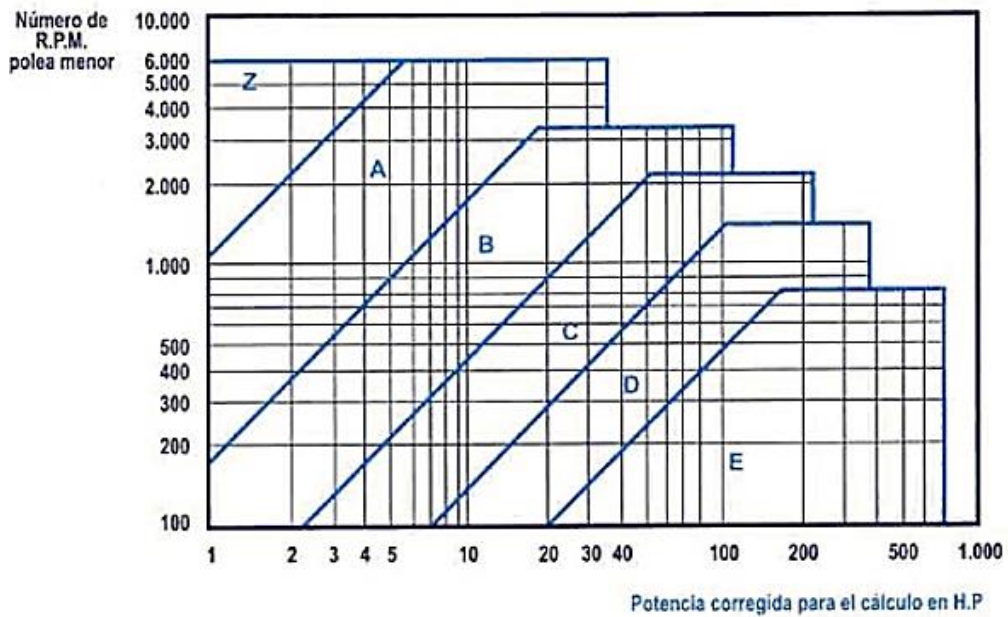


Figura 3. 8.-Diagrama de perfiles de correas [23].

El perfil seleccionado es z.

Diámetros primitivos recomendados para cada perfil

Tabla 3. 4.-Diámetros primitivos de la polea pequeña [23].

Diámetro polea (mm)	Z	A	B	C	D	E
60	V					
63	R					
67	V					
71	R	V				
75	V	V				
80	R	V				
90	V	R				
95		V				
100	R	R				
106		V				
112	V	R	V			
118		V	V			
125	R	R	V			
132		V	V			
140	V	R	R			
150	V	V	V			
160	R	R	R			
170			V			
180	V	R	R	V		
200	R	R	R	R		
212				V		
224	V	V	V	R		
236				V		
250	V	R	R	R		
265				V		
280		V	V	R		
300		V	V	V		
315		R	R	R		
355		V	V	V	R	
375			V	V	V	

El diámetro seleccionado de acuerdo con el perfil de la correa es de 76 mm. Se requiere general alrededor de 7200 rpm [24].

Donde:

Polea motriz (D_2)

Polea conducida. (D_1)

$$D_2 = \dots ?$$

$$D_1 = 76 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 3600 \text{ rpm}$$

$$\alpha_1 = 7200 \text{ rpm}$$

Utilizamos la siguiente ecuación (Eq. 08) para el cálculo del diámetro de la polea motriz.

$$D_1 * \alpha_1 = D_2 * \alpha_2 \quad (\text{Ec. 08})$$

$$D_2 = \frac{D_1 * \alpha_1}{\alpha_2}$$

$$D_2 = \frac{76 * 7200}{3600}$$

$$D_2 = 152 \text{ mm}$$

i = Relación de transmisión

$$i = \frac{D_2}{D_1} \quad (\text{Ec. 09})$$

$$i = \frac{152}{76}$$

$$i = 2$$

Se utiliza una relación de transmisión de 1:2 para generar las revoluciones adecuadas para la creación de nanofluidos [24].

3.6.6.4. Distancia entre ejes

Para el cálculo de la distancia entre ejes depende de la relación de transmisión.

Si i está comprendida entre 1 y 3 se utilizará la siguiente ecuación.

$$E \geq \frac{(i + 1) * D_1}{2} + D_1 \quad (\text{Ec. 10})$$

$$E \geq \frac{(2 + 1) * 76}{2} + 76$$

$$E \geq 190 \text{ mm}$$

Tabla 3. 5.-Distancia entre ejes recomendada [23].

Desplazamiento mínimo (s) para el montaje de la correa (mm)							
Distancia entre centros E (mm)	Z	A	B	C	D	E	Desplazamiento mínimo (t) del tensor (mm)
500 - 1000	15	19	25	-	-	-	25
1001-1500	15	19	25	38	-	-	38
1501-2500	19	19	32	38	-	-	51
2501-3000	-	25	32	38	-	-	63
3001-4000	-	25	38	38	51	-	75
4001-5000	-	-	-	51	51	63	90
5001-6000	-	-	-	51	51	63	101
6001-7000	-	-	-	51	63	63	113
7001-8500	-	-	-	51	63	76	127
8501-10500	-	-	-	51	63	76	152
> 10501	-	-	-	-	76	90	1,5-1%

Se selecciona como distancia entre ejes valida E= 500mm.

3.6.6.5. Longitud de la correa

$$L_p = \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + 2E + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4E} \quad (Ec. 11)$$

$$L_p = \frac{\pi}{2}(152 + 76) + 2 * 500 + \frac{(152 - 76)^2}{4 * 500}$$

$$L_p = 1361 \text{ mm}$$

Tabla 3. 6.-Longitud primitiva nominal [24].

Longitud primitiva nominal				
Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)
41	1066	1075	1086	-
42	1092	1106	1100	-
43	1117	1134	1140	-
44	1143	1153	1156	1191
45	1168	1186	1184	1217
46	1193	1199	1204	1242
47	1219	1232	1237	1267
48	1244	1262	1268	1293
49	1270	1280	1288	1318
50	1295	1306	1318	1344
51	1320	1330	1328	1357
52	1346	1354	1367	1394
53	1371	1381	1392	1429
54	1397	1405	1410	1442
55	1422	1429	1443	1460
56	1447	1459	1460	1497
57	1473	1492	1491	1527
58	1498	1507	1512	1550
59	1524	1532	1541	1576

La correa más adecuada para la longitud calculada es la **A - 53** como se muestra en la tabla 3.6 la longitud adecuada es **1381mm** el factor de corrección por longitud, $F_{cl} = 0.99$ [23].

3.6.6.6. Arco de contacto entre la banda y la polea

Para el arco de contacto utilizaremos la siguiente ecuación.

$$\alpha = 180^\circ - 57 \frac{D2 - D1}{A} \quad (Ec. 12)$$

$$\alpha = 180^\circ - 57 \frac{152 - 76}{384}$$

$$\alpha = 167^\circ$$

Tabla 3. 7.-Factor de corrección [24].

Factor de corrección		
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86

El factor de corrección de entre la polea y la banda es $F_{ca} = 0.97$.

3.6.6.7. Velocidad lineal de la correa

La velocidad lineal de la correa será.

$$P_b = 1,7 \text{ Hp}$$

3.6.6.9. Potencia efectiva por correa

El factor de corrección del arco de contacto es 0.97 y por interpolación obtenemos el factor de corrección de longitud = 0,99 se procede a calcular la potencia permitida [23].

$$P_c = (P_b + P_d) + Fcl + Fca \quad (\text{Ec. 14})$$

$$P_c = (1,7) * 0,99 * 0,97$$

$$P_c = 1.64 \text{ Hp} = 1,22 \text{ Kw}$$

3.6.6.10. Cálculo del número de correas

$$n_{\text{correas}} = \frac{P_c}{P_e} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$n_{\text{correas}} = \frac{0.34}{1.22}$$

$$n = 0.35 \approx \text{se lo aproxima a 1}$$

El sistema consta de una polea con 1 banda.

3.6.6.11. Determinación de las tensiones de las poleas

En la figura 3.9 se indica las tensiones a las que están sometidas las poleas.

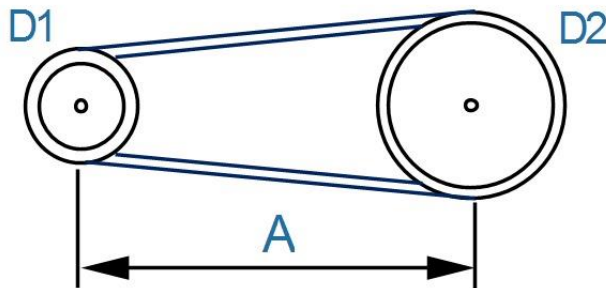


Figura 3. 9.-Diagrama de cuerpo libre del sistema de transmisión [24].

Donde:

D1: Diámetro polea conducida = 76 mm

D2: Diámetro polea motriz = 152. mm

A: Distancia entre centros = 384 mm

En el Diagrama de cuerpo libre que se muestra en la figura 3.10 podemos determinar sus tensiones:

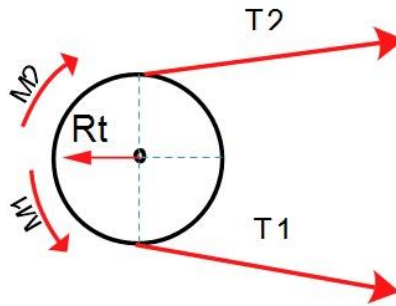


Figura 3. 10.-Diagrama de cuerpo libre distribución de fuerzas [24].

Los datos para el cálculo de las tensiones son los siguientes:

D: Diámetro = 76mm

P: Potencia= 1HP

N: revoluciones = 7200 rpm

T₁: Tensión uno de la polea

T₂: Tensión dos de la polea

3.6.6.12. Velocidad tangencial

$$V_t = \frac{D * N * \pi}{60000} \quad (\text{Ec. 16})$$

$$V_t = \frac{76 * 7200 * \pi}{60000}$$

$$V_t = 28,25 \text{ m/s}$$

Fuerza transmisible por la potencia de la T₁.

W= factor de conversión 76 para Hp.

$$T_1 = \frac{W * P}{V_t} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$T_1 = \frac{76 * 1 \text{ Hp}}{28,25 \text{ m/s}}$$

$$T_1 = 2,70 \text{ (kgf)} * 9.8$$

$$T_1 = 26.46 \text{ N}$$

Para el cálculo de la T_2 la determinaremos con el principio de trabajo aplicando la siguiente formula:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f+\alpha} \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde:

f = Coeficiente de rozamiento = 0.3

α = coeficiente del Arco de contacto = 0.97

Tabla 3. 9.-Coeficiente de rozamiento [Autores].

Tipo de correa	Material de la llanta de la polea			
	Papel prensado	Madera	Acero	Fundición
Cuero	0.5	0.45	0.4	0.4
Algodón	0.28	0.25	0.22	0.22
Lana	0.45	0.4	0.35	0.35
Caucho	0.35	0.32	0.3	0.3

$$T_2 = \frac{T_1}{e^{f+\alpha}}$$

$$T_2 = \frac{26.46}{e^{0.3+0.97}}$$

$$T_2 = 19.77 \text{ N}$$

La tensión total calculada es:

$$T_{total} = T_1 + T_2 \quad (\text{Ec. 19})$$

$$T_{total} = 26.46 + 19.77$$

$$T_{total} = 46.23 \text{ N}$$

3.6.6.13. Cálculo del diámetro del eje

En el siguiente diagrama de cuerpo libre se pueden observar las diferentes fuerzas y momentos que actúan sobre el eje como son: momentos flectores y torsor, y las fuerzas que influyen en el dimensionamiento del eje [25].

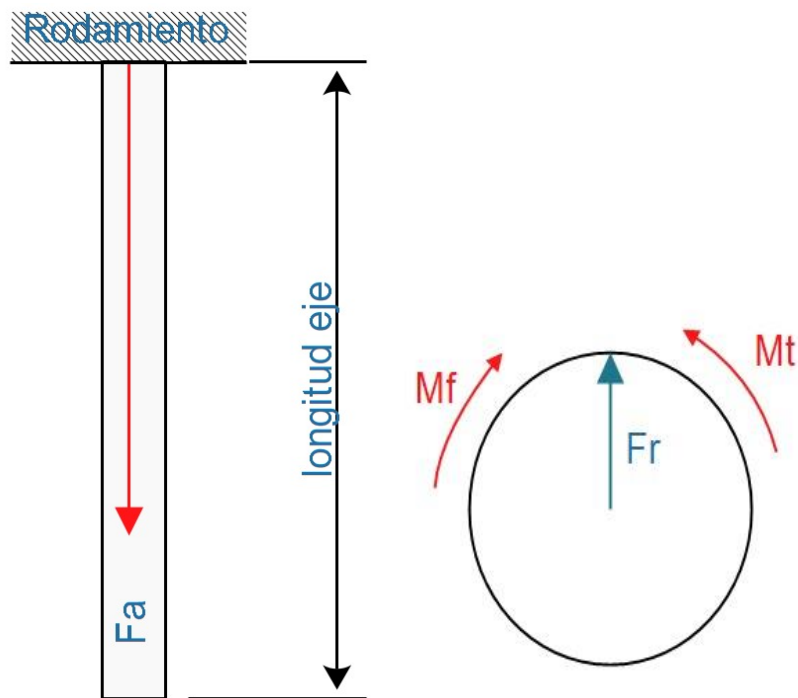


Figura 3. 11.-Distribución de fuerzas y momentos [22]

3.6.6.14. Cálculo del torque

Se determina el torque del eje principal con la siguiente ecuación.

T= Torque

N= 7200 rpm

P= Potencia 1HP = 745.7 Watts 0.745Kw

$$T = \frac{9950 * P}{N} \quad (Ec. 20)$$
$$T = \frac{9950 * 0.745}{7200}$$

$$\mathbf{T = 1.02Nm}$$

Determinación de la carga Crítica.

$$F_b = \frac{T}{4 * D} \quad (Ec. 21)$$

Donde:

T= Torque

F_b= Carga crítica

D= 20mm = 0.02 m

$$F_b = \frac{1.02}{4 * 0.02}$$

$$\mathbf{F_b = 12.75 N}$$

Fuerza de resistencia (F_r) en la unión de la popera (Turbina).

$$F_r = \frac{T}{r} \quad (Ec. 22)$$

$$F_r = \frac{1.02}{0.01}$$

$$\mathbf{F_r = 102N}$$

3.6.6.15. Momento torsor

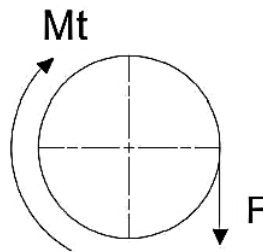


Figura 3. 12.-Momento torsor [22]

En el diagrama de cuerpo libre podemos observar cómo se distribuyen las fuerzas.

$$M_t = \frac{N}{\omega} \quad (Ec. 23)$$

M_t = Momento torsor (N.m)

ω = velocidad angular (rad/s)

N = Potencia del eje (W)

Reemplazando se obtiene.

$$\omega = 7200 \text{ rpm} = 754 \text{ rad/s}$$

$$N = 0.745 \text{ kW} = 745.7 \text{ W}$$

$$M_t = \frac{745.7}{754}$$

$$M_t = 0.97 \text{ N.m}$$

3.6.6.16. Fuerza radial

Se calcula la fuerza radial con la siguiente ecuación [25].

$$M_t = F_{ra} * r \quad (\text{Ec. 24})$$

$$F_{ra} = \frac{M_t}{r}$$

M_t = Momento torsor (N.m)

r = Radio (m)

F_{ra} = fuerza radial (N)

Reemplazando los valores se obtiene una fuerza radial de:

$$F_{ra} = \frac{M_t}{r}$$

$$F_{ra} = \frac{0.97}{0.010}$$

$$F_{ra} = 97 \text{ N}$$

3.6.6.17. Momento flector

Para el cálculo del momento flector es necesario imponerse la longitud del eje, se tomará en cuenta la distancia entre la base del recipiente y el rodete es de 25 cm. [25]

$$M_f = Ft * L_e \quad (\text{Ec. 25})$$

$$F_T = F_r + F_{ra} + F_b \quad (\text{Ec. 26})$$

$$F_T = 211,75 \text{ N}$$

Donde:

M_f = Momento Flector (N.m)

L_e = Longitud del eje (m)

F_T = Fuerza total (N)

Remplazando los valores obtenemos:

$$M_f = 211,75 * 0,25$$

$$M_f = 53 \text{ N.m}$$

Al eje principal se lo tomará como una viga en voladizo como se muestra en la figura. 3.13.

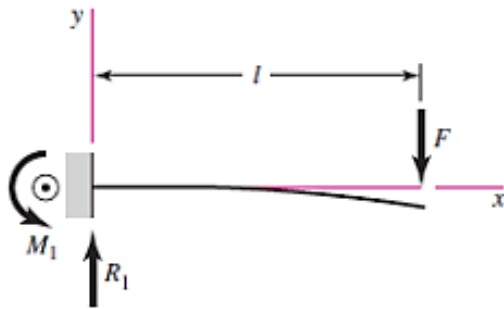


Figura 3. 13.-Diagrama de cuerpo libre de una viga con carga puntual [25].

$$\sigma = \frac{32M}{\pi * D^3} \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

σ = Esfuerzo

D = 0.02m

L_e : Longitud del eje = 25 cm

F_T = Fuerza total = 211.75 N

τ_{xy} = Esfuerzo cortante máximo.

$$\sigma = \frac{32(53)}{\pi * (0,02)^3}$$

$$\sigma = 67.5 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante máximo.

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi * d^3} \quad (Ec. 28)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16(1.02)}{\pi * (0.02)^3}$$

$$\tau_{xy} = \mathbf{0.66 MPa}$$

Cálculo del esfuerzo equivalente:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (Ec. 29)$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{67.5^2 + 3(0.66)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \mathbf{67.50 MPa}$$

Cálculo del factor de seguridad.

Donde:

S_y =Esfuerzo de fluencia = 220 Mpa (Acero inoxidable AISI 304) estos valores podemos encontrarlos en el apéndice B.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad (Ec. 30)$$

$$n = \frac{220}{67.50}$$

$$\mathbf{n = 3.55 \approx 4}$$

3.6.6.18. Análisis dinámico

El diseño del eje giratorio tiene un diámetro de 20 mm de un eje de Acero inoxidable AISI 304.

Los factores que modifican el límite de resistencia a fatiga son los siguientes:

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e \quad (Ec. 31)$$

Donde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga.

K_a = Factor de superficie

K_b = Factor de modificación del tamaño

K_c =Factor de carga

K_d =Factor de temperatura

K_e =Factor de confiabilidad

K_f = Factor de concentración

S'_e = Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

El factor de superficie (K_a) se lo calcula de la siguiente manera:

$$K_a = aS_{ut}^b \quad (Ec. 32)$$

Donde:

K_a = Factor de superficie

S_{ut} = Resistencia ultima a la tensión = 520 MPa

Tabla 3. 10.-Factor de modificación [25].

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o estirado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

a = Factor = 4.51 Mpa

b = Exponente = -0.265

Se selecciona los valores de a y b porque el eje es tiene una superficie maquinada.

$$K_a = 4.51 + 520^{-0.265} \quad (Ec. 33)$$

$$K_a = 0.85$$

Determinación del factor de modificación (K_b)

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

El diámetro del eje es de 20 mm por lo tanto (K_b)

$$K_b = 1.24(d)^{-0.107} \quad (\text{Ec. 34})$$

$$K_b = 1.24(20)^{-0.107}$$

$$K_b = 0.89$$

Cálculo del factor de carga (K_c)

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

El factor de carga (K_c) es 0.59 porque el eje se encuentra en torsión.

Cálculo del factor de temperatura (K_d)

Para determinar este factor se utiliza la siguiente tabla 3.11:

Tabla 3. 11.-Temperatura de operación [25].

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Como el material se encuentra a una temperatura de 20° el factor será.

$$K_d = 1$$

Para el cálculo del factor de confiabilidad (K_e) se determina con la siguiente ecuación.

$$K_e = 1 - 0.08Za \quad (\text{Ec. 35})$$

La indica la confiabilidad que tiene el diseño del eje este será del 99%.

En la siguiente tabla 3.12 podemos observar la variación de transformación. (Z_a).

Tabla 3. 12.-Factor de modificación de confiabilidad [25].

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_u	Factor de confiabilidad k_u
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

$$K_e = 1 - 0.08(2.326)$$

$$K_e = 0.80$$

Cálculo del factor de efectos varios K_f

Para el cálculo de este factor se lo realiza con la siguiente ecuación.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (Ec. 36)$$

Para el cálculo de la muesca (q) se obtiene de la figura 3.14.

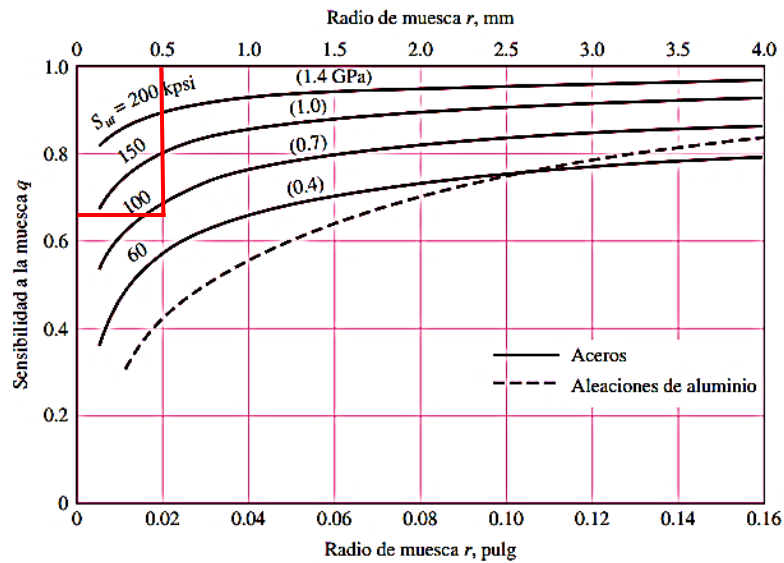


Figura 3. 14.-Sensibilidad de la muesca [25].

De acuerdo con la figura 3.14 el valor de la sensibilidad de la muesca será de 0.7. este valor lo consideramos para obtener el factor de modificación de efectos varios (k_t).

como se muestra en la siguiente figura 3.15:

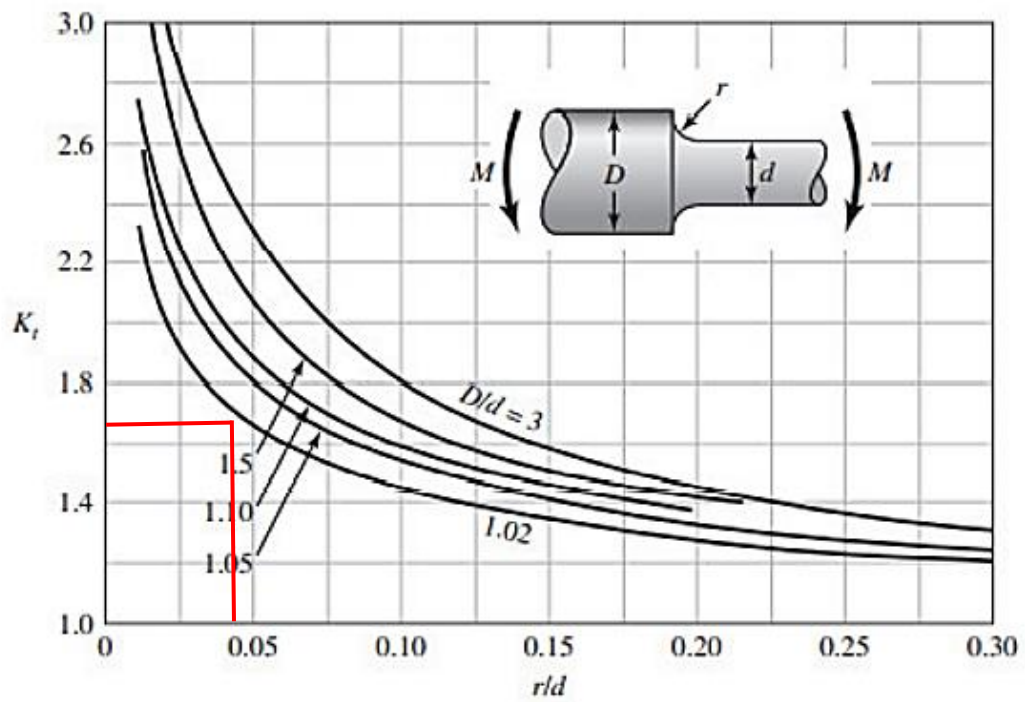


Figura 3. 15.-Eje redondo con filete[25]

$$\frac{r}{d} = \frac{0.5}{12} = 0.040$$

$$\frac{D}{d} = \frac{20}{12} = 1.68$$

El factor (k_t) = 2.4

Entonces:

$$K_f = 1 + 0.7(2.4 - 1)$$

$$K_f = 1.98$$

A continuación, se procede a calcular el factor de modificación de efectos varios sometido a torsión con la siguiente ecuación:

$$K_f = 1 + qs(ks - 1) \quad (Ec. 37)$$

Para encontrar (qs) utilizaremos la figura 3.16.

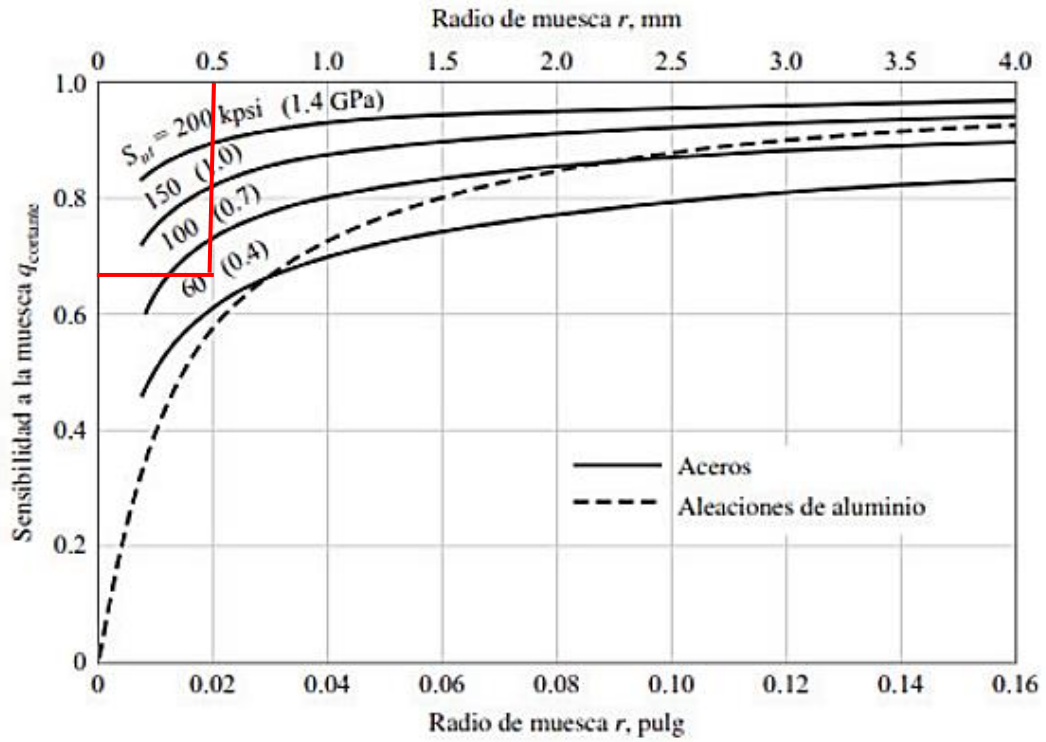


Figura 3. 16.-Sensibilidad de la muesca cortante [25].

De acuerdo con la figura el valor de la sensibilidad de la muesca será de 0.73.

El factor teórico de concentración de esfuerzos (k_{ts}) de acuerdo con la figura 3.17:

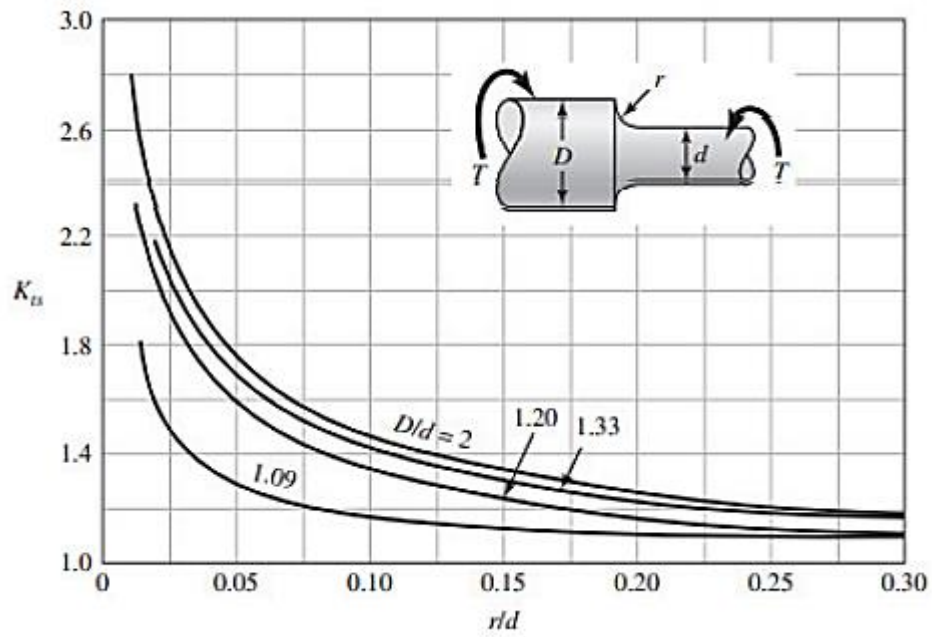


Figura 3. 17.-Eje redondo con filete a torsión [25].

$$\frac{r}{d} = \frac{0.5}{12} = 0.040$$

$$\frac{D}{d} = \frac{20}{12} = 1.68$$

El factor (k_{ts}) = 2.2

Entonces:

$$K_f = 1 + 0.73(2.2 - 1)$$

$$K_f = 1.88$$

3.6.6.19. Determinación del límite de resistencia S'_e

El límite de resistencia se lo calcula de la siguiente manera con el S_{ut} del material.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

El valor de S_{ut} del material es 520 MPa.

$$S'_e = 0.5S_{ut}$$

$$S'_e = 0.5(520)$$

$$S'_e = \mathbf{260 \text{ MPa}}$$

Reemplazando el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación (S_e) será:

$$S_e = 0.85 * 0.89 * 0.59 * 1 * 0.80 * 1.98 * 1.88 * 260$$

$$S_e = \mathbf{347.5 \text{ MPa}}$$

Se toma en cuenta el criterio de fatiga de Goodman modificado:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_m = \sigma_{eqm}}{S_e} + \frac{1}{S_{ut}} \quad (Ec. 38)$$

$$\frac{1}{n} = \frac{67.50}{347.5} + \frac{1}{520}$$

$$\frac{1}{n} = 0.24$$

$$n = 4.16 = \mathbf{4 \text{ OK}}$$

3.6.6.24.2 Análisis de elementos

Con la ayuda de un software procederemos a realizar simulaciones del eje.

Se tiene que definir las condiciones de contorno:

Tensión de las poleas: 46.76 N

Torque: 1.02 Nm

Fuerza de resistencia: 102N

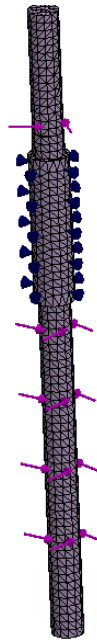


Figura 3. 18.-Análisis del eje [Autores]

- **Desplazamientos**

De acuerdo con el análisis de desplazamiento realizado, el valor máximo de deformación es de $7.224e-3$ mm este valor es considerado con el valor mínimo de deformación podemos observarlo en la Figura 3.19.

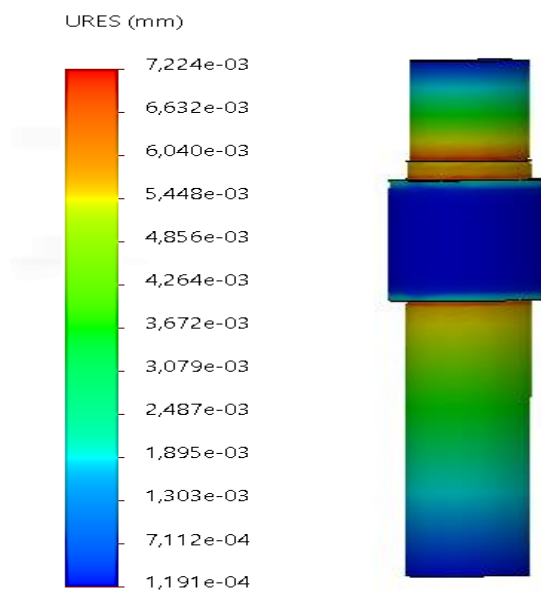


Figura 3. 19.-Análisis del desplazamiento del eje [Autores]

- **Factor de seguridad**

El factor de seguridad después de realizar el análisis es 4 como se indica en la figura 3.20. por lo tanto, se valida el diseño. Porque FDS varía de 2 a 4 en diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas (Teoría de Goodman).

Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 4

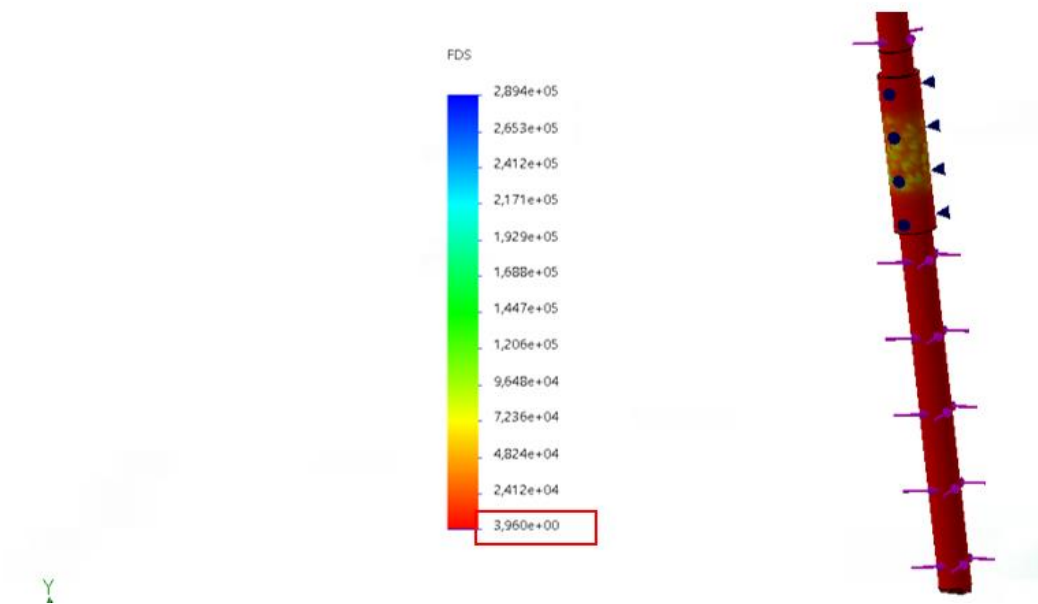


Figura 3. 20.-Factor de seguridad [Autores]

3.6.6.20. Selección de rodamiento

Lo primordial será especificar su vida útil de acuerdo con el tipo de equipo o función que realizará. Como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 3. 13.-Vida útil especificada [37].

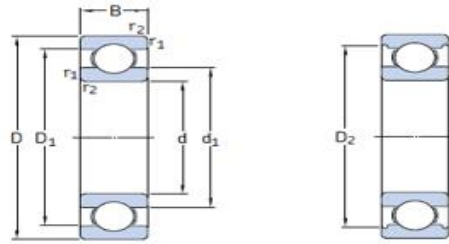
Tab	
Valores orientativos de la vida especificada de los diferentes tipos de máquinas	
Tipo de máquina	Vida especificada Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos: herramientas eléctricas portátiles, dispositivos de elevación en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3000 ... 8 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos donde se requiere una alta confiabilidad de funcionamiento: ascensores (elevadores), grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas al máximo: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizando plenamente sus capacidades: herramientas mecánicas, máquinas para carpintería, máquinas para la industria de la ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de impresión, separadores y centrifugadoras	20 000 ... 30 000
Máquinas para 24 horas de trabajo continuo: unidades de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Maquinaria para energía eólica, incluidos los rodamientos del eje principal, de orientación, de la caja de engranajes de cambio de paso, del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas de trenzado de cables, maquinaria de propulsión para buques de alta mar	60 000 ... 100 000
Máquinas eléctricas de gran tamaño, plantas de generación de energía, bombas para minas, ventiladores para minas, rodamientos para ejes en túnel para buques de alta mar	100 000 ... 200 000

Se ha seleccionado la alternativa adecuada de acuerdo con la vida específica que tendrá la máquina la cual es $I_D = 8000$ horas. Además, se cuenta con datos que nos permite la selección del rodamiento.

- Velocidad de giro: 7200 rpm
- Diámetro de eje: 20 mm = 0.02 m
- Carga radial: 97 N

Con los datos anteriores podemos seleccionar un rodamiento del catálogo en este caso SKF. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. 14.-Rodamiento rígido de una hilera de bolas (catálogo SKF) [37].



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades Velocidad de referencia	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0					
mm			kN		kN	rpm	kg	-	
17	26	5	1,68	0,93	0,039	56 000	34 000	0,0082	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,018	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,032	* 16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,039	* 6003
	40	9	9,56	4,75	0,2	38 000	24 000	0,048	98203
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203
	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,12	* 6303
62	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403	
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,038	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,050	* 16004
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,069	* 6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,096	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
72	19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,40	6404	

Tomamos los datos del rodamiento rígido de bolas 6004 marca SKF. A continuación, los detallamos:

- $d = 20 \text{ mm}$
- $D = 42 \text{ mm}$
- $B = 12 \text{ mm}$
- Capacidad dinámica equivalente $C = 9950 \text{ N}$
- Capacidad estática equivalente $C_0 = 5000 \text{ N}$
- Factor de cálculo $f_0 = 14$
- Factor de carga mínima $k_f = 0,025$
- $n_{max} = 24000 \text{ rpm}$

Consideraciones para rodamientos de bolas:

$$\text{Carga dinámica equivalente: } P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (\text{Ec. 39})$$

$$\text{Carga estática equivalente: } P_0 = 0,6 \cdot F_r + 0,5 \cdot F_a \quad (\text{Ec. 40})$$

$$F_a \leq 0,5 * C_o$$

- Verificación de carga axial: $F_a = 5,98$ N entonces $F_a < 0,5 * C_o$ ($39,24 < 2500$)
→ **OK**
- Verificación de carga dinámica:

$$\text{Para } \frac{F_a}{C_o} = \frac{5,98}{5000} = 0,002 \rightarrow e = 0,278$$

En este caso tenemos un rodamiento de juego normal

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{5,98}{92} = 0,065$$

$$\frac{f_o F_a}{C_o} = \frac{14 * 5,98}{5000} = 0,016 \rightarrow e = 0,19$$

$$\text{Si } \frac{F_a}{F_r} < e \rightarrow X = 1; Y = 0$$

$$P = X.F_r + Y.F_a$$

$$P = [(1 * 92) + (0 * 5,98)]$$

$$P = 92 \text{ N} \rightarrow P < C$$

$$(92 < 9950) \text{ N} \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Verificación de carga estática:

$$P_o = 0,6 * F_r + 0,5 * F_a$$

$$P_o = [(0,6 * 92) + (0,5 * 5,98)]$$

$$P_o = 58,19 \text{ N} \rightarrow \text{como } P_o < F_r; \text{ tomamos } P_o = 92 \text{ N}$$

$$P_o < C_o \rightarrow (92 < 5000) \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Verificación de las RPM

El lubricante utilizado en este rodamiento será grasa.

$$N(\text{max}) = 24000 \text{ rpm}$$

$$N(\text{max}) < n \rightarrow (24000 < 7200) \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Vida del rodamiento:

Para rodamientos de bolas se lo calcula con la siguiente expresión.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad (\text{Ec. 41})$$

$$L_{10} = \left(\frac{9950}{92} \right)^3$$

Donde tenemos la duración de vida nominal:

$$L_{10} = 12650.44 \text{ millones de REV}$$

La velocidad angular que presenta el equipo aproximadamente es de 7200 rpm

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60(n)} * L_{10} \quad (\text{Ec. 42})$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60(7200)} * 12650,44$$

$$L_{10h} = 29283,4 \text{ horas} \rightarrow (L_{10h} > L_{min}) \rightarrow \mathbf{OK}$$

3.6.6.21. Selección del tipo de ajuste y tolerancia de rodamientos

Acoplamiento del árbol con los rodamientos. Para este acoplamiento adoptaremos un sistema de agujero único.

D_n = diametro nominal interior del rodamiento

D_s = discrepancia superior del agujero

D_i = discrepancia inferior del agujero

d_i = discrepancia inferior del eje

d_s = discrepancia superior del eje

T_{agujero} = tolerancia del agujero

T_{eje} = tolerancia del eje

3.6.6.22. Selección de ajuste

Para seleccionar el tipo de ajuste se debe tener en cuenta lo siguiente

- Condiciones de giro

Condiciones de giro y carga				
Condiciones de funcionamiento	Ilustración esquemática	Condición de carga	Ejemplo	Ajustes recomendados
Aro interior rotativo		Carga rotativa en el aro interior	Ejes de transmisión por correa	Ajuste de interferencia para el aro interior
Aro exterior estacionario		Carga estacionaria en el aro exterior		Ajuste flojo para el aro exterior
Carga de sentido constante				
Aro interior estacionario		Carga estacionaria en el aro interior	Rodillos de cintas transportadoras	Ajuste flojo para el aro interior
Aro exterior rotativo		Carga rotativa en el aro exterior	Rodamientos de cubos de rueda	Ajuste de interferencia para el aro exterior
Carga de sentido constante				
Aro interior rotativo		Carga estacionaria en el aro interior	Aplicaciones vibratorias	Ajuste de interferencia para el aro exterior
Aro exterior estacionario		Carga rotativa en el aro exterior	Cribas vibratorias o motores	Ajuste flojo para el aro interior
La carga gira con el aro interior				
Aro interior estacionario		Carga rotativa en el aro interior	Machacadoras giratorias	Ajuste de interferencia para el aro interior
Aro exterior rotativo		Carga estacionaria en el aro exterior	(Transmisiones de transportadores)	Ajuste flojo para el aro exterior
La carga gira con el aro exterior				

Figura 3. 21.-Consideraciones de giro y carga [38]

- Seleccionamos el tipo de ajuste de la siguiente tabla. [37]

Ajustes para ejes macizos de acero								
Rodamientos radiales con agujero cilíndrico								
Condiciones de la aplicación	Ejemplos	Diámetro del eje (mm) para rodamientos de bolas ¹⁾	de rodillos cilíndricos	de rodillos cónicos	CARB y de rodillos a rótula	Tolerancias		
Carga rotativa sobre el aro interior o dirección indeterminada de la carga								
Cargas ligeras y variables (P ≤ 0,05 C)	Transportadores, rodamientos poco cargados en reductores	≤ 17 (17) a 100 (100) a 140	— ≤ 25 (25) a 60	— ≤ 25 (25) a 60	— — (60) a 140	— — —	js5 (h5) ²⁾ j6 (j5) ²⁾ k6 m6	
	Cargas normales y elevadas (P > 0,05 C)	Aplicaciones en general, motores eléctricos, turbinas, bombas, motores de combustión interna, engranajes, máquinas para trabajar la madera	≤ 10 (10) a 17 (17) a 100	— — —	— — —	— — —	— — —	js5 js5 (h5) ²⁾ k5 ³⁾
		—	—	≤ 30	≤ 40	—	< 25	k6
—		(100) a 140	(30) a 50	—	—	25 a 40	m5	
—		(140) a 200	—	(40) a 65	—	—	m6	
—		(200) a 500	(50) a 65 (65) a 100 (100) a 280	— (65) a 200 (200) a 360	— (65) a 200 (200) a 360	(40) a 60 (60) a 100 (100) a 200	n5 ⁴⁾ n6 ⁴⁾ p6 ⁵⁾ p7 ⁴⁾	
—	> 500	—	—	—	—	p7 ⁴⁾		
—	—	(280) a 500	(360) a 500	(200) a 500	(200) a 500	r6 ⁴⁾		
—	—	> 500	> 500	> 500	> 500	r7 ⁴⁾		
Cargas elevadas a muy elevadas y de choque con condiciones de trabajo difíciles (P > 0,1 C)	Cajas de grasa para vehículos ferroviarios pesados, motores de tracción, trenes de laminación	—	(50) a 65 (65) a 85 (85) a 140 (140) a 300 (300) a 500 > 500	— (50) a 110 (110) a 200 (200) a 500 > 500	— (50) a 70 (70) a 140 (140) a 280 (280) a 400 > 400	— — — — —	n5 ⁴⁾ n6 ⁴⁾ p6 ⁶⁾ r6 ⁷⁾ s6 _{min} ± IT6/2 ⁶⁾⁸⁾ s7 _{min} ± IT7/2 ⁶⁾⁸⁾	
	Se requiere gran exactitud de giro con cargas ligeras (P ≤ 0,05 C)	Máquina herramienta	8 a 240	—	—	—	—	js4 js4 (j5) ⁹⁾ k4 (k5) ⁹⁾ m5 n5
		—	—	25 a 40	25 a 40	—	—	
		—	—	(40) a 140	(40) a 140	—	—	
—		—	(140) a 200 (200) a 500	(140) a 200 (200) a 500	— —	— —		

Figura 3. 22.-Tipo de ajuste [37].

En la tabla anterior nos indica que vamos a seleccionar un ajuste fijo y a presión debido a la tolerancia k

La tolerancia recomendada de ajuste para el eje es: k5, basándose en el ajuste de precisión utilizado en ajustes fijos, forzados, de arrastre por adherencia de entrada suave, deslizamiento. Se utilizan en máquinas-herramientas y maquinaria fina. [34]

AGUJERO H 6 AJUSTE DE PRECISION

Para los ejes corresponden esta serie de ajustes.....	}	Ajuste forzado n 5.
		» de arrastre m 5.
		» de adherencia k 5.
		» de entrada suave j 5.
		» de deslizamiento h 5.
		» de juego libre g 5.

Figura 3. 23.-Tolerancia recomendada [34].

Mediante este análisis se constituye el ajuste de adherencia utilizado para piezas que tengan acoplamiento fijo, y su desmontaje no sea habitual, pudiendo acoplarse y desacoplarse a golpe de martillo; es preciso asegurar el movimiento de giro por medio de chaveta u otro, así como el movimiento longitudinal. Entre otras aplicaciones tenemos: rodamientos a bolas sobre ejes para cargas medias, Volantes, Casquillos en ruedas, Poleas y Bielas, Platos para acoplamiento de ejes, (CASILLAS PAG 532). [34]

- Tolerancia para los rodamientos radiales

Tabla 3. 15.-Rodamientos lineales [38].

Diámetro Interior Nominal <i>d</i> (mm)		Normal	
		alta	baja
más de	hasta		
0.6 ⁽¹⁾	2.5	0	— 8
2.5	10	0	— 8
10	18	0	— 8
18	30	0	— 10
30	50	0	— 12
50	80	0	— 15
80	120	0	— 20
120	150	0	— 25
150	180	0	— 25
180	250	0	— 30
250	315	0	— 35
315	400	0	— 40
400	500	0	— 45
500	630	0	— 50
630	800	0	— 75
800	1 000	0	—100
1 000	1 250	0	—125
1 250	1 600	0	—160
1 600	2 000	0	—200



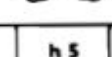
$$D_n = 20_{-0,010}^0$$

- Tolerancia para el eje k5 (pag.537 Casillas). [34]

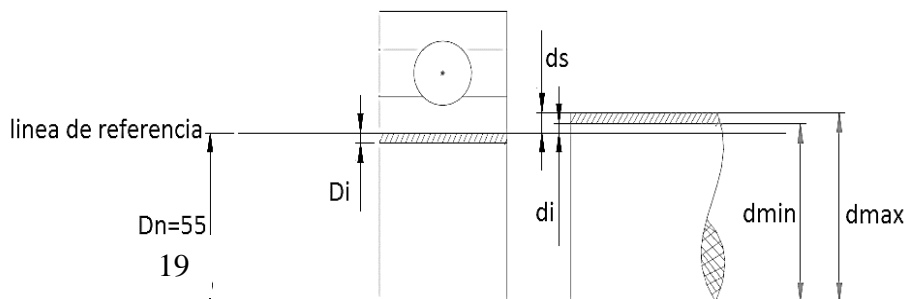
Tabla 3. 16.-Ajuste de eje y rodamiento [34].

Ajustes Internacional I.S.A. AGUJERO UNICO DIFERENCIAS NOMINALES

* CIFRAS MARCADAS CON ASTERISCO NO PASA

DIAMETROS NOMINALES mm.	AGUJERO H 6 	EJES NO PASA  PASA 					
		n 5	m 5	k 5	j 5	h 5	g 5
1 a 3	+ 0,007* 0,000	+ 0,011 + 0,006*	+ 0,007 + 0,002*		+ 0,004 - 0,001	0,000 - 0,005*	- 0,003 - 0,008*
Más de 3 a 6	+ 0,008* 0,000	+ 0,013 + 0,008*	+ 0,009 + 0,004*		+ 0,004 - 0,001	0,000 - 0,005*	0,004 - 0,009*
Más de 6 a 10	+ 0,009* 0,000	+ 0,016 0,010*	+ 0,012 0,006*	+ 0,007 + 0,001*	+ 0,004 - 0,002*	0,000 - 0,006*	- 0,005 0,011*
Más de 10 a 18	+ 0,011* 0,000	+ 0,020 + 0,012*	+ 0,015 + 0,007*	+ 0,009 + 0,001*	+ 0,005 - 0,003*	0,000 - 0,008*	- 0,006 - 0,014*
Más de 18 a 30	+ 0,013* 0,000	+ 0,024 + 0,015*	+ 0,017 + 0,008*	+ 0,011 + 0,002*	+ 0,005 - 0,004*	0,000 - 0,009*	- 0,007 - 0,016*
Más de 30 a 40	+ 0,016* 0,000	+ 0,028 + 0,017*	+ 0,020 0,009*	+ 0,013 + 0,002*	+ 0,006 - 0,005*	0,000 - 0,011*	- 0,009 - 0,020*
Más de 40 a 50							
Más de 50 a 65	+ 0,019* + 0,000	+ 0,033 + 0,020*	+ 0,024 + 0,011*	+ 0,015 + 0,002*	+ 0,006 - 0,007*	0,000 - 0,013*	- 0,010 - 0,023*
Más de 65 a 80							
Más de 80 a 100	+ 0,022* 0,000	+ 0,038 + 0,023*	+ 0,028 + 0,013*	+ 0,018 + 0,003*	+ 0,006 - 0,009*	0,000 - 0,015*	- 0,012 - 0,027*
Más de 100 a 120							

$$20_{+0,002}^{+0,011}$$



agujero $20_{-0,015}^0$ $D_s = 0, D_i = -0,011\text{mm}$

dimensiones limites $\left\{ \begin{array}{l} D_{\max} = D_n + D_s = 20\text{mm} + 0 = 20\text{mm} \\ D_{\min} = D_n + D_i = 20\text{mm} - 0,011 = 19,989\text{mm} \end{array} \right.$

$$\begin{array}{l}
\text{eje 20 k5} \left\{ \begin{array}{l} ds = 0,011 \text{ mm} , di = 0,002 \text{ mm} , T_{eje} = 0,009 \text{ mm} \\ \text{dimensiones limites} \left\{ \begin{array}{l} d_{\max} = D_n + ds = 20 + 0,011 = 20,011 \text{ mm} \\ d_{\min} = D_n + di = 20 + 0,002 = 20,002 \text{ mm} \end{array} \right. \\ \\ \text{apriete} \left\{ \begin{array}{l} A_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 20,011 - 19,989 = 0,022 \text{ mm} \\ A_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 20,002 - 20 = 0,002 \text{ mm} \end{array} \right. \end{array}
\end{array}$$

3.6.7. Cálculo de las Aletas

El rotor de un dispositivo de dispersión tiene diferentes tipos que son utilizados para triturar, mezclar, homogenizar y cortar, utilizando el fácil funcionamiento de un cúter. En la industria alimenticia se utiliza un rotor con cuchillas para triturar sólidos, este está acompañado de un cabezal con perforaciones rectas, para mejorar la trituración y la fusión de las sustancias. [26].

El cabezal de trabajo influye en el proceso de homogenización o mezclado, porque es donde se va a generar la fuerza de cizallamiento, esta varía de acuerdo a la distribución de perforaciones en el mismo y a la velocidad a la cual está sometida. En este caso existen perforaciones circulares rectas, las cuales ayudan a bombear a la sustancia dentro del cabezal de trabajo y la fuerza de cizallamiento se produce cuando se encuentran las dos corrientes, esto ayuda que las partículas se disuelvan con los fluidos con más efectividad [27].

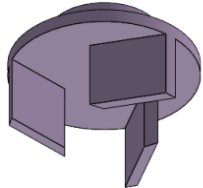

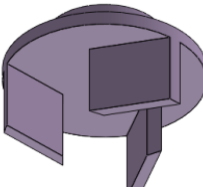

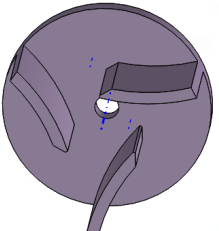

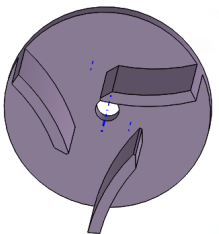

Los impulsores, mezcladores tienen una particularidad: todos estos dispositivos generan un flujo axial el cual se genera en dirección paralela al eje giratorio. Para una mejor mezcla los dispositivos cuentan con paletas deflectoras las cuales ayudan a mejorar la mezcla, en todo el recipiente esto depende del diseño de la turbina o rodete y si cuenta con cabezal de trabajo o no. Una de las desventajas de las paletas es que pueden recoger o adherir cualquier tipo de residuo en las mismas, reduciendo su vida útil [28].

Los impulsores o rodetes varían de acuerdo al tipo de recipiente que se va a utilizar estos pueden ser cerrados o abiertos lo recomendable es utilizar rodetes con cabezal de trabajo en recipientes abiertos y con paletas deflectoras, en recipientes cerrados.

También por la capacidad de llenado del depósito el rodete con cabezal está diseñado para pequeñas cantidades por su diámetro y el rodete con paletas deflectoras alcanza mayor distancia gracias a sus paletas que amplía su diámetro [29].

Para realizar el cálculo de las aspas y la turbina se realiza diferentes tipos de análisis con diferentes tipos de turbina y cabezal de trabajo como se muestra en la siguiente tabla, además se muestra las geometrías (configuraciones) de las hélices y cabezales.

Tabla 3. 17.-Selección de alternativa para el diseño de hélice. [Autores]

Número de Elemento	Hélice	Cabezal de trabajo
Modelo 1	H1	A
		
Modelo 2	H1	B
		
Modelo 3	H2	A
		
Modelo 4	H2	B
		

De acuerdo con los modelos establecidos por diseño se realizó cuatro combinaciones, las cuales nos permitirán seleccionar el modelo más efectivo. Los modelos fueron sometidos a simulación mediante un software. Para la simulación se utilizó el mismo fluido, mismas propiedades mecánicas en todos los modelos, permitiéndonos establecer la hélice y el cabezal de trabajo adecuado para nuestro proyecto.

En la siguiente tabla se muestran cada una de las condiciones de frontera que tiene el cabezal de trabajo con las que se realizó cada uno de los casos con respecto al recipiente. Las propiedades insertadas en este punto son solamente para la selección del tipo, diseño de hélice y cabezal de trabajo no influye en nada los resultados de prácticas o pruebas reales. Además, en la simulación únicamente se trabajó con agua como fluido de pruebas puesto que solo necesitamos el dato que ayude en la selección del modelo correcto.

Tabla 3. 18.-Condiciones de frontera para la simulación. [Autores].


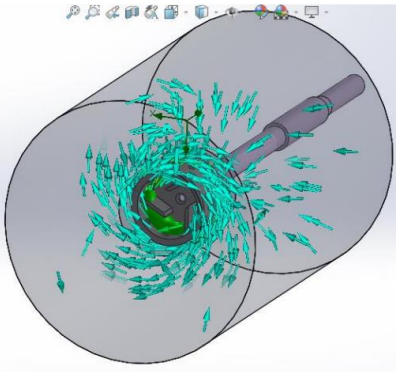
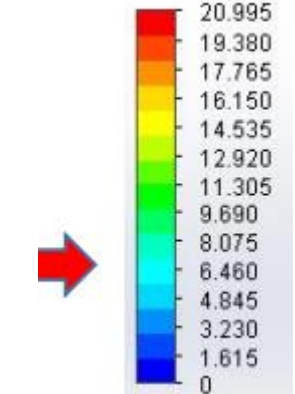
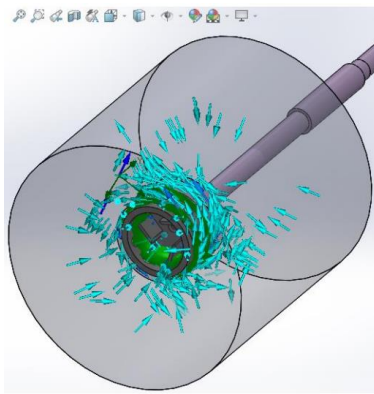
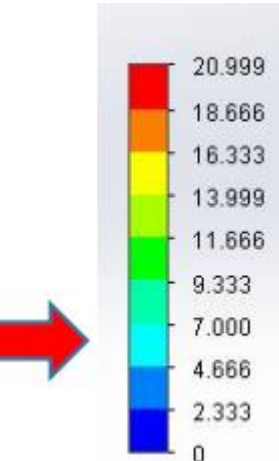
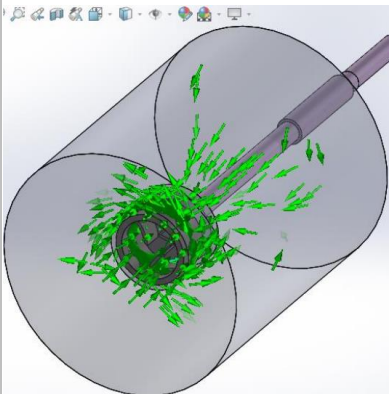
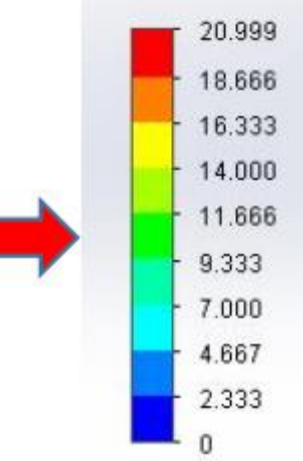
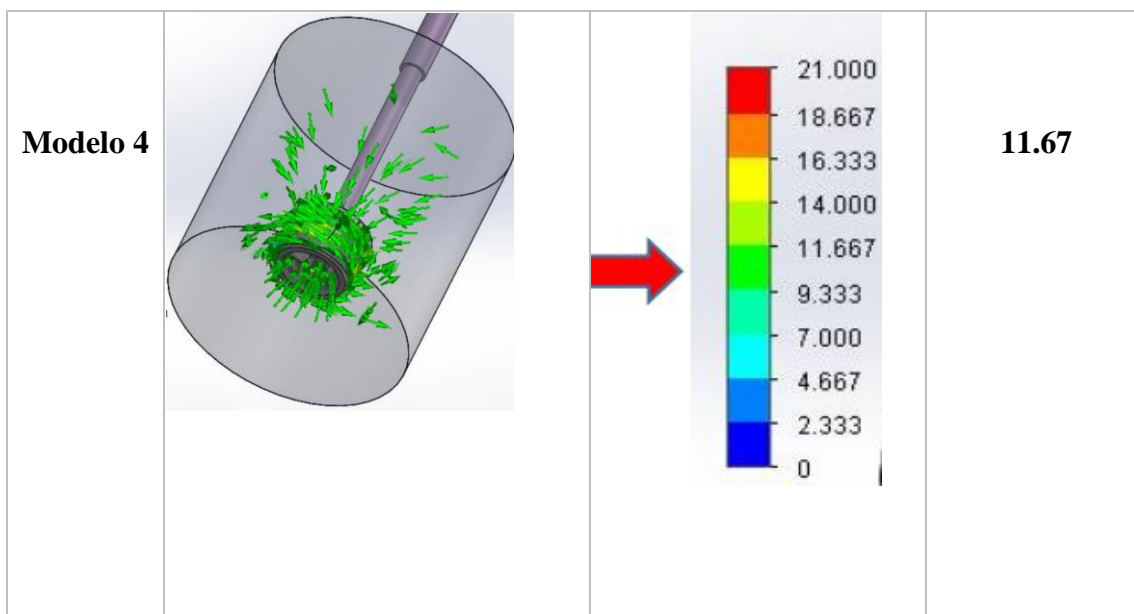
Descripción de propiedades	Simulación
<ul style="list-style-type: none"> ● Viscosidad de fluido: 0,001 N.s/m² ● Recipiente: Vidrio ● Velocidad de giro: 1000 rpm ● Volumen: 1000 cm³ 	

Tabla 3. 19.-Resultado de simulación mediante software. [Autores].

Número de elemento	Simulación	Rango de velocidad	Velocidad de (cizallamiento m/s)
Modelo 1			6.46
Modelo 2			7
Modelo 3			9.33



- **Comentario modelo 1.-** Esta simulación se realizó utilizando la **hélice 1** con el **cabezal de trabajo A**, donde la hélice impulsa a las partículas a través de las perforaciones del cabezal lo que provoca su estrangulación y así se busca la homogenización del fluido. En esta alternativa se alcanza una velocidad de cizallamiento de 6.43 m/s.
- **Comentario modelo 2.-** Esta simulación se realizó utilizando la **hélice 2** con el **cabezal de trabajo A**, donde la hélice impulsa a las partículas a través de las perforaciones del cabezal lo que provoca su estrangulación y así se busca la homogenización del fluido. En esta alternativa se alcanza una velocidad de cizallamiento de 7 m/s.
- **Comentario modelo 3.-** Esta simulación se realizó utilizando la **hélice 1** con el **cabezal de trabajo B**, donde la hélice impulsa a las partículas a través de las perforaciones del cabezal lo que provoca su estrangulación y así se busca la homogenización del fluido. En esta alternativa se alcanza una velocidad de cizallamiento de 9.33 m/s.
- **Comentario modelo 3.-** Esta simulación se realizó utilizando la **hélice 2** con el **cabezal de trabajo B**, donde la hélice impulsa a las partículas a través de las perforaciones del cabezal lo que provoca su estrangulación y así se busca la homogenización del fluido. En esta alternativa se alcanza una velocidad de cizallamiento de 11.67 m/s.

3.6.7.1. Selección de alternativa (modelo)

La variable que nos indica el modelo adecuado es la velocidad de cizallamiento producida a través de las perforaciones del cabezal de trabajo al girar la hélice, donde las partículas son estranguladas sucesivamente de acuerdo con el tiempo de operación o pruebas. El modelo que genera mayor velocidad de cizallamiento es la combinación 4 con el **cabezal de trabajo B** y la **hélice 2**.

3.6.7.2. Cálculo de las aspas

El impulsor que se seleccionó es una turbina de aspas para una mejor aspiración. [30]

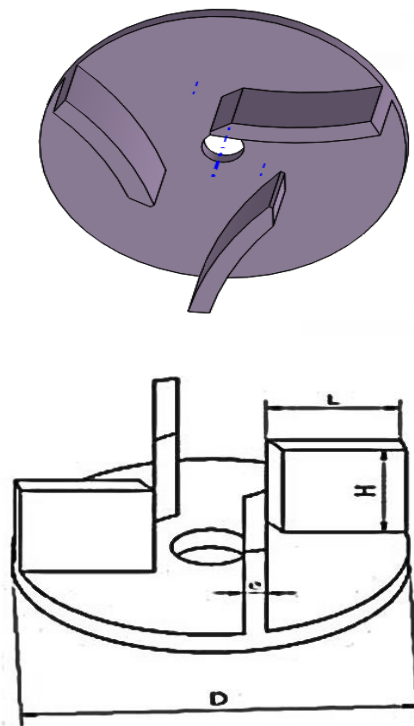


Figura 3. 24.-Dimensiones geométricas de la turbina [21].

Con las relaciones ya utilizadas se determinó que las dimensiones de la turbina son las siguientes:

$$D = 58 \text{ mm}$$

$$H = 14.75 \text{ mm}$$

$$L = 29 \text{ mm}$$

En este tipo de turbinas sus cuatro aspas son distribuidas a 90°. Se recomienda que para un número de Reynolds mayor a 4000, el espesor corresponde a 3mm. Esta clase de aspas aspiran el fluido de arriba hacia abajo generando un flujo radial, este flujo genera una fuerza de corte mayor y una elevada turbulencia optimizando la homogeneidad del fluido. [30]

3.6.7.3. Cálculo del paso de aspas

Este cálculo se debe tomar en cuenta para la construcción de la turbina, el diámetro de la turbina es de 58 mm [30].

Con la distribución de 90° de las aspas el paso será el siguiente:

$$Paso = \frac{\pi * D}{4} \quad (Ec. 43)$$

$$Paso = \frac{\pi * 58}{4}$$

$$Paso = 45.55 \text{ mm}$$

3.6.7.4. Fuerza de rozamiento

En el rotor de la turbina se genera una fuerza de rozamiento, esta fuerza se genera desde el centro de eje hacia la línea de la fuerza de rozamiento es conocida como brazo de la fuerza de rozamiento [30].

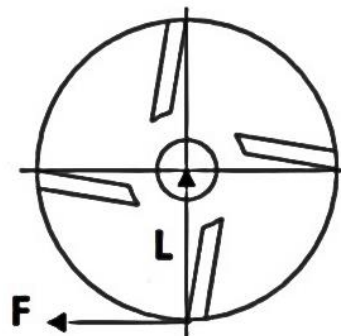


Figura 3. 25.-Distribución de las fuerzas en el rodete [20]

El radio efectivo del rodete es 29 mm.

$$F = \frac{1}{2} (C_{arr} * v^2 * \rho * A_T) \quad (Eqc. 44)$$

F = Fuerza de rozamiento

C_{arr} = Coeficiente de arrastre

v = Velocidad lineal

A_T = Área transversal

ρ = densidad.

Es necesario saber el área transversal y la velocidad lineal [30].

3.6.7.5. Área transversal

$$A_T = b * h \quad (Ec. 45)$$

A_T = Área transversal

b = Base de la hélice

h = Altura de la hélice

Reemplazando se obtiene:

$$A_T = 29 * 14.75$$

$$A_T = 427.75 \text{ mm}^2$$

3.6.7.6. Velocidad lineal

$$v = w * r \quad (Ec. 46)$$

w = Velocidad angular

r = Radio efectivo de la hélice

v = Velocidad lineal

$$v = 837.75 * 0.029$$

$$v = 24.29 \text{ m/s}$$

El coeficiente de rozamiento lo obtendremos de una tabla que se encuentra en el apéndice C, la placa es normal y el coeficiente será igual a 2, este valor es adimensional [31].

Reemplazando en la (Eq. 43) se obtiene:

$$F = \frac{1}{2} (2 * (24.29)^2 * 11.135 * 4.2775 \times 10^{-4})$$

$$F = 2.81 \text{ N}$$

Esta fuerza corresponde a la de un aspa. La hélice contiene 4 aspas. La fuerza total de rozamiento será de: [31].

$$F = 2.81 * 4$$

$$F = 11.24 \text{ N}$$

3.6.8. Velocidad de cizallamiento

La velocidad de cizallamiento en este fluido, se la puede determinar por un viscosímetro entre dos placas paralelas, su función es exponer al fluido entre dos placas una superior y una inferior, la superior gira a una velocidad mayor que la placa inferior generando un remolino, funciona como una turbina. Este instrumento de medición nos ayuda en el cálculo de la velocidad de cizallamiento. Esta velocidad está dada por la siguiente ecuación [32].

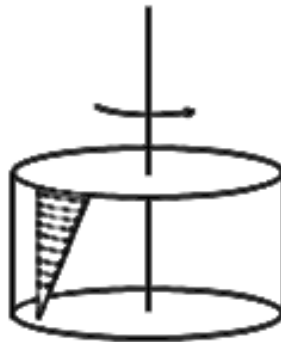


Figura 3. 26.-Distribución de las fuerzas en el rodete [32]

$$\dot{\gamma}_m = \frac{\Omega}{l} R \quad (\text{Ec. 47})$$

Donde:

$\dot{\gamma}_m$ = Velocidad de cizalla(m/s)

l = Distancia entre la turbina y el fondo del recipiente(m)

Ω = Velocidad de giro(rpm)

R = Radio del recipiente(m)

$$\dot{y}_m = \frac{7200 \text{ rpm}}{0.058m} * 0.0525m$$

$$\dot{y}_m = 1.72 \frac{m}{s}$$

La velocidad mínima de cizalla a la que las partículas salen disparadas del cabezal de trabajo es de 1,72 m/s según la ecuación mostrada anteriormente. [32].

3.6.9. Cálculo de la plancha elevable

Se diseñará el mecanismo de elevación para un adecuado ajuste entre el recipiente y el cabezal de trabajo, para no tener problemas de ajuste.

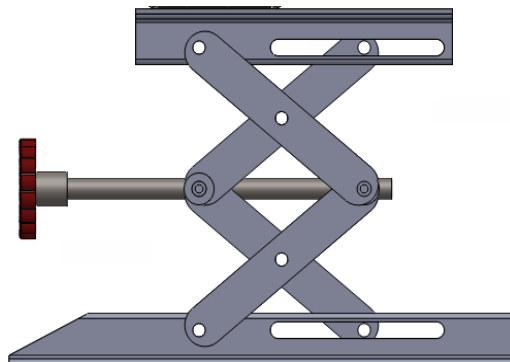


Figura 3. 27.-Dimensiones geométricas plancha elevable [Autores]

3.6.9.1. Mecanismo de tijera

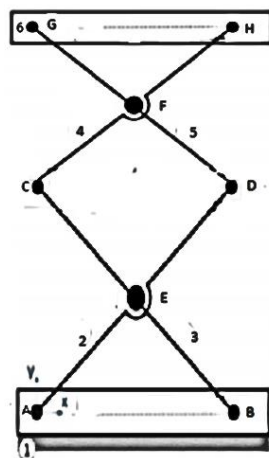


Figura 3. 28.-Esquema cinámico [33]

La cinemática de la plancha de elevación se debe realizar un esquema en 2D, este mecanismo está compuesto por 6 barras, 6 pares rotativos y 1 par prismático [33].

3.6.9.2. Grados de libertad

Para este tipo de mecanismo plano el movimiento se realiza en dos dimensiones debido a su diseño [33].

$$G = 3 * (N - 1) - 2 * J_1 - 1 * J_2 \quad (Ec. 48)$$

$$G = 3 * (6 - 1) - 2 * 6 - 1 * 1$$

$$G = 2$$

El mecanismo tiene dos grados de libertad, lo cual nos ayuda a determinar que tendrá el movimiento hacia dos direcciones [33].

3.6.10. Análisis de resistencia de la estructura

3.7. Construcción

3.7.1. Aspectos de la Fabricación

Para diseñar las uniones estas no deben tener cartelas y partes rígidas, para que sea fácilmente cambiables las partes del dispositivo. Teniendo en cuenta la resistencia de las partes acopladas en el prediseño.

3.7.1.1. Corte

El corte de metales se realiza con las máquina-herramientas adecuadas para el proceso de acuerdo con cada material se utilizan (tornos, troqueladoras, fresadoras). En este proceso se generan virutas. El trabajo central de estas máquinas está en la herramienta cortante que desprende esas virutas o a su vez eliminar en forma de viruta, porciones de metal de la pieza a trabajar, con el fin de obtener una pieza con medidas, forma y acabados deseados.

3.7.1.2. Doblado

El proceso de doblado se lo realiza en materiales fríos o calientes, al realizar este proceso se debe tener en cuenta el radio externo de doblado también el lugar de abolladura. Adicionalmente, se debe tener cuidado de que el tubo se puede ovalizar, limitándose a la menor ovalización posible.

3.7.1.3. Soldadura

El proceso de soldadura es el más usado en las estructuras de perfiles por su rapidez y costo. En general, los procedimientos de soldadura se pueden utilizar de la misma forma que para los perfiles abiertos de acero.

3.7.1.4. Ensamblado

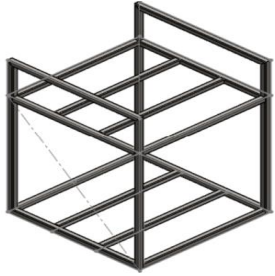
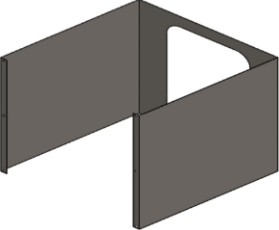
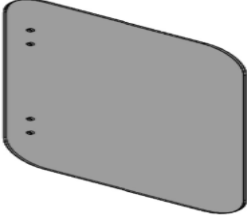
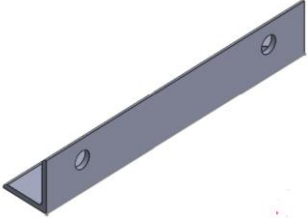
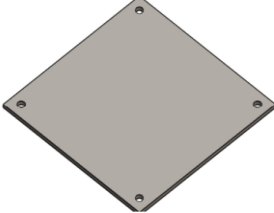
Todo producto está constituido por partes o divisiones de este. En este proceso se realizará la unión de todos los mecanismos, partes y piezas que componen el dispositivo.

Es decir, unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo. Para unir los componentes del dispositivo se los puede hacer con soldadura de arco, MIG, TIG, etc.

3.7.1.5. Acabado

Los acabados de construcción son todos aquellos trabajos que se realizan en una construcción para darle terminación a las obras quedando ésta con un aspecto agradable, juega un papel muy importante en el diseño mediante el cual, al espectador debe sentir atracción por el diseño.

Tabla 3. 20.-Proceso de construcción. [Autores]

Número	Elemento	Material	Representación
1	Estructura homogenizador	Acero estructural tubo cuadrado 20x20x1,5 mm ASTM A36	
2	Carcasa homogeneizadora	Tol 0,7mm ASTM A36	
3	Puerta	Vidrio	
Sistema de elevación			
4	Angulo base de elevador	Acero estructural ángulo 30x3 mm ASTM A36	
5	Base de elevador	Acero estructural plancha 4mm 250 x 300mm ASTM A36	

6	Eje elevador de rosca delantero	Acero Inoxidable AISI 304 Mecanizado	
7	Eje elevador de rosca posterior	Acero Inoxidable AISI 304 Mecanizado	
8	Perilla de elevación	Adquirido	
9	Platina para elevador	Acero estructural platina 40x4 mm ASTM A36	

El homogeneizador de alto cizallamiento será construido de una manera detallada por diferentes elementos o procesos los cuales son maquinados a partir de una materia prima, como también elementos normalizados. Además, se contará con todos los implementos de un taller metalmecánico.

Tabla 3. 21.-Listado y características de los instrumentos. [Autores]

Máquinas y equipos	Equipos manuales	Instrumentos de medida
Taladro de pedestal	Porta machuelos y machuelos	Nivelador
Amoladora	Llave, cincel	Calibrador
Torno paralelo	Herramientas para torno refrentado, cilindrado	Flexómetro
Taladro portátil	Baterías y brocas de diferente medida	Torquímetro
Soldadora eléctrica	Discos de acabado y pulido	Torquímetro
Impresora 3D		
CNC	Cuchillas de maquinado	

Adquisición de materiales de acuerdo con el diseño y parámetros ya establecidos.



Tabla 3. 22.-Características de cada material. [Autores]





Cantidad	Material
3	Tc 20x20x1.5 mm
2	Tol de 0.7 mm
1	Platina 40x4
1	Ángulo 30x3
1	Motor Siemens
1	Polea 1x2 in
1	Polea 1x6 in
2	Rodamiento 6004
1	Perilla de elevación
1	Perno de rosca gruesa
1	Perno 5/16 por metro
1	Eje 1018 - Diam 76.20 mm – 120 mm
1	Eje 304 -Diam 101.6 – 12 mm
3	Eje 304 -Diam 12 mm – 210 mm
1	Eje 304 -Diam 75 mm – 15 mm
1	Eje 304 -Diam 25 mm – 400 mm
1	Vidrio claro de 4 mm con serigrafía
1	Rollo de PLA
2	Recipiente de vidrio
1	Plancha de 4mm x250x300 mm
1	Bisagra 20 mm por metro
1	Seguro mecánico
4	Discos de corte 7 in
1	Disco de pulir 7 in
1	Disco de corte tronadora
1	Rollo de alambre MIG er70s6 9 mm




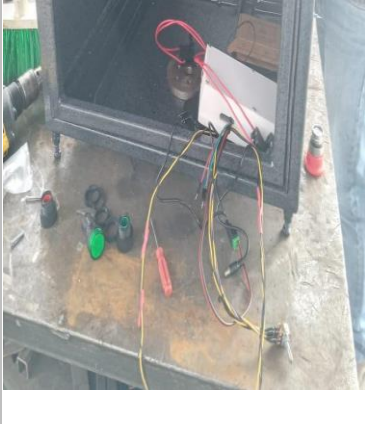
1	Recarga de tanque CO2
1	Sika Flex
1	Módulo de comunicación RS485
1	Nextion NX4832T035 3,5 inch
1	Arduino MEGA 2560 R3 + cable
2	Pulsador Inicio/Paro
1	Pulsador de paro de emergencia
1	Sensor de efecto hall
1	Regulador de voltaje step down LM2596
1	Componentes electrónicos varios


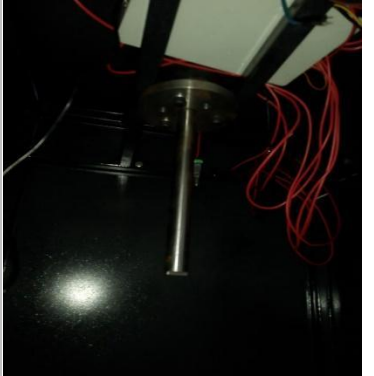


3.7.1.6. Construcción del homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento


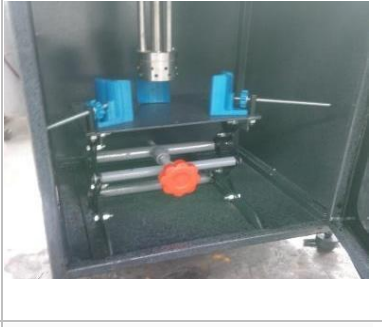

Tabla 3. 23.-Proceso de armado [Autores]

Número	Descripción	Ilustración
1	Corte de perfiles con medidas de diseño.	
2	Armado de estructura de la cabina del homogeneizador. La estructura está compuesta por perfiles cuadrangulares, unidos mediante cordones de soldadura.	

3	Colocado de base para rodamientos y acople del motor, estos van situados en la estructura del homogeneizador y en partes adecuadas según simulaciones de carga y presión realizados en el software de diseño.	
4	Forrado exterior de la cámara del homogeneizador	
5	Armado y colocación de la cama elevable. Todos los mecanismos de la cama elevable fueron mecanizados bajo criterio establecido en el diseño y selección de materiales, esta cama elevable está anclada con pernos hacia la estructura del homogeneizador.	
6	Colocado de puerta, este componente va unido a la estructura del homogeneizador mediante una bisagra.	

7	<p>Instalado del sujetador del rodamiento y eje principal. Este componente ha sido mecanizado con anterioridad a su colocación.</p>	
8	<p>Mecanizado de la hélice (CNC). Este componente fue instalado con especificaciones establecidas en su selección, es decir su forma y diseño fueron de acuerdo con las condiciones de trabajo a las cuales va a ser sometido. Va unido al eje principal que transmite la velocidad de rotación.</p>	
9	<p>Maquinado de mecanismo de potencia de acuerdo con especificaciones de diseño, estos mecanismos están compuestos de poleas que van conectadas al motor. También hay ejes que sujetan el cabezal y van anclados a la estructura del homogeneizador.</p>	
10	<p>Diseño, programación y puesta en marcha del programa que establezca el control del equipo tanto como su encendido y su operación.</p>	

11	<p>Pintado de la parte externa e interna del homogeneizador, este procedimiento, se lo ha realizado sometiendo al equipo a pintado al horno lo que nos permite establecer una apariencia extraordinaria.</p>	
12	<p>Ubicación y cableado del sistema de control en la estructura del homogeneizador</p>	
13	<p>Colocado de vidrio en la puerta del homogeneizador. Es un vidrio templado adaptado bajo condiciones de medida establecidas en el diseño.</p>	
14	<p>Anclaje del motor y el variador de frecuencia a la estructura del variador de frecuencia en sus respectivas bases con respectivos pernos.</p>	

15	Instalación de pantalla táctil, botones de encendido y apagado, botón de paro de emergencia y el control de velocidad.	
16	Adaptación de las mordazas que sujetan el recipiente mientras se realiza la práctica o pruebas de funcionamiento. Estas mordazas fueron impresas en 3D en polietileno.	
17	Puesta en marcha del equipo.	

3.8. Presupuesto

En las siguientes tablas se detalla los costos de materiales, mano de obra e insumos que se utilizaron para realizar este proyecto.

Tabla 3. 24.-Costos Materiales. [Autores]

Costos Materiales				
Descripción	Detalle	Cantidad	Valor unitario	Total
Estructura	Tubo cuadrado 20x20x1.5 mm	3	8	16
	Tol de 0.7 mm	2	30	60

Plancha de elevación	Platina 40x4	1	5	5
	Ángulo 30x3	1	7	7
	Plancha de 4 mm x250x300 mm	1	20	20
	Perilla de elevación	1	15	15
Mecanismo de potencia	Motor Siemens	1	250	250
	Variador de frecuencia	1	170	170
	Polea 1x2 in	1	10	10
	Polea 1x6 in	1	20	20
	Rodamiento 6004	2	10	10
EJES	Eje 1018 - Diam 76.20mm – 120 mm	1	50	50
	Eje 304 -Diam 101.6 – 12 mm	1	70	70
	Eje 304 -Diam 12mm – 210 mm	3	40	120
	Eje 304 -Diam 75mm – 15 mm	1	60	60
	Eje 304 -Diam 25mm – 400 mm	1	20	20
Compuerta	Vidrio claro de 4 mm con serigrafía	1	150	150
Recipiente de mezcla	Recipiente de vidrio	2	19	19
Varios	Perno de rosca gruesa	1	5	5
	Perno 5/16 por metro	1	7	7
	Rollo de PLA	1	30	30
	Bisagra 20mm por metro	1	15	15
	Seguro mecánico	1	2	2
	Discos de corte 7in	4	5	5
	Disco de pulir 7in	1	5	5
	Disco de corte tronadora	1	8	8

	Rollo de alambre MIG 1er70s6 9mm	1	40	40
	Recarga de tanque CO2	1	45	45
	Sikaflex	1	6	6
55	Módulo de comunicación RS485	1	4	4
	Nextion NX4832T035 3,5 inch	1	55	55
	Arduino MEGA 2560 R3 + cable	1	17	17
Sistema electrónico.	Pulsador Inicio/Paro	2	3,50	7
	Pulsador de paro de emergencia	1	15	15
	Sensor de efecto hall	1	30	30
	Regulador de voltaje step down LM2596	1	3	3
	Componentes electrónicos varios	1	10	10
Total				\$ 1381

Tabla 3. 25.-Costos Mano de obra. [Autores]

Costos Mano de obra		
Descripción	Detalle	Costo
Metalmecánico	Montaje, armado.	250
Electrónico	Instalación de componentes	360
Pintor	Pintura al horno	200
Centro de mecanizado	Maquinado varios componentes inoxidables	550
Tornero	Maquinado de ejes inoxidables	200
Total		\$ 1560

Tabla 3. 26.-Costos Indirectos. [Autores]

Costos Indirectos	
Alimentación	100
Transporte	150
Insumos	60
Reproceso de piezas mecánicas	700
Total	\$ 1010

Tabla 3. 27.-Costo Total. [Autores]

Costo Total	
Descripción	Costo
Costos mano de obra	1560
Costos indirectos	1010
Costos materiales	1381
Total	\$ 3,951

3.9. Pruebas de funcionamiento

Antes del inicio de cada prueba es recomendable inspeccionar el equipo, es decir revisar cada uno de sus componentes según la ficha técnica del equipo o la hoja de revisión expuesta en los apéndices del proyecto. A continuación, detallaremos las pruebas de funcionamiento del dispositivo, el cual nos ayudará a la creación de nano fluidos.

3.9.1. Componentes para la mezcla

Para realizar las pruebas de funcionamiento se utilizaron equipos de medición de viscosidad, volumen, peso, recipientes y diferentes tipos de sustancias. Entre los parámetros más importantes para la realización de las pruebas del equipo son: el tiempo de mezcla y la velocidad de mezcla que se haya establecido de acuerdo solicitudes del fluido o investigaciones anteriores que detalle este procedimiento.

3.9.1.1. Procedimiento

Se realizarán dos ensayos que utilizarán el mismo fluido base y el mismo líquido iónico, los cuales son: aceite Coolube 2210EP que es un lubricante para corte de metales y fluido iónico, lo que se busca es añadir un componente al fluido y así lograr mejorar sus propiedades en cuanto a la lubricación de herramientas durante el periodo de corte. A continuación, detallamos las características que presentan los fluidos que serán sometidos a prueba.

3.9.1.2. Aceite vegetal

Para un sistema de mecanizado MQL (mínima cantidad de lubricante) es recomendable trabajar con un aceite Coolube 2210EP, este lubricante está considerado como superior entre los aceites vegetales porque este está fabricado con base de metalistería, una de las ventajas de este aceite: no produce una reacción cancerígena al contacto con la piel.

En la siguiente tabla se detalla las características que tiene este tipo de aceite vegetal.

Tabla 3. 28.-Características del fluido.[Autores]

	Características
Nombre	Coolube 2210 EP
Estado físico	Contiene de baja viscosidad
Apariencia	Amarillento
Punto de ebullición	>392°F (>200°C)
Presión de vapor	<1 mmHg a 77°F (25°C)
Viscosidad cinemática	10 (Cst) a 40° C
Densidad	890 (Kg/cm ³)
Maquinado	MQL (Mínima cantidad de lubricante), ideal para materiales ferrosos.

3.9.1.3. Líquidos iónicos

Estos líquidos iónicos son definidos como sales, un dato muy peculiar es que su punto de fusión es menor a 100°C este valor es muy bajo en comparación con otros tipos de sales, por otro lado, su punto de evaporación es de 300°C, esto facilita la solubilidad con distintas materias (orgánica, inorgánica y poliméricas). Se los utiliza como catalizadores en algunas reacciones, las ventajas de estos líquidos dependen mucho de la temperatura y de su aplicación.

Propiedades fisicoquímicas de las sales.

Tabla 3. 29.-Cantidades las cuales serán sometidas a prueba. [Autores]

	<i>Punto de fusión (°C)</i>	<i>Densidad (g cm³)</i>	<i>N</i>	<i>Viscosidad (20°C)</i>	<i>Conductividad (S m⁻¹)</i>
BF₄	-82	1.17	1.429	233	0.17
PF₆	-8	1.36	1.411	312	0.14

3.9.1.4. Cantidades de mezcla para ensayo 1

Tabla 3. 30.-Cantidades de mezcla. [Autores]

Nombre	Tipo	Cantidad
Aceite base	aceite Coolube 2210 EP	400ml
Líquido iónico	(BMIM)(BF ₄)	2ml = 2 gr

Las mezclas se realizarán cada 100ml

3.9.2. Descripción del proceso ENSAYO 1

- Seleccionamos en recipiente de acuerdo con la cantidad de mezcla que realizará.



Figura 3. 29.-Recipiente para la mezcla [Autor]

- Como ya se detalló anteriormente la cantidad de fluido que vamos a utilizar en los recipientes. En este caso utilizamos el aceite base con un líquido iónico.



Figura 3. 30.-Medición de Fluidos [Autores]

- Se establece el tiempo de homogenizado en la pantalla táctil del homogenizador. Además, anteriormente se ha establecido la velocidad de giro de la hélice, lo cual se programa el equipo. En este caso son 30 minutos de operación a 3000 rpm aproximadamente.



Figura 3. 31.-Características de Operación [Autores]

- Ya listo el fluido y la programación del equipo procedemos a realizar la prueba.

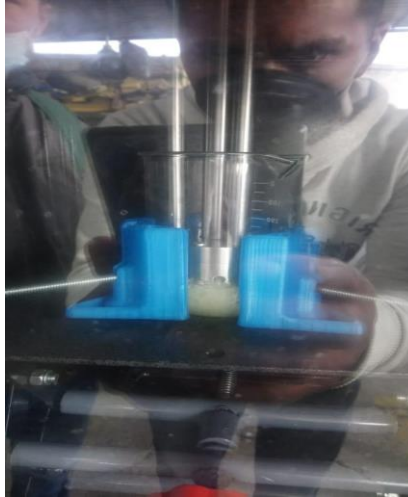


Figura 3. 32.-Homogenizado de Fluidos [Autores].

3.9.2.1. Resultados de prueba

Al concluir el tiempo de homogeneizado establecido se puede establecer la diferencia de viscosidad y también su consistencia debido a que los dos fluidos se ha homogenizado por completo. Con esto podemos realizar un ensayo viscosidad con las muestras tomadas del fluido o en este caso el aceite obtenido.



Figura 3. 33.-Fluidos antes y después de la prueba [Autores].

3.9.2.2. Análisis de densidad

Para este análisis utilizamos jeringas de 10 ml, en las cuales vamos a tomar la diferencia de densidades del fluido una vez realizada la prueba, así podremos denotar la nueva densidad del fluido: masa de la jeringa 6 gramos.

3.9.2.3. Densidades del fluido






Figura 3. 34.-Densidad del fluido [Autores]

En la figura 3.34 podemos observar la densidad del fluido sometida a prueba y otra densidad del fluido después de realizar la prueba. Se denota una variación mínima resaltando que la masa de la jeringa se omitió al realizar la medición. Su densidad sería $0,09 \text{ g/cm}^3$.

3.9.2.4. Análisis de fluido

A partir la visualización podremos detallar el cambio que ocurra con el aceite sometido a prueba en determinados tiempos, para su demostración colocamos en un recipiente 10 ml de la mezcla obtenida y tomamos apuntes de los cambios que se presente en el fluido, de la mezcla del aceite base Coolube 2210EP más liquido iónico (BMIM)(BF₄).

Tabla 3. 31.-Exposición del líquido iónico Ensayo 1. [Autores]

TIEMPO	24 horas	48 horas	72 horas
MUESTRA			

Conclusión 1. – Con el pasar del tiempo el líquido demostró un cambio notorio en su color, es decir a las 24 horas de haber realizado la mezcla mantuvo el color y la consistencia del líquido a inicio de su prueba. Después de 48 horas el líquido denota un cambio en su color, pero no en su consistencia, por último, a las 72 horas el líquido presentó un cambio más notable en su coloración, es decir tomo una coloración más clara en relación el líquido a minutos de realizado la prueba. Su volumen no varió, tampoco su densidad tuvo una variación, con esto podemos demostrar que el fluido quedó completamente homogenizado debido a que no se identificó brotes o partículas separadas del aceite base.

3.9.3. Descripción de proceso ENSAYO 2

3.9.3.1. Análisis de fluido




Se realizó el mismo procedimiento, las mismas cantidades de fluido, tanto el aceite base como el líquido iónico del ensayo 1. Al término de la práctica se obtuvo un fluido que presentaba una densidad de 9 gr/cm^3 lo cual nos demostró que la homogenización del líquido va a ser la misma en tanto se cumpla a cabalidad los mismos procedimientos tanto en el equipo como en las sustancias sometidas a prueba.



Figura 3. 35.-Toma de muestras [Autores]

De igual manera se procedió a la toma de muestras como en el ensayo 1 con las mismas características. Es decir, 10 ml y bajo el mismo tiempo de observación y toma de datos.

Tabla 3. 32.-Exposición del líquido iónico Ensayo 2. [Autores]

TIEMPO	24 horas	48 horas	72 horas
MUESTRA			

Conclusión 2. – Como se puede observar en la tabla anterior el método de análisis fue el mismo que en el ensayo 1, dentro de este análisis no hubo ninguna diferencia en los datos obtenidos del ensayo anterior, es decir, el fluido varió en su apariencia, pero no varió en su volumen tampoco en su densidad.

Además, el aceite fue sometido a pruebas en la cual actuó como refrigerante de herramientas en un proceso de mecanizado, se depositó en el MQL del torno y cumplió a cabalidad su función.



Figura 3. 36.-Prueba líquido iónico [Autores]

3.10. Manual de operación

El manual de operación nos ayudará a manipular la máquina de una manera eficaz para que no exista ningún problema.

- El dispositivo se debe encontrar en una temperatura ambiente. (18-25°C)
- El homogeneizador se instalará en un lugar amplio donde su superficie sea completamente plana y donde exista una buena ventilación.
- Comprobar que los elementos estén acoplados correctamente para que no exista ningún problema técnico.

Pasos para seguir

- En primer lugar, se tiene que conectar el dispositivo en una línea de energía de 220 V.
- Arrancar el dispositivo en vacío para verificar el funcionamiento de todos sus elementos.
- Colocar el recipiente en la cama elevable y ajustar las mordazas para que se quede totalmente fijo.
- Ajustar la cama elevable con el recipiente ya fijo a la altura del cabezal de trabajo.
- Cerrar la puerta y asegurar que no exista ningún problema.
- Presionar el botón ON para iniciar el dispositivo.

- Configurar las revoluciones y el tiempo de mezcla en la pantalla táctil e iniciar la mezcla de la sustancia.
- Presionar el botón OFF para detener el dispositivo.
- Una vez que la mezcla se ha realizado esperar un cierto tiempo (5- 10 min) para retirar el recipiente.
- Realizar una limpieza efectiva después de realizar cada práctica o prueba.

3.11. Manual de mantenimiento

3.11.1. Mantenimiento general

El homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento constará de un plan de mantenimiento. Pero antes es necesario establecer la diferencia entre mantenimiento preventivo del correctivo que puede provocar una avería o desajuste de algún componente o mecanismo. Para realizar un mantenimiento adecuado se establecen los siguientes puntos.

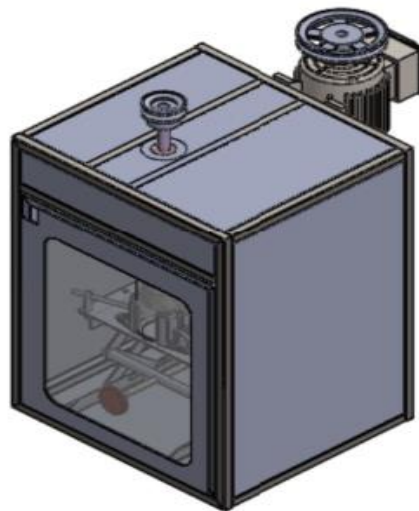


Figura 3. 37.-Descripción del componente [Autores]

- Mediante inspección visual, verificar que las conexiones de energía, pulsadores, mecanismo de potencia y estructura estén en perfecto estado.
- Comprobar que el equipo esté perfectamente situado en un lugar seco y estable.
- Verificar que el botón de emergencia esté funcionando correctamente.


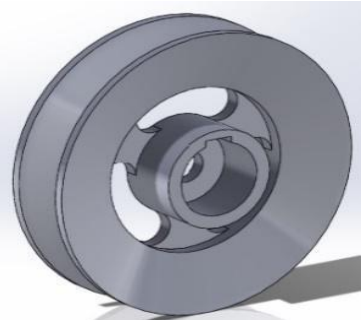

- Comprobar las que la banda esté tensionada correctamente.
- La limpieza se realizará únicamente con un paño seco, después de realizar cualquier tipo de práctica. La limpieza se realizará sobre todo superficie que tenga contacto con el fluido puesto a prueba en el homogenizador.

3.11.2. Mantenimiento específico según sus componentes

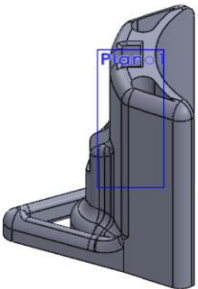
Aquí detallaremos el mantenimiento preventivo que se debe realizar a cada una de las partes del dispositivo.

Tabla 3. 33.-Descripción de componentes. [Autores]

Motor siemens	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Inspeccionar los tornillos de sujeción del motor a la estructura del homogenizador, es decir, deben estar perfectamente ajustados para evitar vibraciones generadas en el encendido del motor. ● Limpiar periódicamente el polvo que se asiente sobre el motor para así prolongar su vida útil.
Mecanismo de elevación	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Después de cada práctica se debe limpiarlo, secarlo con un paño o guaipe. ● Verificar que su mecanismo de elevación esté lubricado. ● Los tornillos de sujeción de eslabones se ajustarán periódicamente.
Bisagra	

	<ul style="list-style-type: none"> ● Lubricar periódicamente. ● Evitar realizar esfuerzos sobre la compuerta que pueda ocasionar deformación en su estructura.
Poleas	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Inspeccionar y limpiar del polvo u otras suciedades antes de encender el equipo. ● Revisar su perfecta sujeción al pin de motor. ● Evitar que se coloquen residuos o elementos que afecten su desempeño normal.
Rodamientos	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Lubricar rodamientos con un agente de lubricación adecuado (grasa). ● Limpiar el rodamiento de líquidos o polvos que pueden haber tenido contacto durante la práctica. ● Se recomienda que el rodamiento sea inspeccionado periódicamente según sea el uso del equipo.
Bandas sincrónicas	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar la tensión de la banda. ● Verificar que el acople en los rieles de las poleas sea perfecto.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Evitar el contacto con la banda durante la ejecución de las pruebas. ● Efectuar el cambio de este componente cuando su vida útil haya terminado.
Ejes de sujeción del cabezal	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Verificar que estén perfectamente ajustados al soporte de cabezal. ● Secarlos después de cada práctica, puesto que este componente tiene contacto directo con los fluidos.
Cabezal de trabajo	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Revisar que su estructura esté completamente seca antes de someterlo a prueba puesto que puede producir reacciones químicas si se unen químicos no contemplados en la prueba. ● Serán removidos siempre después de terminar las pruebas de laboratorio, para lavarlas y secarlas completamente.
Mordazas de sujeción	

	<ul style="list-style-type: none"> ● Evitar el contacto con el calor. ● Deben ser retirados para su correcta limpieza. ● Después de su limpieza no colocarlas en su posición de trabajo, estarán libres en temperatura ambiente hasta su próximo uso. ● No someter a sobreesfuerzos, debido a que se puede alterar su estructura.
---	---

3.12. Ficha técnica

El equipo cuenta con su respectiva ficha técnica en la cual presenta todas sus características y componentes.




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA DE:	MÁQUINA	EQUIPO	X	SISTEMA
		LABORATORIO FICM		
		 		
		CÓDIGO:		
HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO				
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
CORRIENTE:	20% Ciclo de trabajo	VOLTAJE:	220V	
PROCEDENCIA:	ECUADOR	POTENCIA:	0,5 KW	
MODELO:	MEZCLADOR	TENSIÓN NOMINAL:	29 V	
DIMENSIONES:	500 * 761 * 675 mm	RANGO DE CORRIENTE:	30-250 A	
PESO:	22,5 Kg	FRECUENCIA:	50 - 60 Hz	
CAP. TRABAJO	0,5 - 3 litros			
COMPONENTES				
Motor eléctrico	Variador de frecuencia	Enchufe de conexión	Pulsadores	Poleas
Controlador digital	Elevador	Mordazas de sujeción	Bandas mecánicas	Rodamientos
Cabezal de trabajo	Ejes de sujeción de cabezal	Hélice	Puerta de vidrio	Eje principal
FUNCIÓN PRINCIPAL				
Este equipo tiene la función de homogeneizar fluidos, es decir sintetizar partículas solidas en fluidos buscando unión total. Para esto establecera parametros de trabajo tanto como los de los fluidos como el tiempo de operación.				

Figura 3. 38.-Ficha técnica del homogeneizador [Autores]

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Debido a diversos proyectos que para su análisis necesita de un equipo con las características de un homogenizador, además con el avance tecnológico y la necesidad de estudiar nuevos materiales y compuestos se ha diseñado este equipo bajo condiciones y requerimientos del Laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
- Basándonos en especificaciones y requerimientos necesarios se recopiló información la cual establece parámetros necesarios de desarrollo y funcionamiento de equipos que cumplen con la función de homogenizar fluidos. Estos parámetros como la viscosidad de fluido, velocidad de giro de la hélice, diseño de hélice, ranuras de cabezal, tiempo de homogenización fueron de vital importancia para la generación de nuestro diseño.
- Los materiales con los cuales se construyó el equipo fueron previamente seleccionados por medio de cálculos de acuerdo con la capacidad y requerimientos. Para la obtención de nanofluidos se necesita una velocidad angular elevada el motor se conectó con un variador de frecuencia, además, de diseñar un mecanismo de potencia constituida por una banda mecánica acoplada a un par de poleas, donde se generó las revoluciones necesarias para la creación del nanofluido. Los perfiles y la plancha de acero estructural se obtuvieron mediante catálogo de proveedor. Las partes en contacto con fluido se maquinaron de acuerdo a los parámetros de diseño. Se trabajó en acero inoxidable 304 los mismos que nos presentan buena resistencia en trabajos con elevada velocidad angular, lo cual reduce el desgaste y evita se genere óxido que puede causar reacciones no planificadas durante las pruebas de laboratorio.
- El equipo cuenta con un panel de control, esta programación cuenta con un Arduino el cual transmite las señales de mando y lectura de datos. Además, gracias a que el equipo cuenta con un variador de frecuencia se puede controlar la velocidad de trabajo. El eje que transmite el giro a la hélice fue seleccionado

acorde al diámetro calculado y elegido por factor de seguridad el mismo que resiste a todos los esfuerzos a los cuales va a ser sometidos durante las pruebas.

- Antes de realizar las pruebas se establecieron diferentes parámetros, basados en el tipo de fluido y el tipo de aglutinante que se ocupó, es decir, en base a estas sustancias se estableció en tiempo considerado como una variable de vital importancia, la velocidad de giro de la hélice que dependerá de la cantidad de fluido. Donde la consideración más importante fue la adquisición de nanopartículas, aglutinantes o compuestos de fluidos iónicos los cuales fueron mezclados en el fluido.
- Finalmente, con la realización de las pruebas se demostró que el homogenizador cumple a cabalidad con su función que es de realizar una mezcla totalmente homogenizada. Se produjo un fluido de buena calidad, demostrando que el fluido se fusiona en óptimas condiciones. Para lo cual fue necesario realizar dos ensayos, los mismos ensayos se ejecutaron bajo las mismas características tanto de operación como de las propiedades de fluidos a homogenizar. Los parámetros expuestos a analizar no presentaron variación en ninguno de los dos ensayos, para lo cual se utilizó un volumen de 10 ml de la mezcla obtenida, donde se demostró su densidad que fue de 9gr/cm^3 .
- Se ha realizado un manual de mantenimiento en el cual se detalla de forma general una limpieza precisa del equipo, además se especifica el método de limpieza de cada uno de los componentes del homogenizador. Cabe recalcar que para las tareas de limpieza o mantenimiento de cada componente no es necesario aplicar productos especiales tales sean solventes químicos o líquidos desengrasantes, considerando que no todos los sistemas o partes del equipo se realizarán el mantenimiento de la misma forma.

4.2. Recomendaciones

- Antes de realizar el diseño de los componentes se tiene que tomar en cuenta los parámetros de diseño, (dimensiones, mecanismos, materiales, etc.) para que todos sus componentes se acoplan adecuadamente.

- Los componentes que van a estar en contacto con el fluido deben ser maquinados en acero inoxidable 304, este material es resistente a la corrosión y no altera la composición de la mezcla.
- Antes de realizar la construcción del dispositivo se tiene que verificar los cálculos analíticos al igual la selección de componentes, para que no exista un sobredimensionamiento de algún componente y después se tenga que volver a fabricar.
- Para poner en marcha el dispositivo de homogenización se debe tener en cuenta el manual de funcionamiento y seguir todos los pasos para que no exista ningún error al manipular el dispositivo y provocar alguna avería.
- Se debe tener en cuenta las velocidades y los tiempos de homogenización de cada sustancia para no excederse del mismo y que la mezcla tenga las propiedades y consistencia deseadas.
- Asegurarse que antes y después de utilizar el dispositivo de homogenización realizar la limpieza de todo el dispositivo para que no se encuentre residuos de alguna sustancia y altere la composición de la nueva sustancia que se va a homogenizar y mantener la vida útil del dispositivo.

Bibliografía

- [1] M. Saquih, *Recent advancement in Thermophysical properties of nanofluids and hydrid nanofluids*, Arabia Saudita, 2020.
- [2] A. Gakare, *A review on nanofluids: Preparation and appications*, India, 2019.
- [3] S. o. u. d. a. e. Engineering, *Preparation, stability mechanisms and aplications*, Shanghai: Hindawi Publishing Corporation, 2012.
- [4] A. K. M, A. Mukhtar y S. K. Afaq, *Application of nano-fluids as coolant in heat exchangers*, Pakistan: Akademia Baru, 2016.
- [5] J. Easmant, *Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles*, San Francisco, 1995.
- [6] C. Palacios, *Capaliridad*, España: Dep. Fisica y Matematicas, 2013.
- [7] Silverson, «Cabezal de trabajo,» 2019. [En línea]. Available: www.silverson.es/es/productos/mezcladores-de-inmersion/#cabezales-de-trabajo. [Último acceso: 2020 07 27].
- [8] D. C. Hanselman, *Brushless permanen magnet motor desing*, Canston, 2003.
- [9] INDURA, *Manual de acero inoxidable*, Quito, 2015.
- [10] C. Oleotastic, *Correas Trapezoidales*, 2017.
- [11] K. N. Richard Budynas, *Diseño en ingenieria mecanica de Shigley*, Mexico: McGraw Hill Interameticana, 2008.
- [12] J. P. Heide Jorgensen, «Cabezal mezclador rotatorio y dispensador integrado». España Patente 2 696 625, 17 01 2019.
- [13] H. Richard, «Sistema que comprende un impulsor de mezcla con un borde de ataque en espiral». España Patente 2 439 710, 24 01 2014.
- [14] N. V. Korshenewsky, «Rotor for homogenizers». suezia Patente 2 598 469, 27 05 2010.

- [15] S. Alberth, *Diseño analisis cistemático y resistente de un sistema de elevación*, España, 2018.
- [16] T. Alexandra, *Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de una máquina mezcladora de pintura.*, Ibarra: Tesis, 2013.
- [17] H.-. J. y. B. F.-R. Bachelier, «Dispositivo de homogenización». España Patente 2 286048, 01 12 2007.
- [18] G. Daniel, «cuchillo rotativo para aparato de preparación de alimentos y aparato dotado de dicho cuchillo». España Patente 2 287 424, 16 12 20117.
- [19] G. T. Franklin Espinoza, *Diseño y cosntrucción de un agitador orbital modular de doble bandeja para el laboratorio de tejido vegetal.*, Sangolquí: Tesis, 2016.
- [20] J. Jose, *Control de velocidades de motores de CD sin escobillas*, México, 2010.
- [21] A. Mendes, *Determinación de la viscosidad de fluidos newronianos y no newtonianos.*, México, 2020.
- [22] M. Mir Plaja, «Homogeneizador y equipo de homogenización con un homogenizador de este tipo.». España Patente 2 386 969, 07 09 2012.
- [23] R. Mott, *Mecánica de Fluidos*, México: Pearson Education., 2006.
- [24] M. mundial, *Acero A 36 propiedades técnicas y dureza*, España, 2019.
- [25] N. Roberth, *Diseño de máquinas síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*, México: McGraw/ Hill Education, 2009.
- [26] O. Rojas, B. Maria y J. Avendaño, *Fundamentos de reología*, Venezuela: FIRP, 2012.
- [27] B. M. Sanmartin Walter, «Diseño y cosntrucción de un homogenizador por inmersión de alto cizallamiento,» Cuenca, Tesis, 2016, pp. 41-43.
- [28] Silverson, «Funcionamiento del homogeneizador de inmersión.,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.silverson.es/es/productos/mezcladores-de-inmersion/#comofunciona..> [Último acceso: 2020 07 27].

- [29] Silverson, «Mezcladores de inmersión,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.silverson.es/es/productos/mezcladores-de-inmersion/..](https://www.silverson.es/es/productos/mezcladores-de-inmersion/) [Último acceso: 2020 07 27].
- [30] I. C. Tecnica, *Recipientes de precipitación*, Catálogo, 2018.
- [31] H. J. Trela Valeria, *Agitación y mezcla*, Argentina, 2015.
- [32] U. C. Vladimir, «Diseño y Cálculos de un agitador de fluidos,» Chile, Departamento de Ingeniería Mecánica., 2013, pp. 14-20.
- [33] U. C. Vladimir, «Diseño y construcción de un agitador de fluidos,» Chile, Departamento de ingeniería mecánica, 2013, pp. 30-33.
- [34] A.L. CASILLAS; MÁQUINAS cálculo de taller (2006)
- [35] Koyo; Manual de rodamientos (2010)
- [36] J. García; Tolerancia y ajustes (2006)
- [37] SKF; Rodamientos; EE. UU. (2015)
- [38] NSK; Catálogo de rodamientos; España; (2010)

Anexo 1

APÉNDICES

APÉNDICE A

Código	Capacidad ml.	Diámetro ext. mm.	Altura mm.	Cantidad por caja
200411210	5	22	30	10
200411220	10	26	35	10
200411228	25	34	50	10
200411233	50	42	60	10
200411240	100	50	70	10
200411243	150	60	80	10
200411247	250	70	95	10
200411252	400	80	110	10
200411255	600	90	125	10
200411258	800	100	135	10
200411260	1000	105	145	10
200411265	2000	130	185	10

Anexo 1: Catalogo de las dimensiones geométricas del recipiente [25]

APÉNDICE B

COMPOSICIÓN QUÍMICA						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

Anexo 2: Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304

APÉNDICE C

DIMENSIONES
DIÁMETRO
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

Anexo 3: *Ejes comerciales del acero inoxidable 304*


APÉNDICE D

Valores aproximados de C_D , cuerpos tridimensionales:

Forma		Número de Reynolds	C_D
Placa plana paralela		$> 10^3$	0.002-0.014
Placa plana normal		$> 10^3$	2.0
Cilindro circular		$> 10^3$	0.2-1
Barra cuadrada		$> 10^4$	2.0
Barra cuadrada		$> 10^4$	1.50
Barra de triángulo equilátero		$> 10^4$	Extremo afilado hacia delante: 1.40 Cara plana hacia delante: 2.0
Sección C		$> 10^4$	2.30
Sección C		$> 10^4$	1.20
Perfil aerodinámico		Varios	

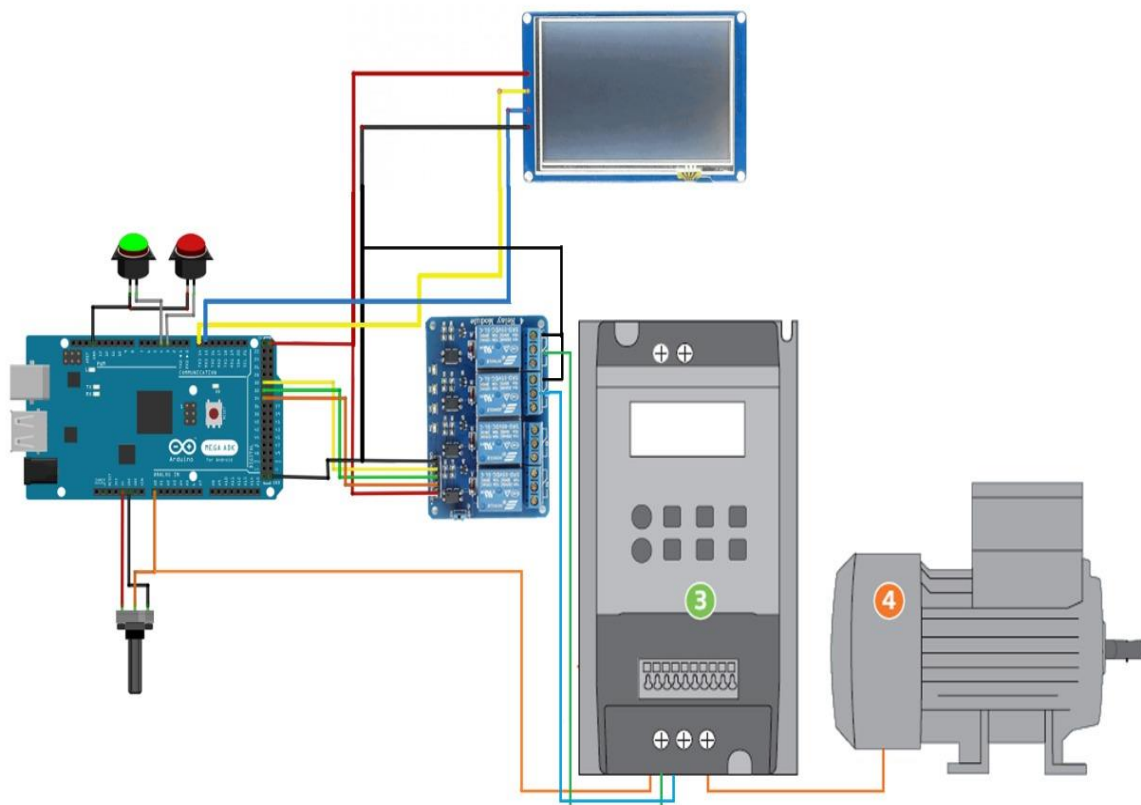
Anexo 4: *Cuerpos tridimensionales.*

APÉNDICE E

 COMPROBACIÓN DE HOMOGENIZADOR							
DATOS DE PRÁCTICA							
Fecha:				Asignatura:			
No. Pedido:				Profesor:			
Estudiante:				Carrera:			
Contacto:							
Responsable:							
Hora:							
Datos del recipiente donde se realizan las pruebas							
Volumen de la prueba:				Aglutinante:			
Fluido de prueba:				Observaciones:			
Tipo de recipiente:	Metálico	<input type="checkbox"/>	Vidrio	<input type="checkbox"/>	Porcelano	<input type="checkbox"/>	Otros
REVISIÓN DEL MOTOR							
Marca:				SI	NO		
El ruido generado por el motor es molesto?							
El eje gira libremente?							
Es correcta la conexión de voltaje?							
CHEQUEO GENERAL							
Los tornillos y demas pernos estan completos?							
La propela o la helice esta libre de golpes?							
El rotor y el estator estan debidamente acoplados?							
El cabezal de trabajo esta en posición correcta?							
El eje está libre de desgaste y fricción?							
El eje gira con libertad?							
REVISIÓN ANTES DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO					OBSERVACIONES		
Compruebe que la base del equipo este en posición fija y nivelada							
Verifique que el soporte del motor es debidamente ajustada							
Comprobar que el equipo esté conectado al transformador de 220 V							
Sujetar el recipiente antes de realizar la homogenización							
Configurar la altura de mesa elevable a la altura del cabezal							
Enciende el el motor							
Compruebe el estado del boton de emergencia							
NOTA:							
NO AJUSTE EL EQUIPO CUANDO ESTÁ EN MARCHA							
NO MEZCLAR CANTIDADES DE VOLUMEN A LA QUE NO ESTA ADAPTADO EL EQUIPO							
NO ENCENDER EL EQUIPO EN VACIO							
SI EN LA INTEROGANTES PLANTEADAS HA Y UN "NO" VERIFICAR EL MANUAL DE OPERACIÓN							

Anexo 5: Ficha de comprobación

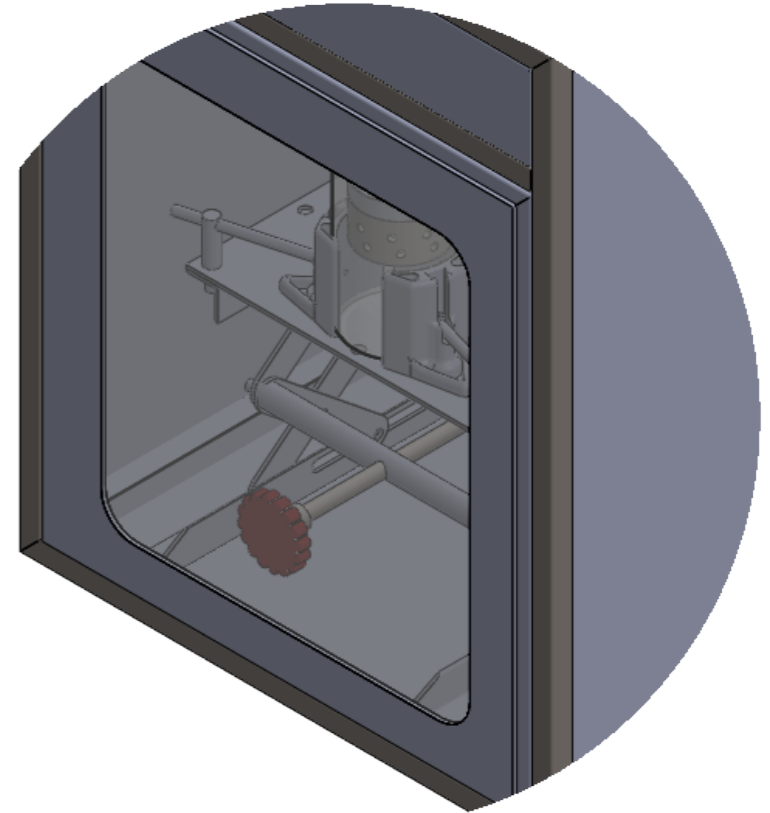
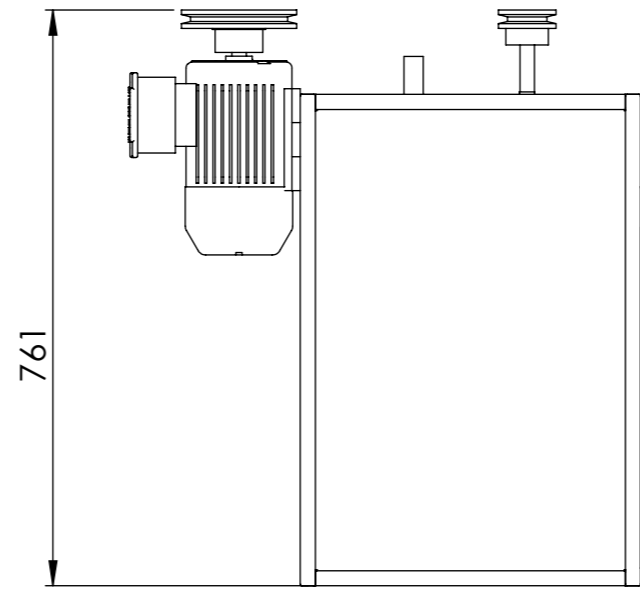
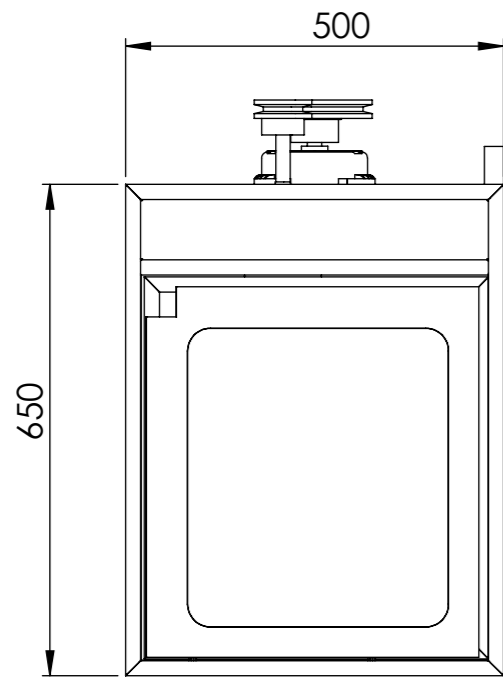
Anexo 2



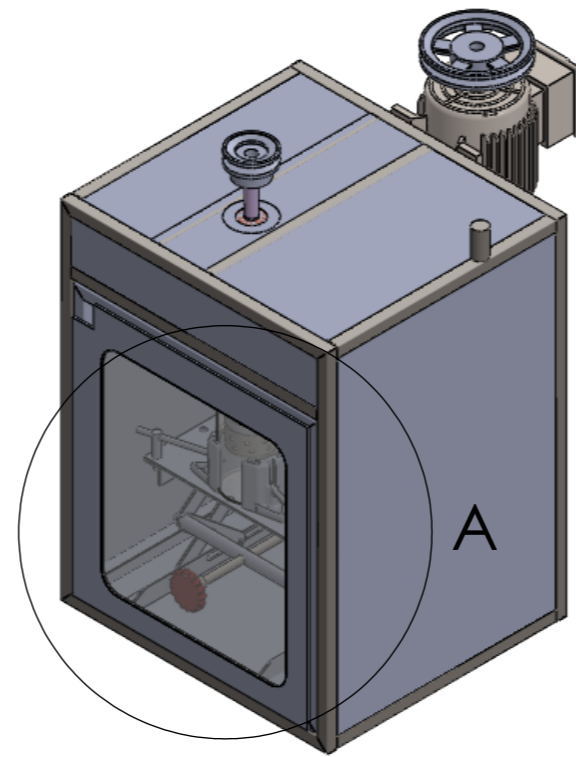
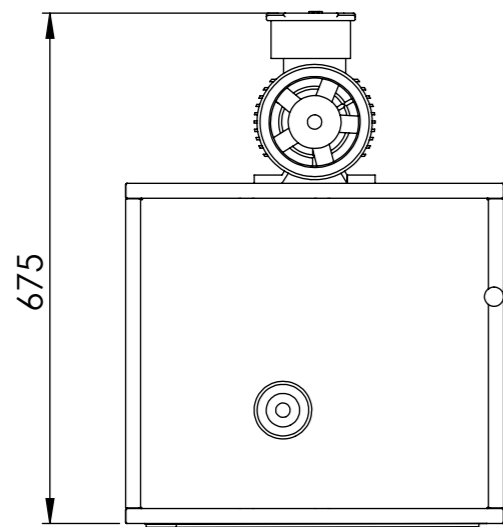
Anexo 6: *Esquema eléctrico*

Anexo 3

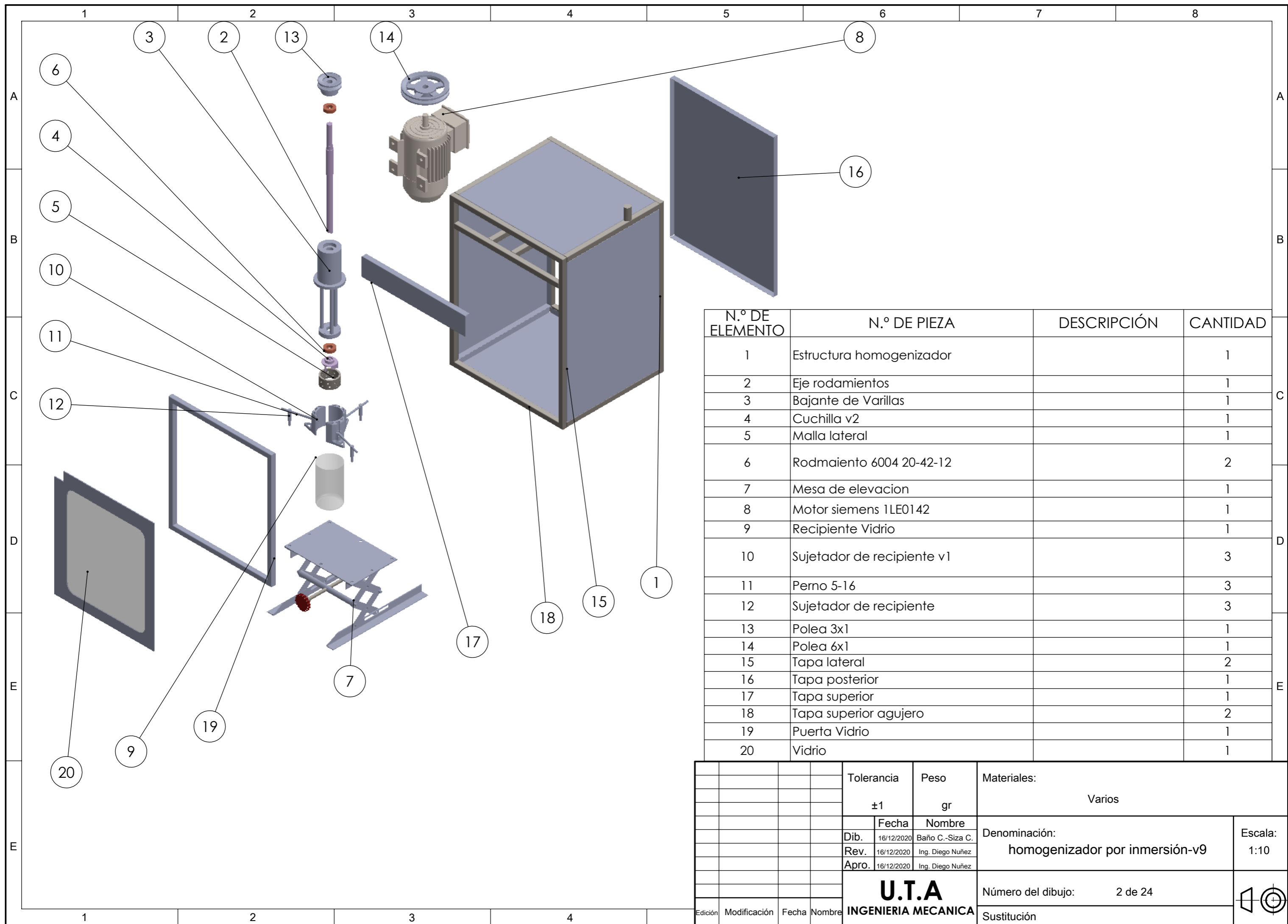
PLANOS



DETALLE A
ESCALA 1 : 5

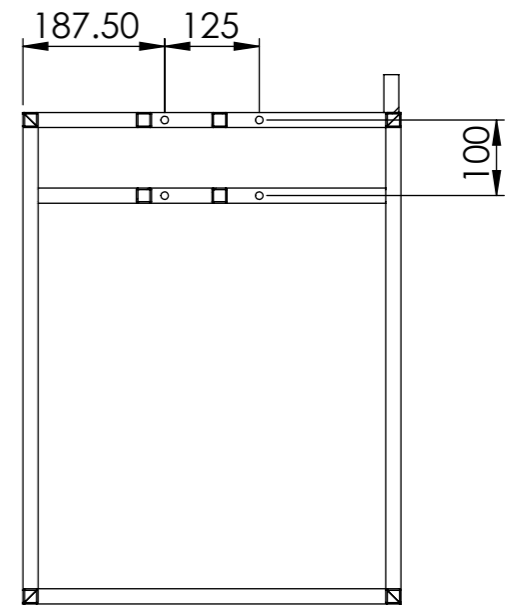
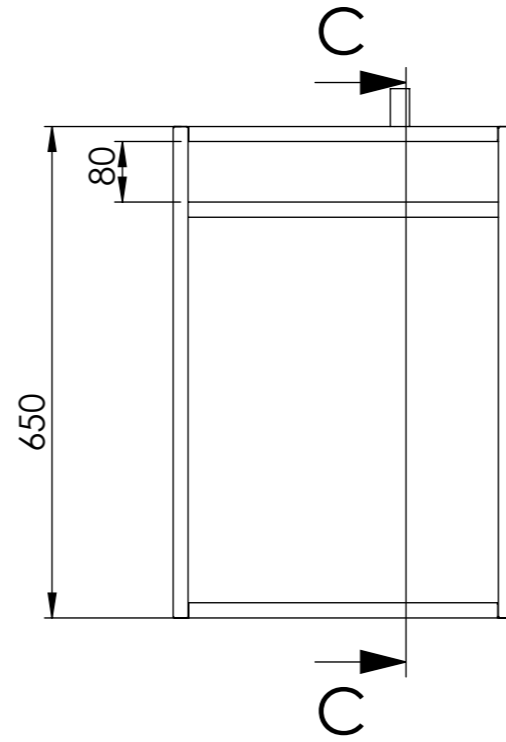
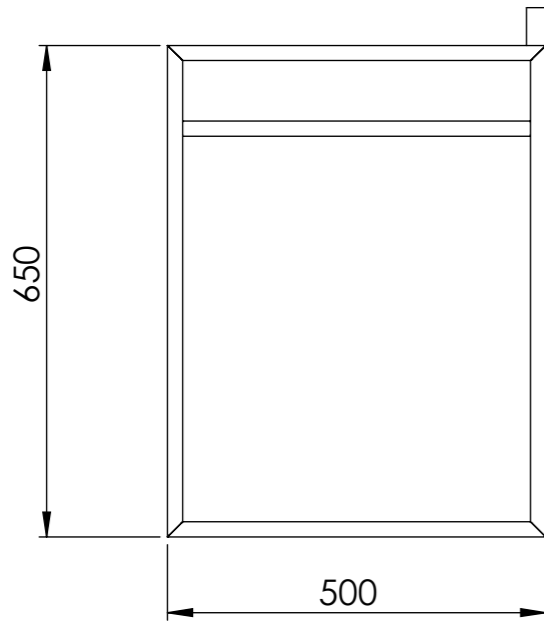


				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	Varios	
					Fecha	Nombre	Denominación: homogenizador por inmersión-v9
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Número del dibujo: 1 de 24
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

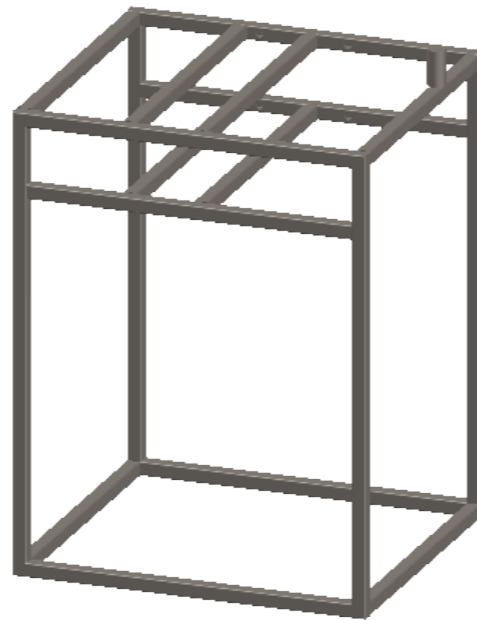
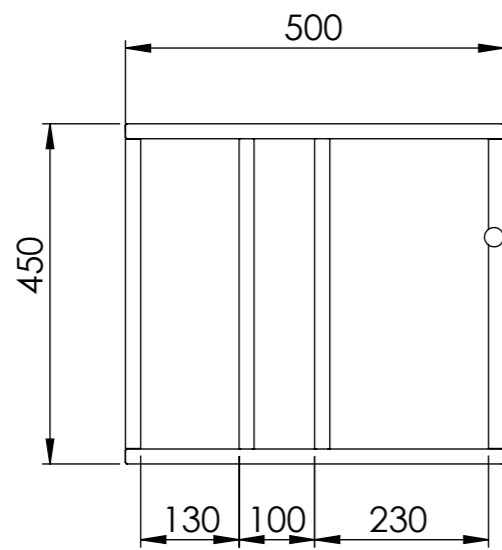


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura homogenizador		1
2	Eje rodamientos		1
3	Bajante de Varillas		1
4	Cuchilla v2		1
5	Malla lateral		1
6	Rodmaiento 6004 20-42-12		2
7	Mesa de elevacion		1
8	Motor siemens 1LE0142		1
9	Recipiente Vidrio		1
10	Sujetador de recipiente v1		3
11	Perno 5-16		3
12	Sujetador de recipiente		3
13	Polea 3x1		1
14	Polea 6x1		1
15	Tapa lateral		2
16	Tapa posterior		1
17	Tapa superior		1
18	Tapa superior agujero		2
19	Puerta Vidrio		1
20	Vidrio		1

				Tolerancia	Peso	Materiales:		
				±1	gr	Varios		
					Fecha	Nombre	Denominación: homogenizador por inmersión-v9	
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.		
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo: 2 de 24		Escala: 1:10
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución		

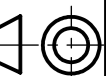


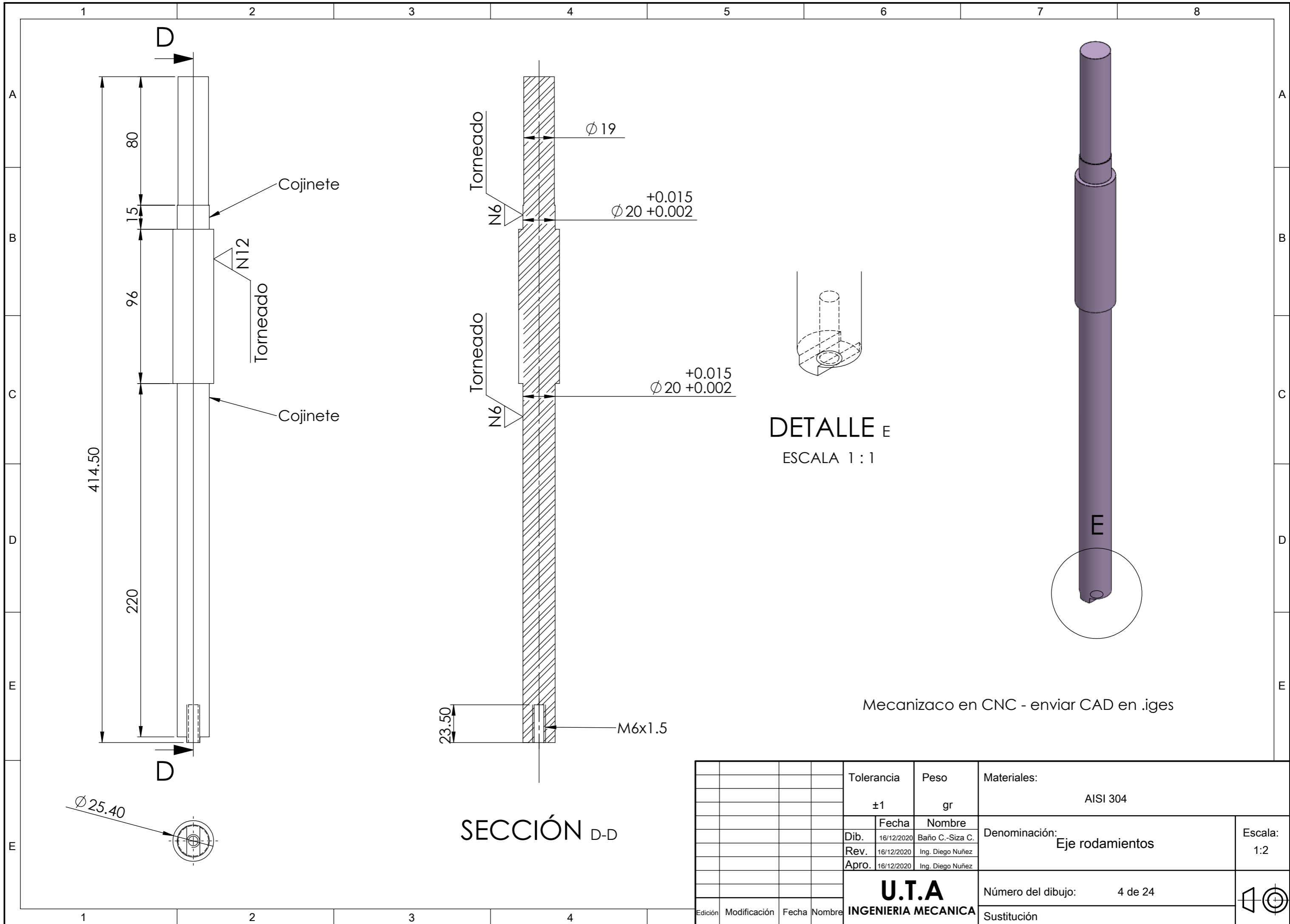
SECCIÓN C-C



N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	Description	LONGITUD
1	4	TC20x2mm	650
2	4	TC20x2mm	409
3	3	TC20x2mm	500
4	1	TC20x2mm	460
5	4	TC20x2mm	410
6	1	TC20x2mm	460
7	1	TC20x2mm	500
8	1		

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Estructura homogeneizador
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo:	3 de 24
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	





414.50

220

96

15

80

N12
Torneado

Cojinete

Cojinete

SECCIÓN D-D

23.50

M6x1.5

Torneado

Torneado

Ø 19

Ø 20 +0.015
+0.002

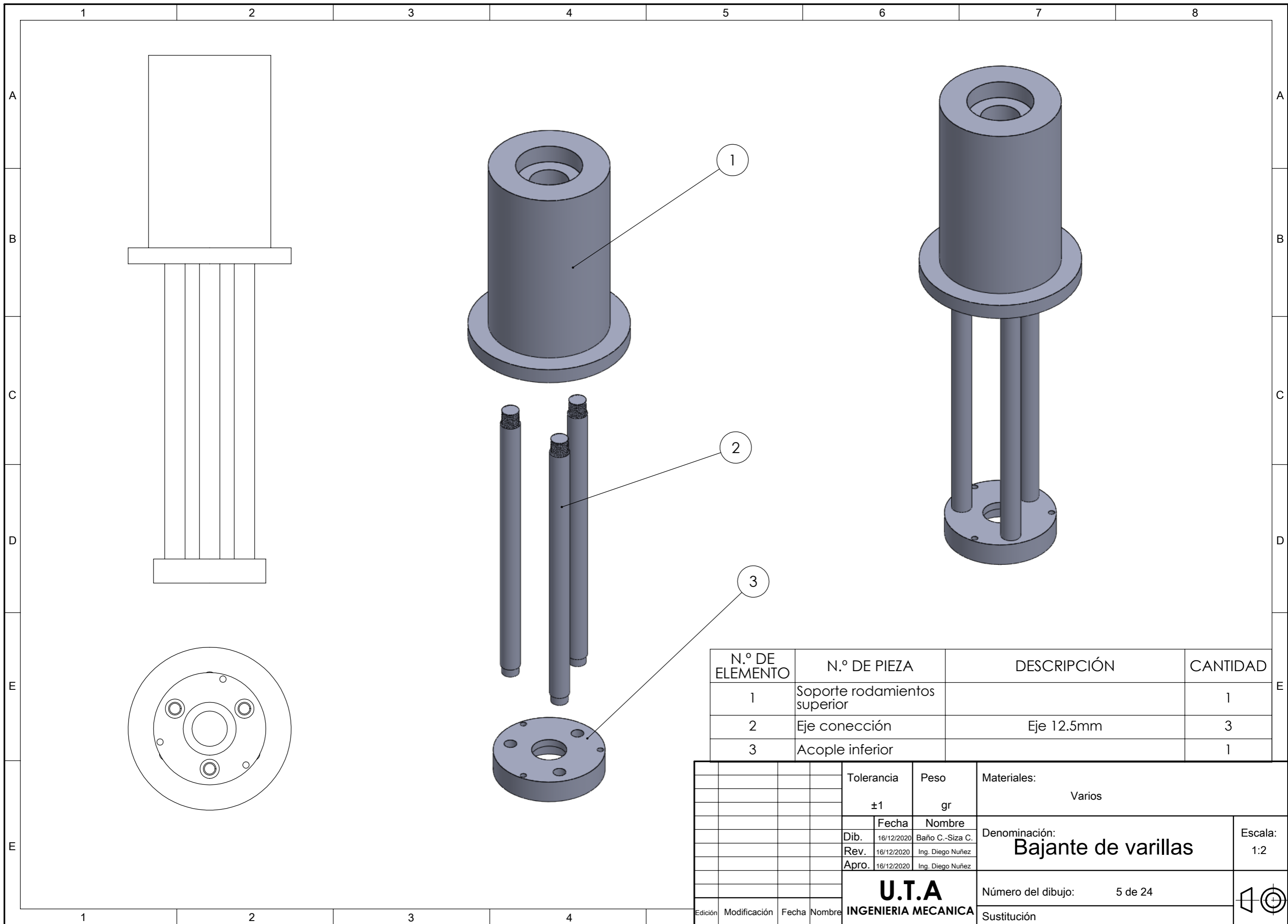
Ø 20 +0.015
+0.002

DETALLE E
ESCALA 1 : 1

Mecanizado en CNC - enviar CAD en .iges

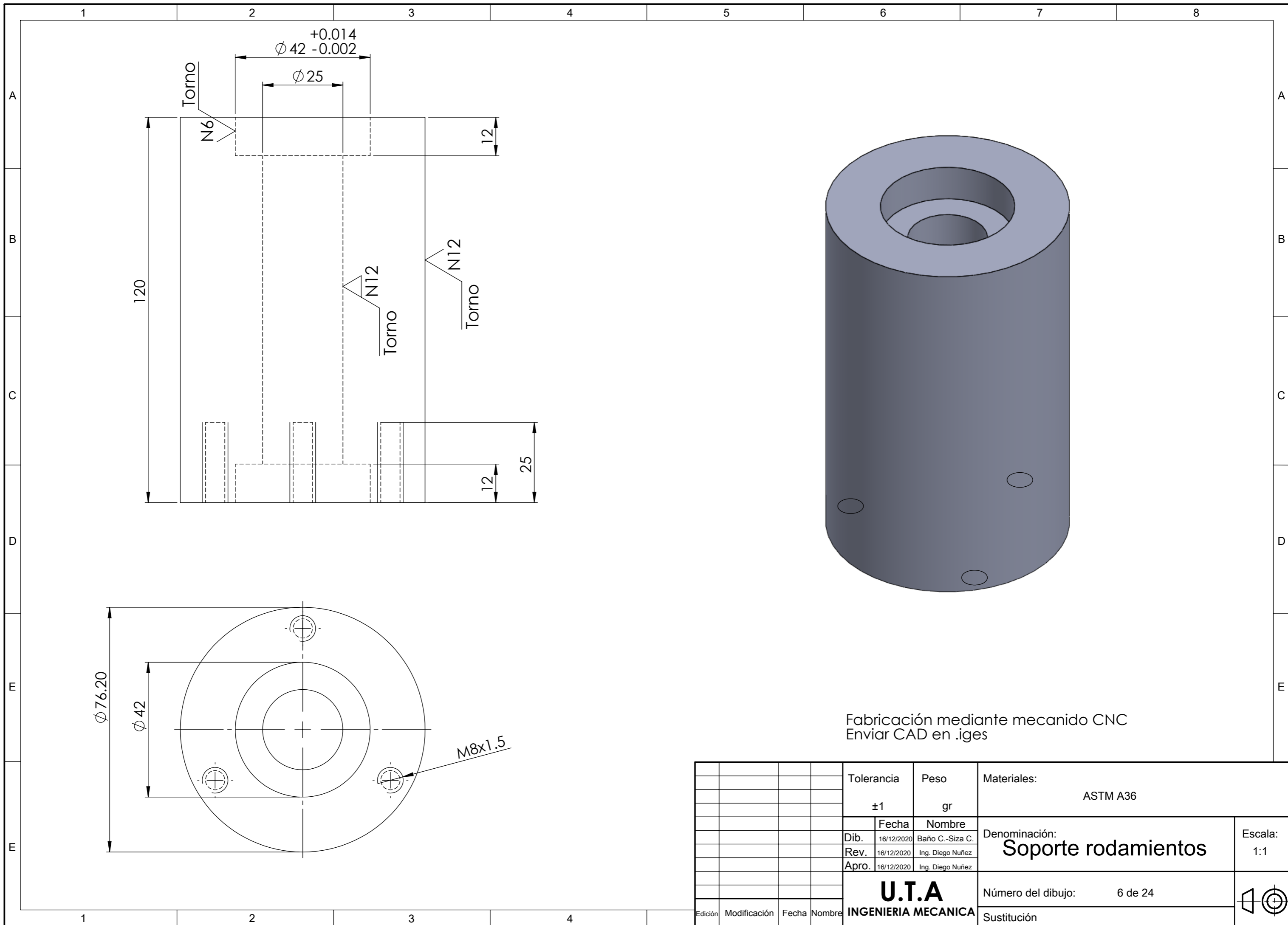
Ø 25.40

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Eje rodamientos
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Número del dibujo: 4 de 24
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



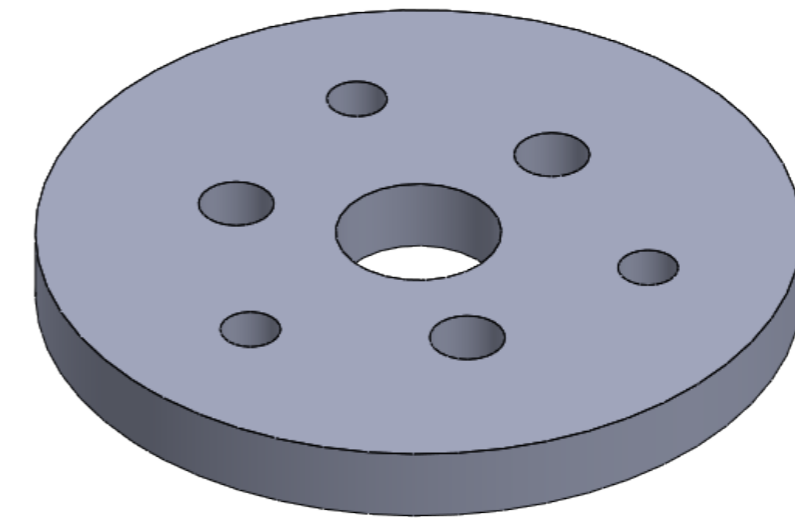
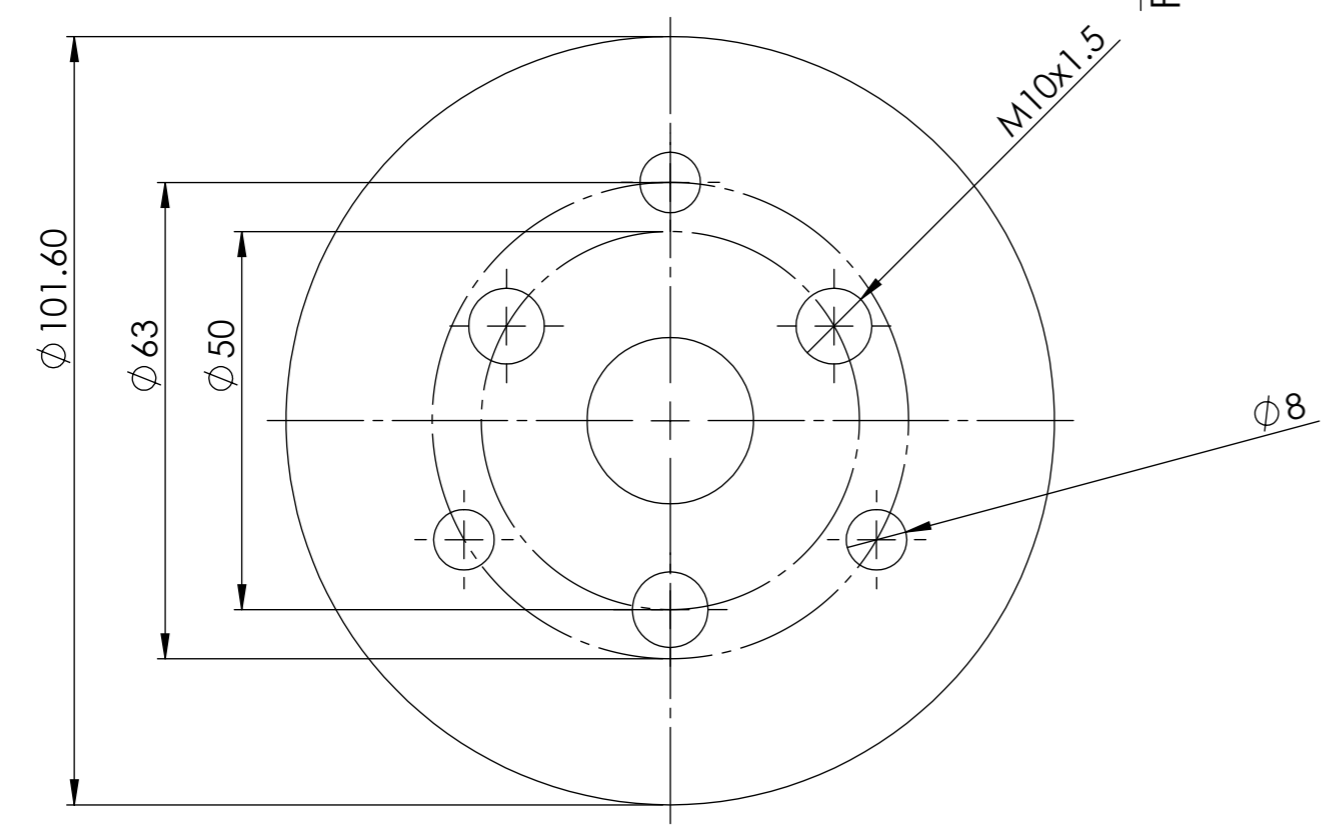
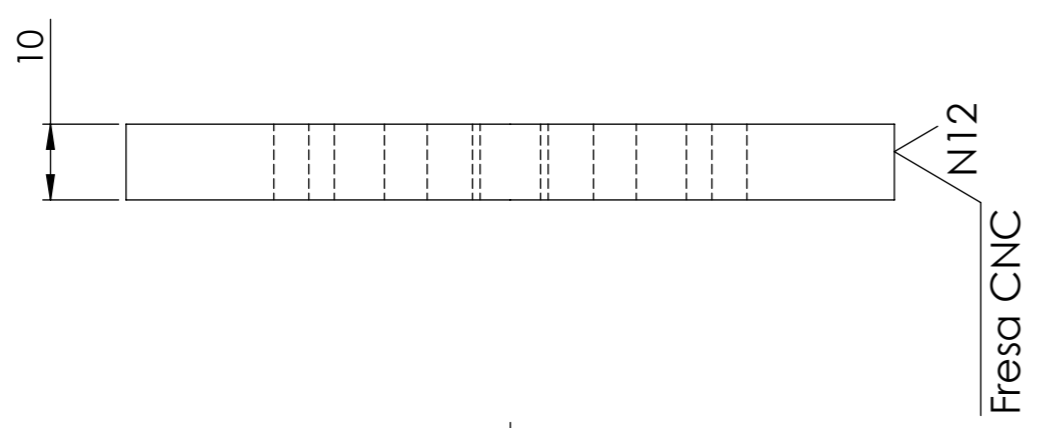
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Soporte rodamientos superior		1
2	Eje conexión	Eje 12.5mm	3
3	Acople inferior		1

Tolerancia		Peso		Materiales:			
±1		gr		Varios			
Fecha		Nombre		Denominación: Bajante de varillas			
Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.				Escala: 1:2	
Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez					
Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez					
U.T.A INGENIERIA MECANICA				Número del dibujo: 5 de 24			
				Sustitución			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

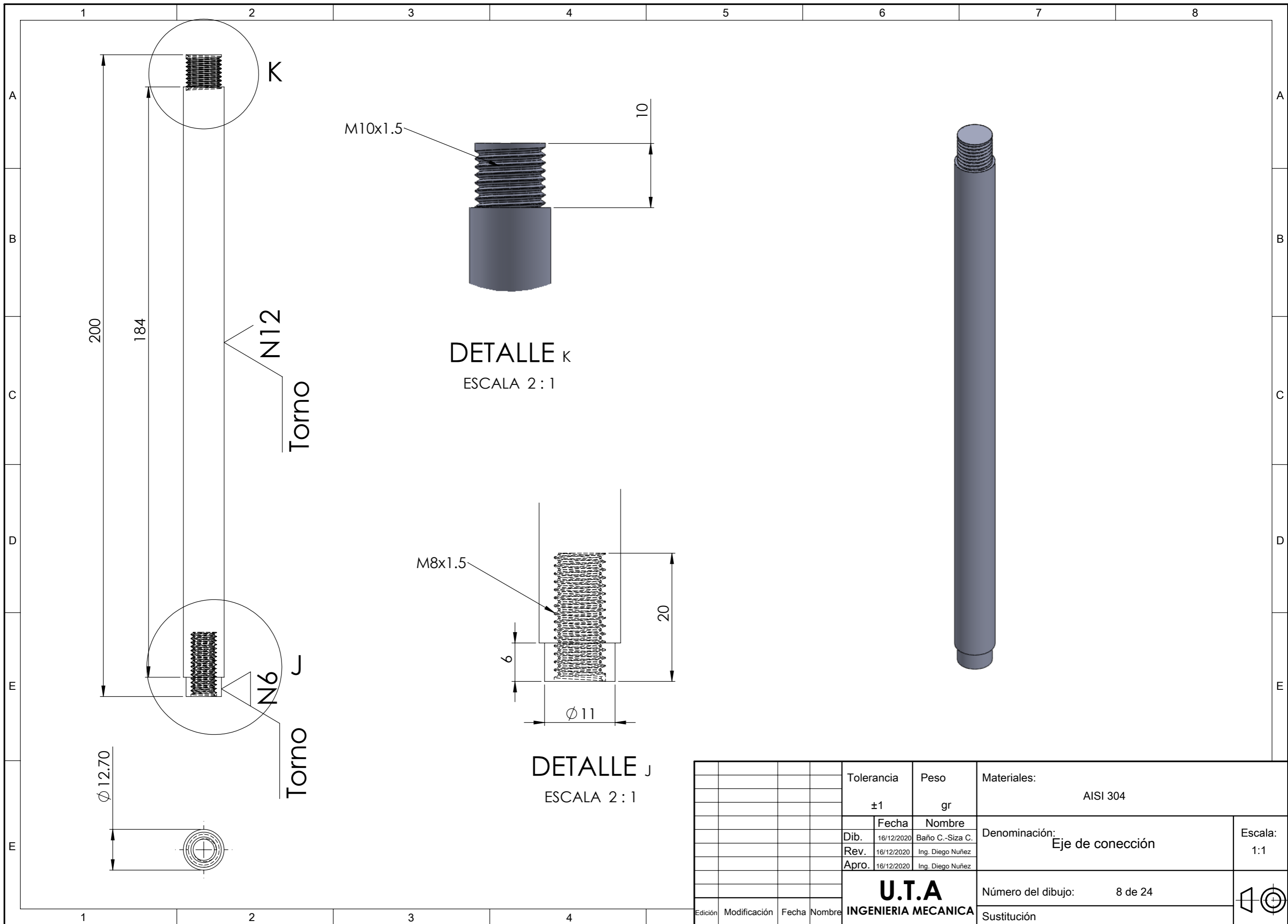


Fabricación mediante mecanizado CNC
 Enviar CAD en .iges

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Soporte rodamientos
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



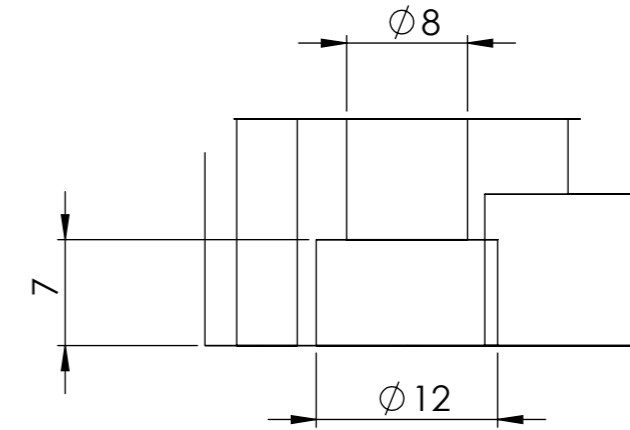
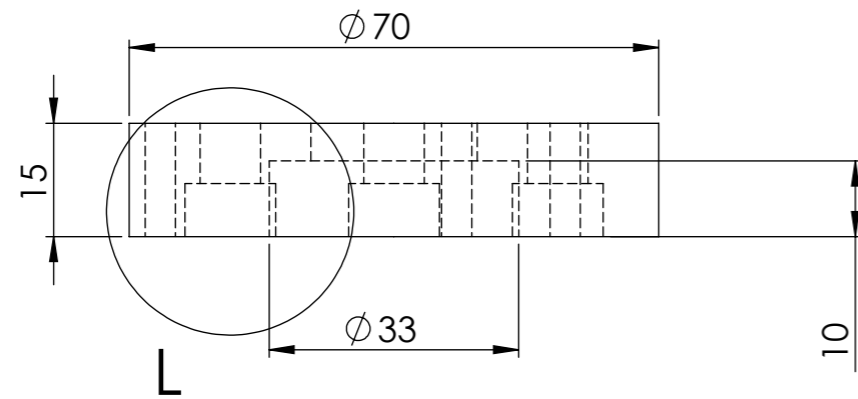
				Tolerancia ±1	Peso gr	Materiales: AISI 304		
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	Denominación: Acople superior	Escala: 1:1
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo: 7 de 24	Sustitución	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



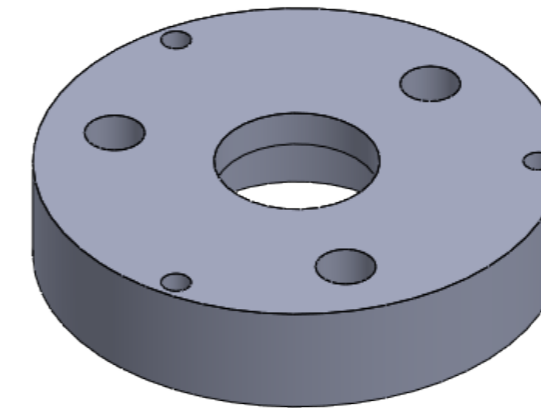
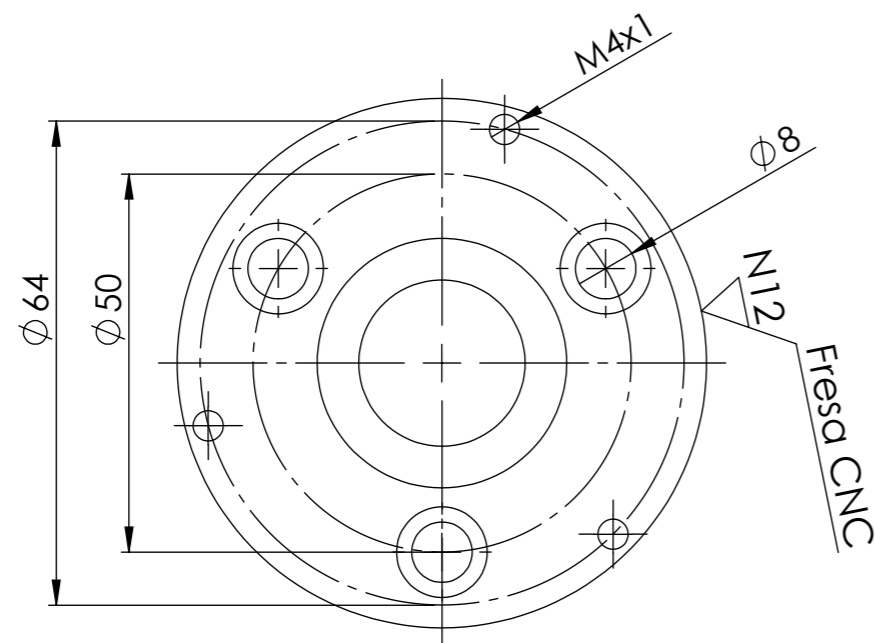
DETALLE K
ESCALA 2 : 1

DETALLE J
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Eje de conexión
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución

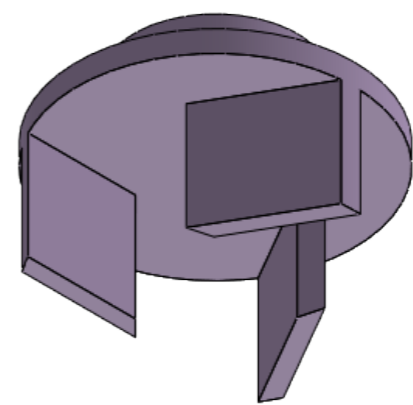
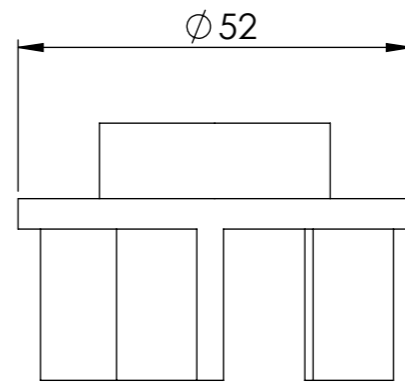
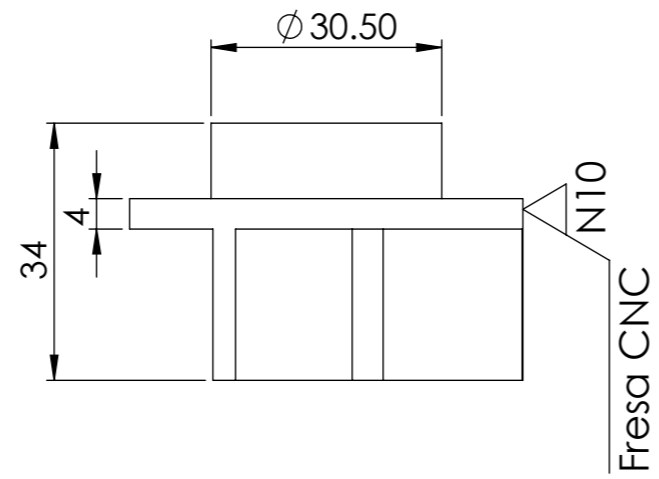
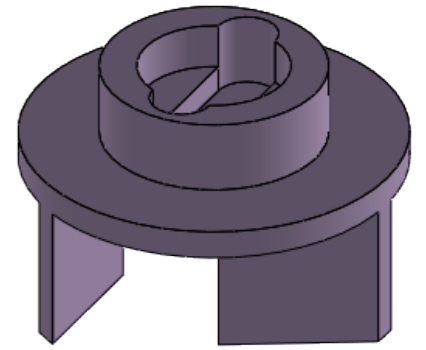
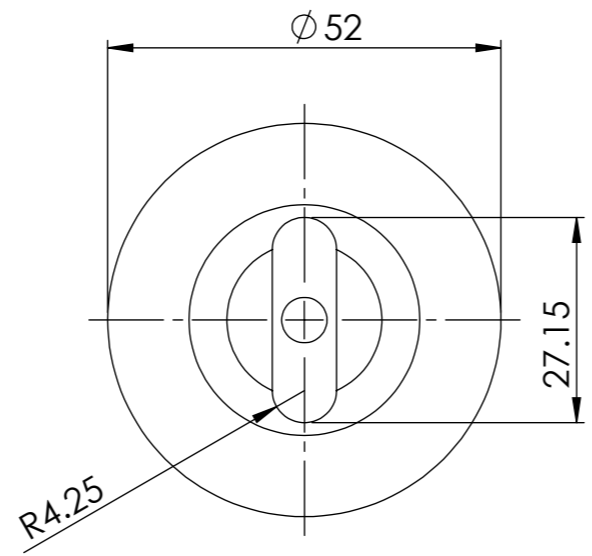
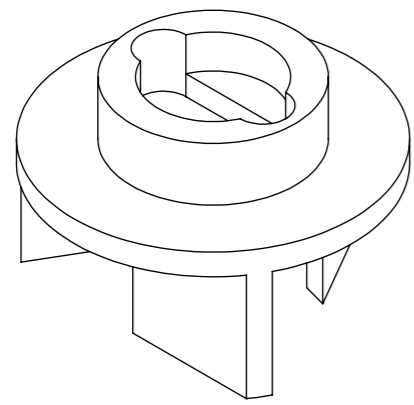


DETALLE L
ESCALA 2 : 1

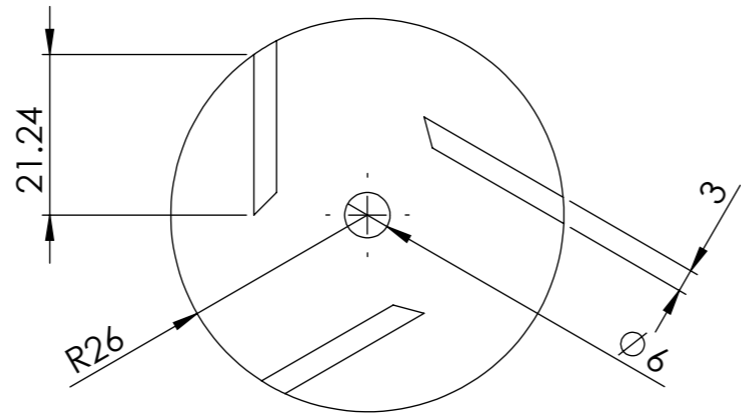


				Tolerancia	Peso	Materiales:		
				± 1	gr	AISI 304		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.		Acople inferior
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			Número del dibujo:	9 de 24
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución	
1	2	3	4					



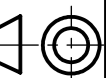


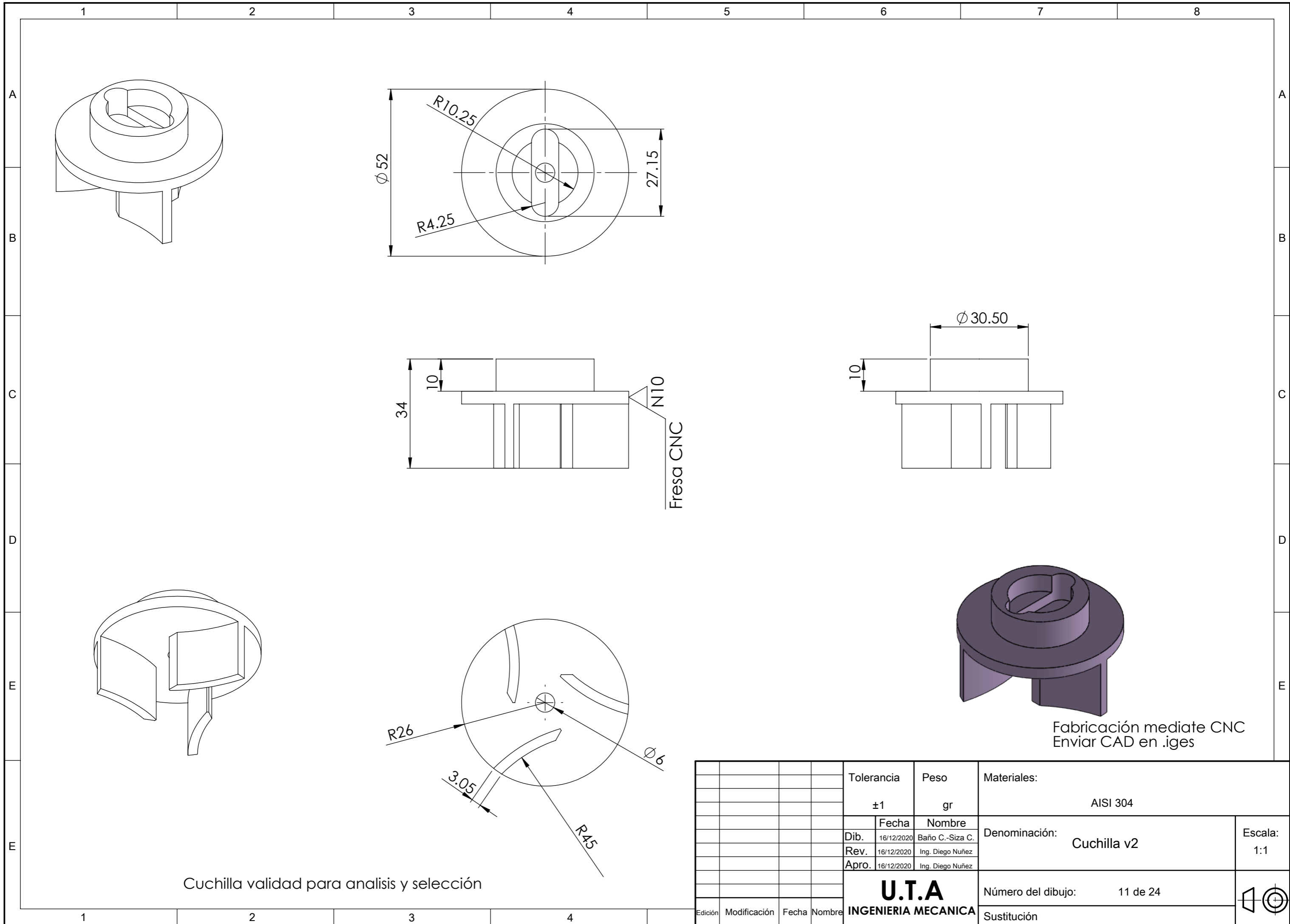
Fabricación mediante CNC
Enviar CAD en .iges



Cuchilla validad para analisis y selección

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Cuchilla v1
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Número del dibujo: 10 de 24
				U.T.A		Sustitución	
				INGENIERIA MECANICA		Escala: 1:1	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

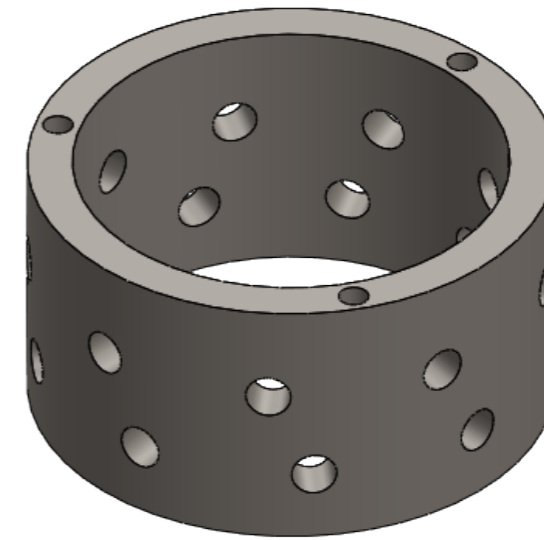
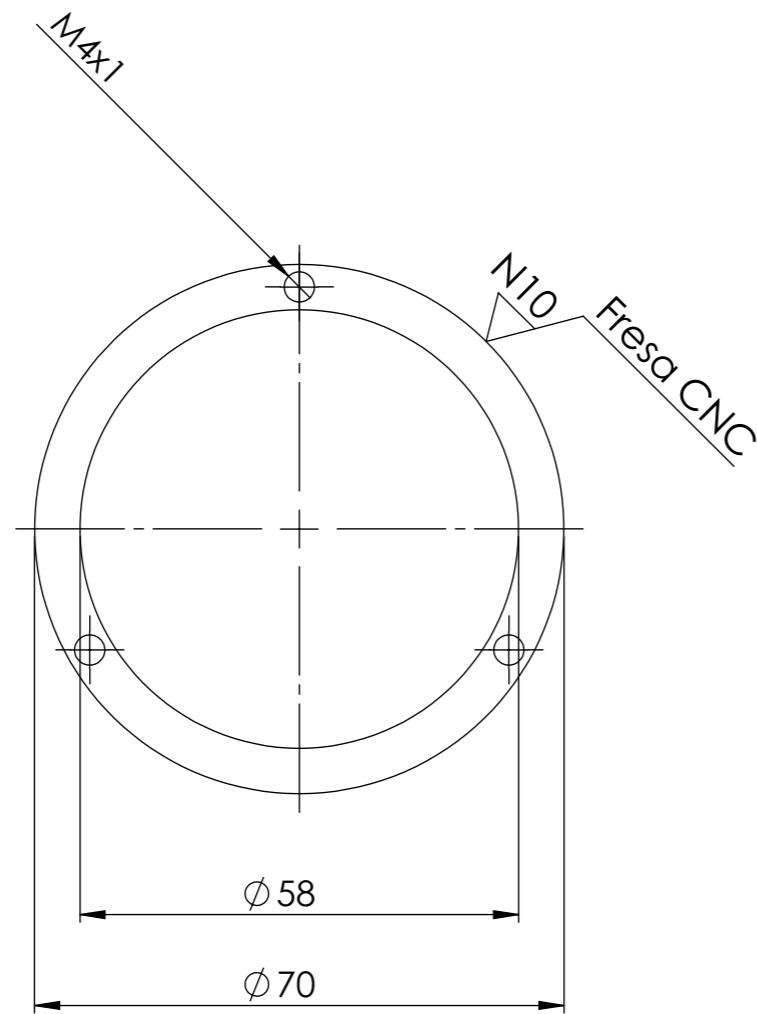
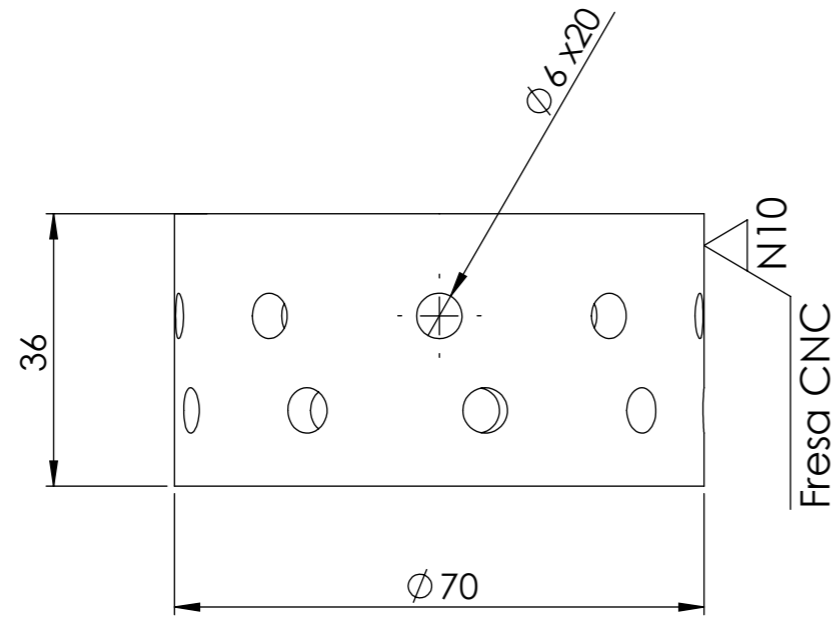




Cuchilla validad para analisis y selección

Fabricación mediante CNC
 Enviar CAD en .iges

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Cuchilla v2
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo:	11 de 24
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

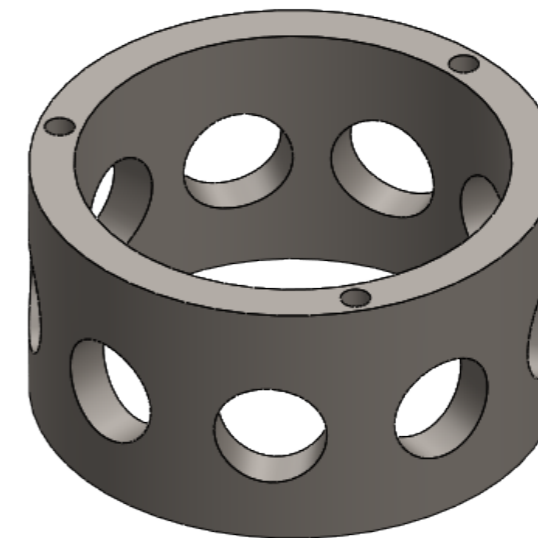
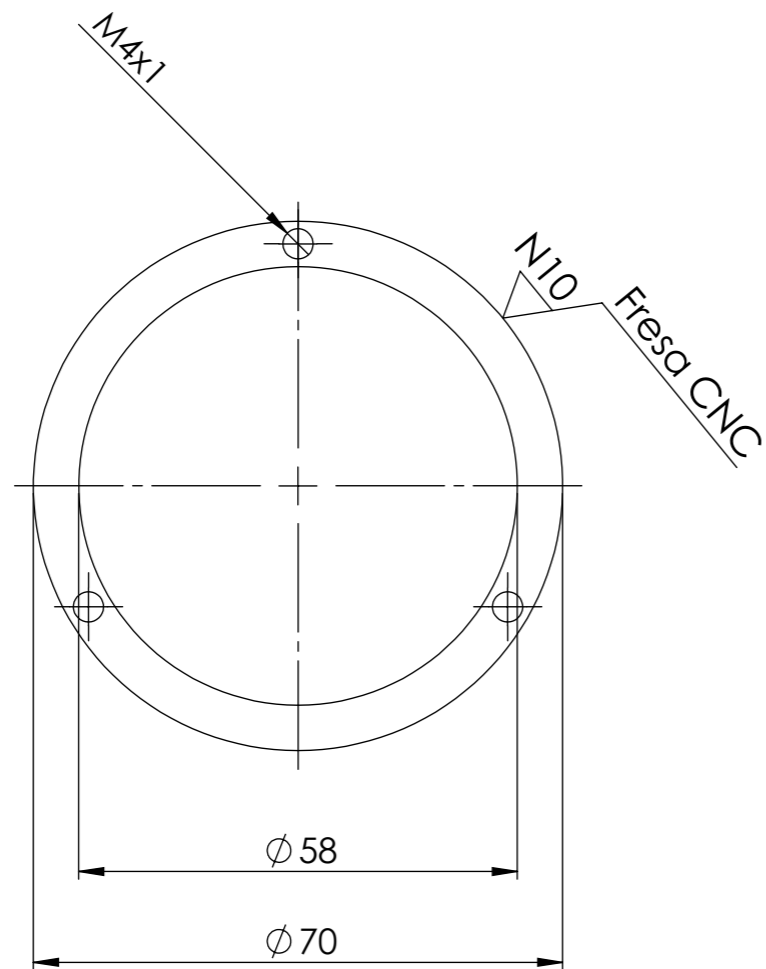
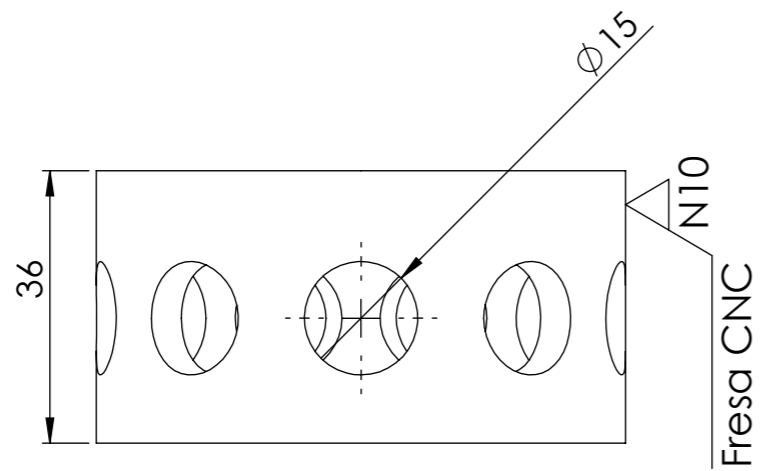


Fabricación mediante CNC
 Enviar CAD en .iges

Malla validad para analisis y selección

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Malla lateral v1
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo:	12 de 24
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

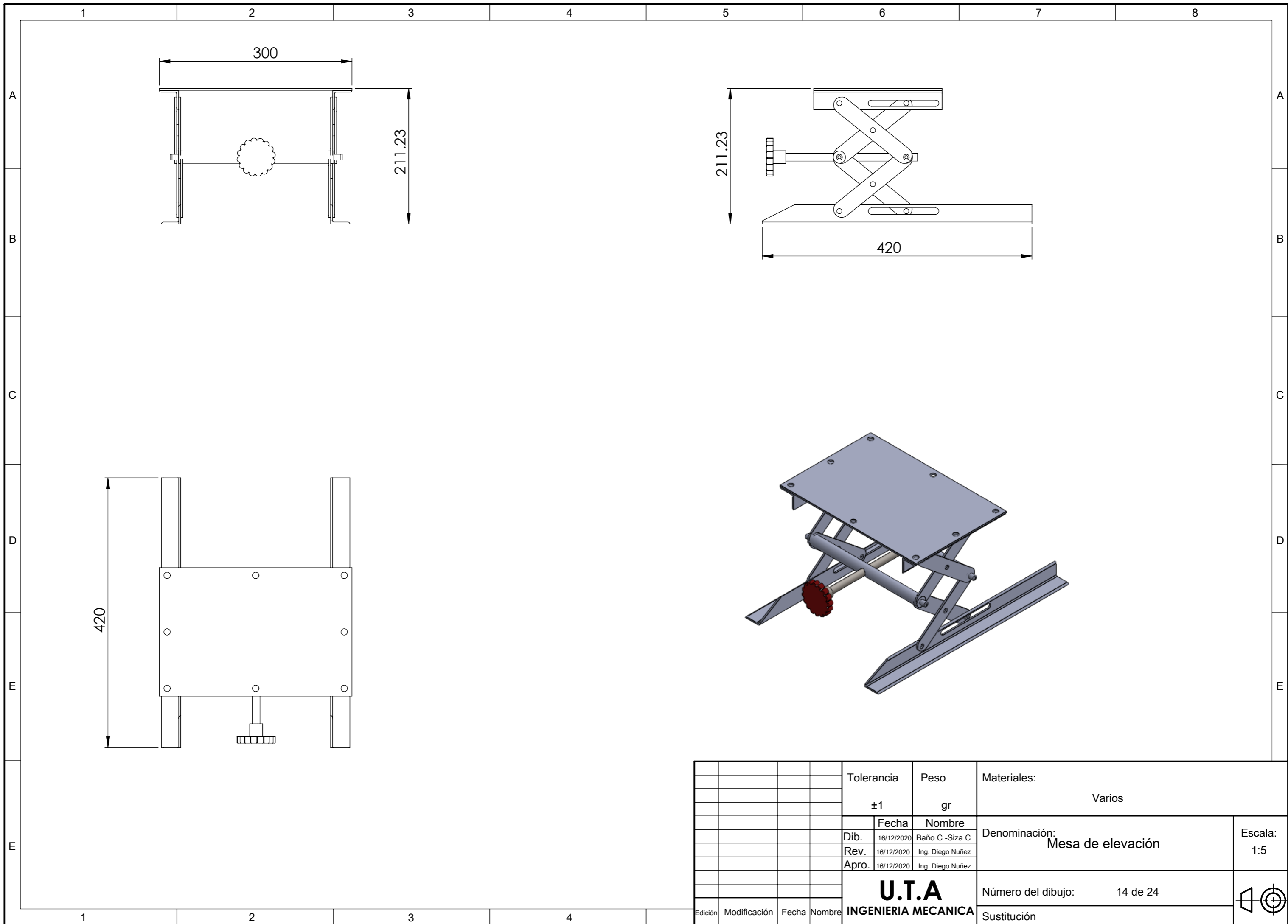




Fabricación mediante CNC
 Enviar CAD en .iges

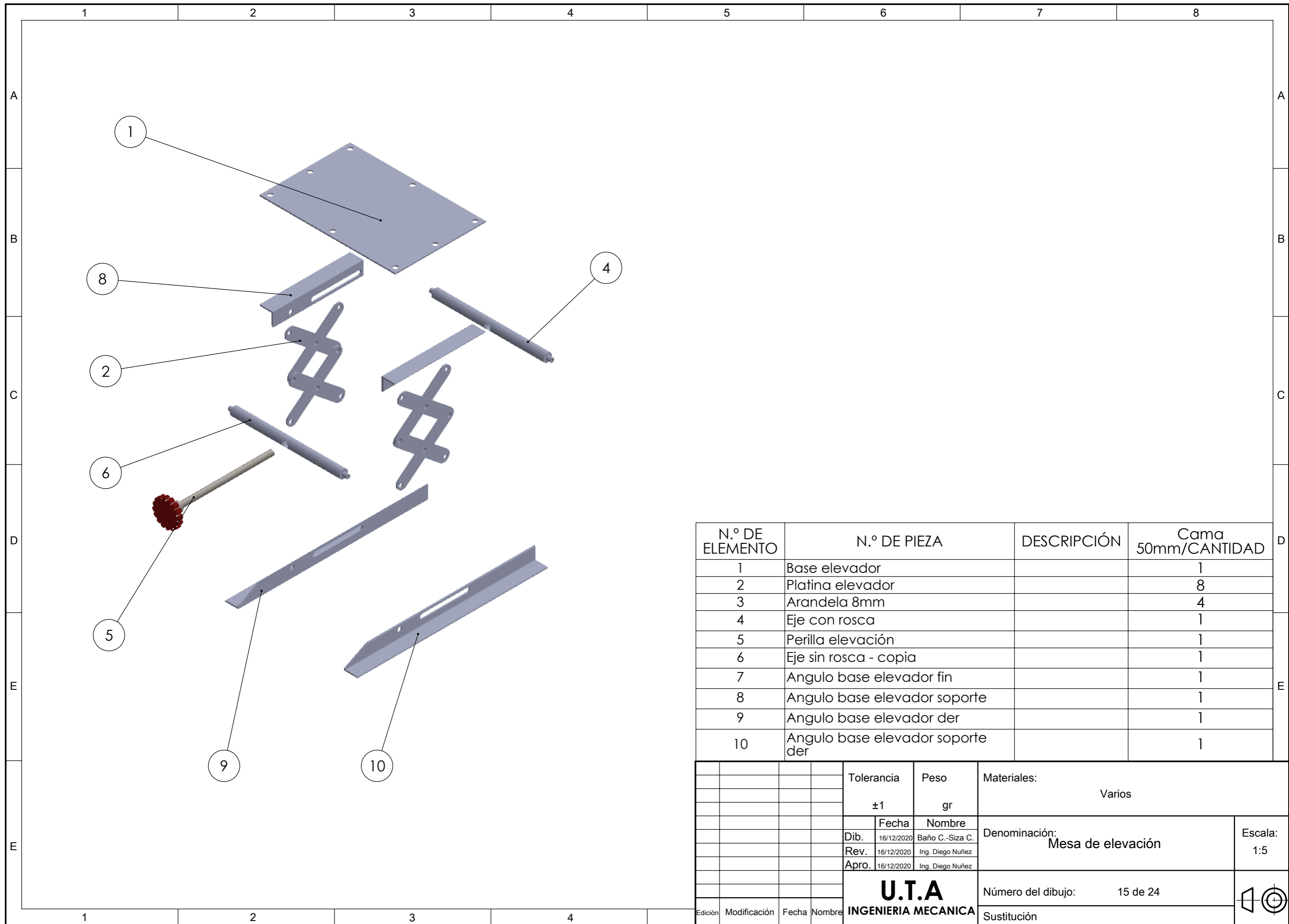
Malla validad para analisis y selección

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	AISI 304	
					Fecha	Nombre	Denominación: Malla lateral 2
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



					Tolerancia	Peso	Materiales:		
					±1	gr	Varios		
						Fecha	Nombre	Denominación: Mesa de elevación	
					Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.		
					Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
					Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez		
					U.T.A INGENIERIA MECANICA			Número del dibujo: 14 de 24	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución					

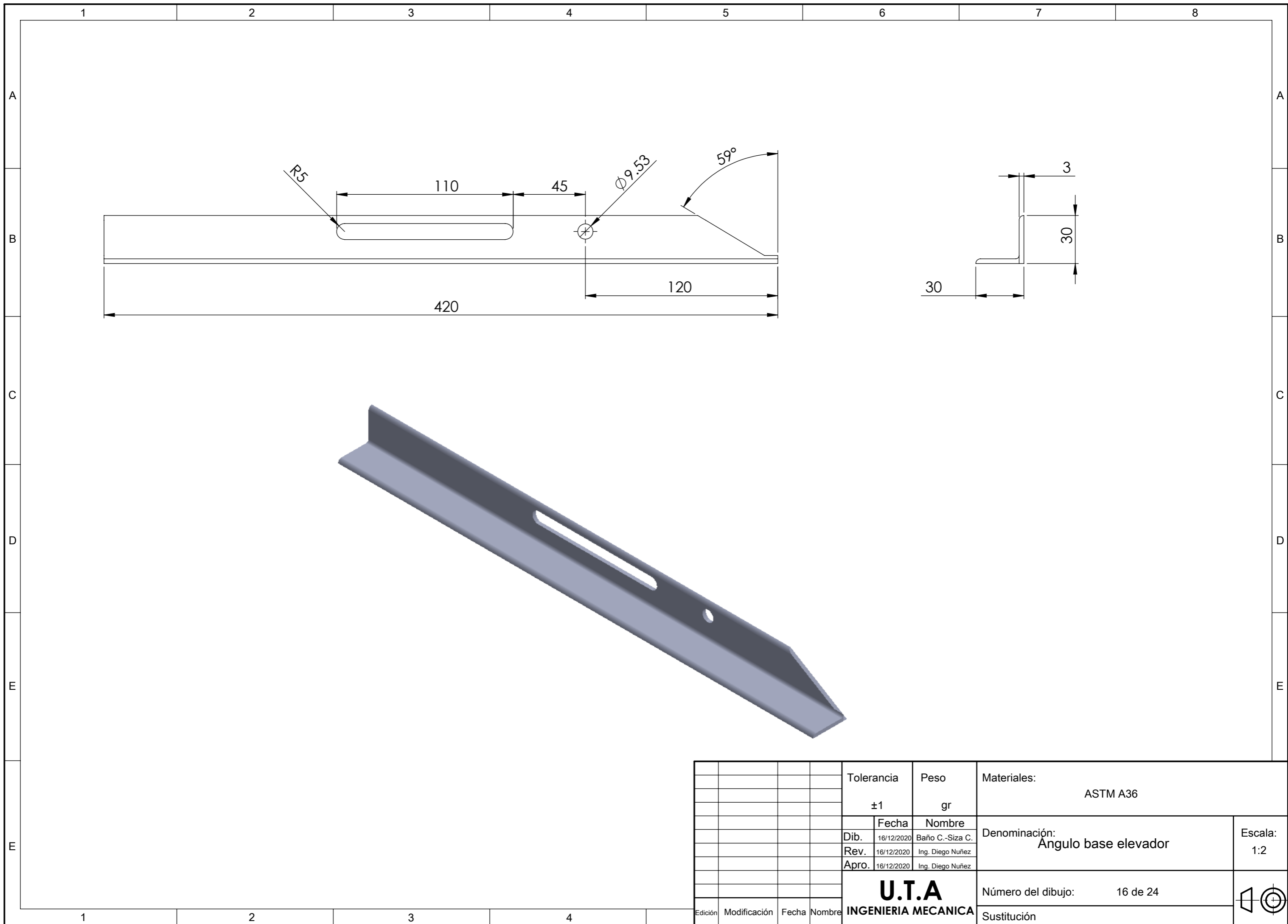
Escala:
1:5



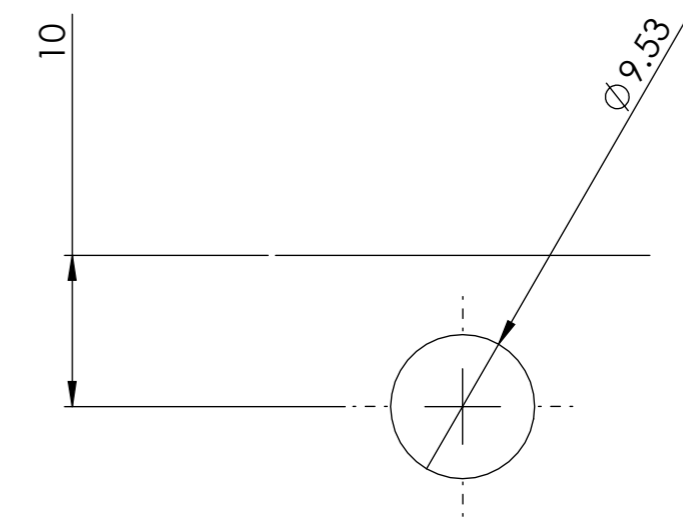
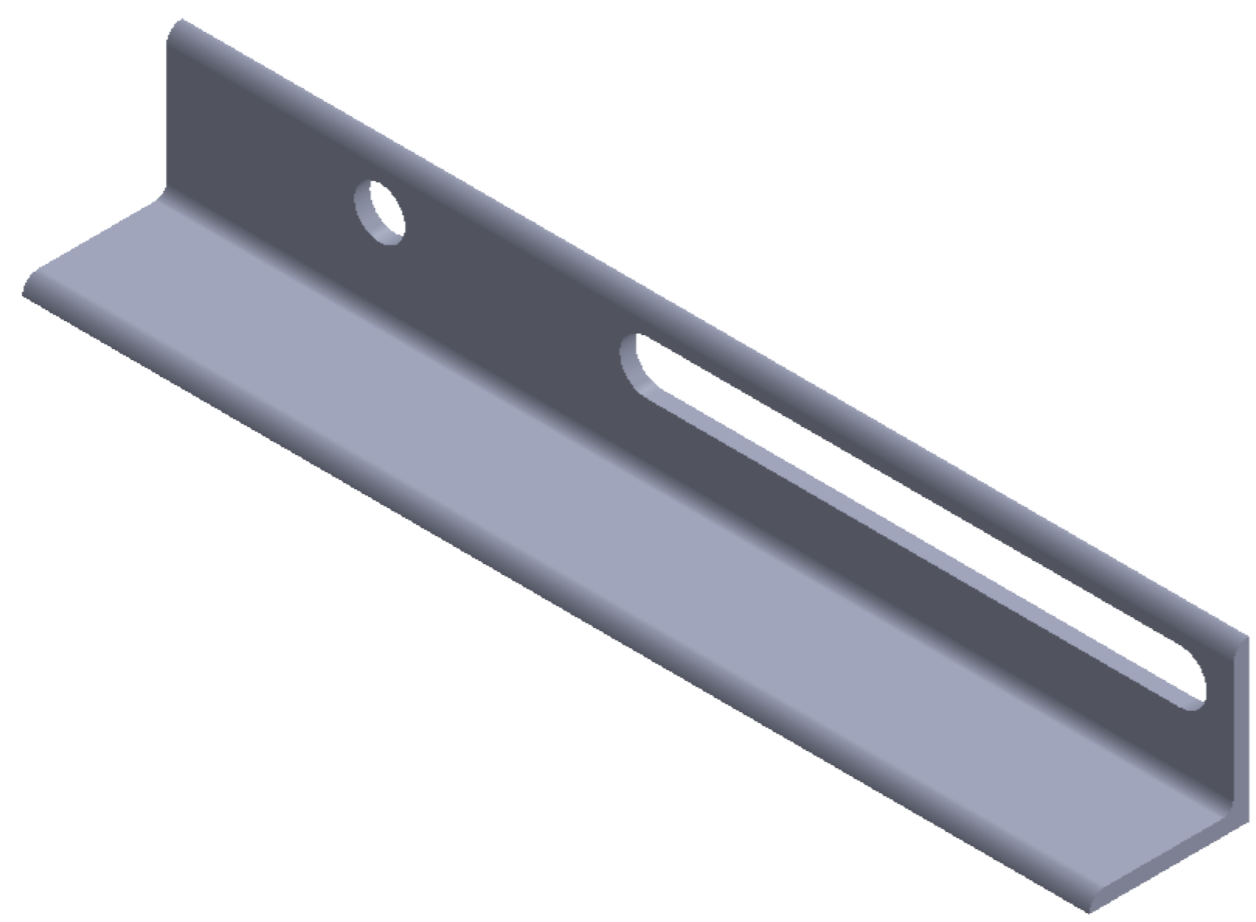
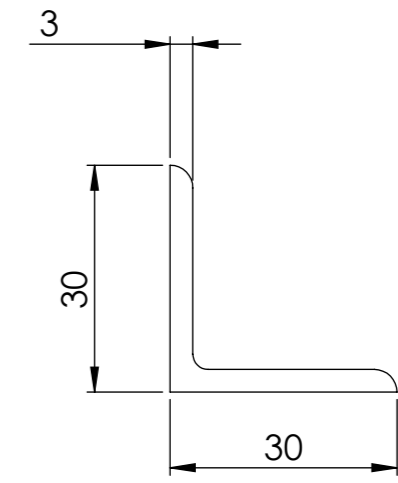
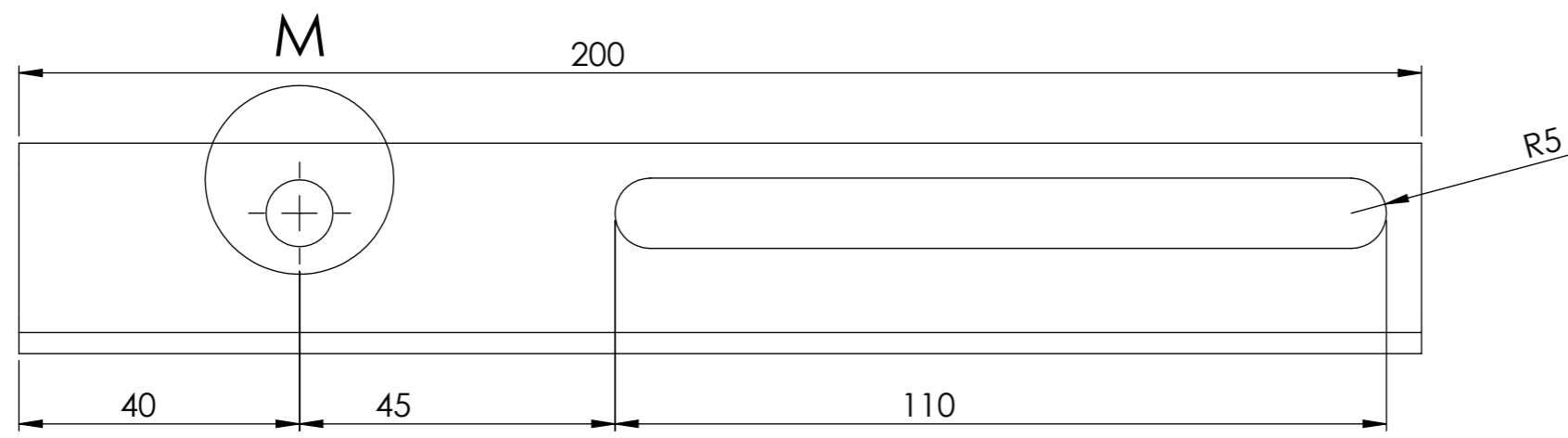
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	Cama 50mm/CANTIDAD
1		Base elevador	1
2		Platina elevador	8
3		Arandela 8mm	4
4		Eje con rosca	1
5		Perilla elevación	1
6		Eje sin rosca - copia	1
7		Angulo base elevador fin	1
8		Angulo base elevador soporte	1
9		Angulo base elevador der	1
10		Angulo base elevador soporte der	1

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	Varios	
					Fecha	Nombre	Denominación: Mesa de elevación
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:5
				U.T.A		Número del dibujo:	15 de 24
				INGENIERIA MECANICA		Sustitución	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre
---------	--------------	-------	--------

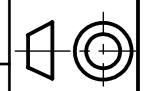


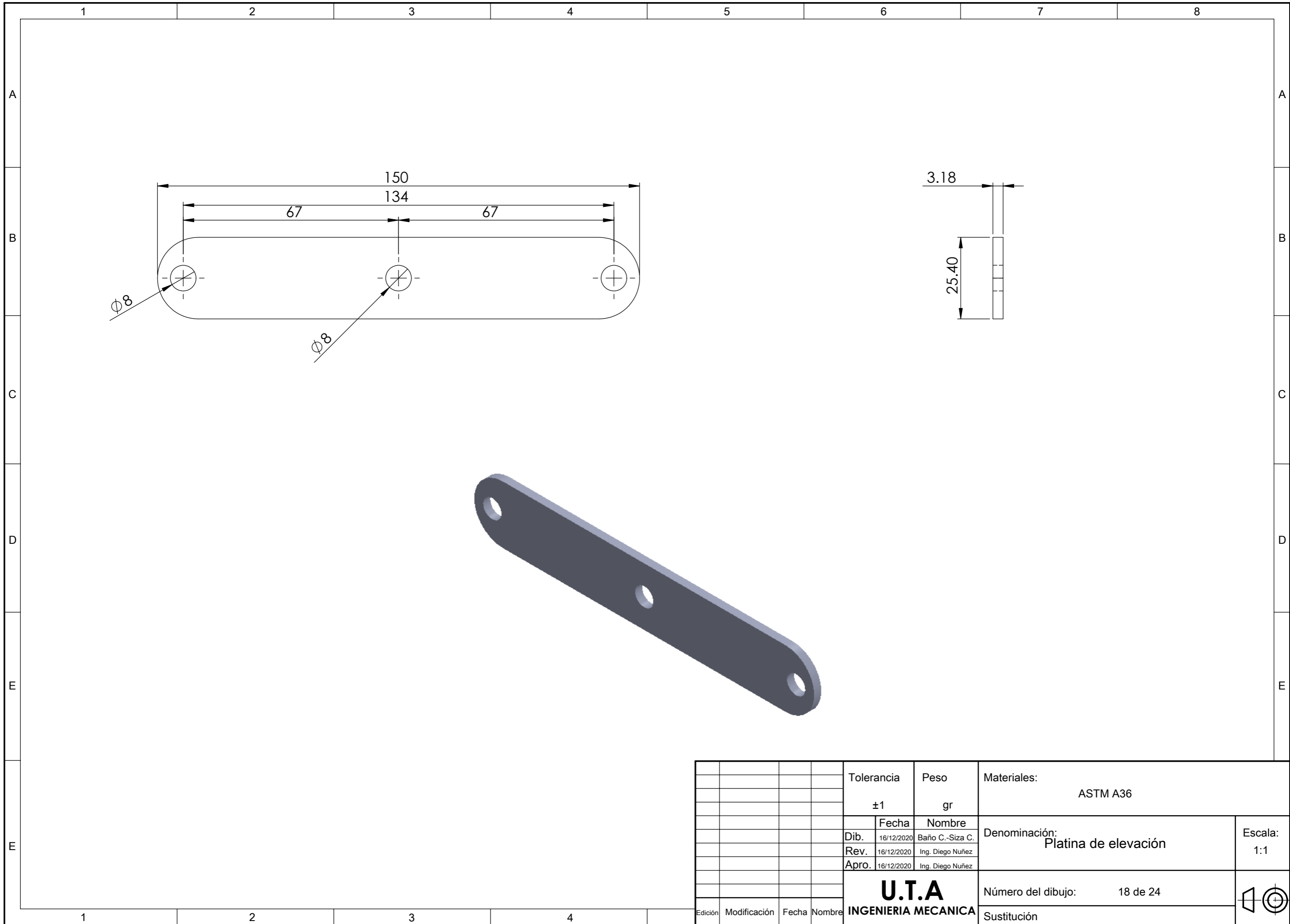
					Tolerancia	Peso	Materiales:	
					±1	gr	ASTM A36	
						Fecha	Nombre	Denominación: Angulo base elevador
					Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
					Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
					Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
					U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo:	16 de 24
							Sustitución	
								Escala: 1:2



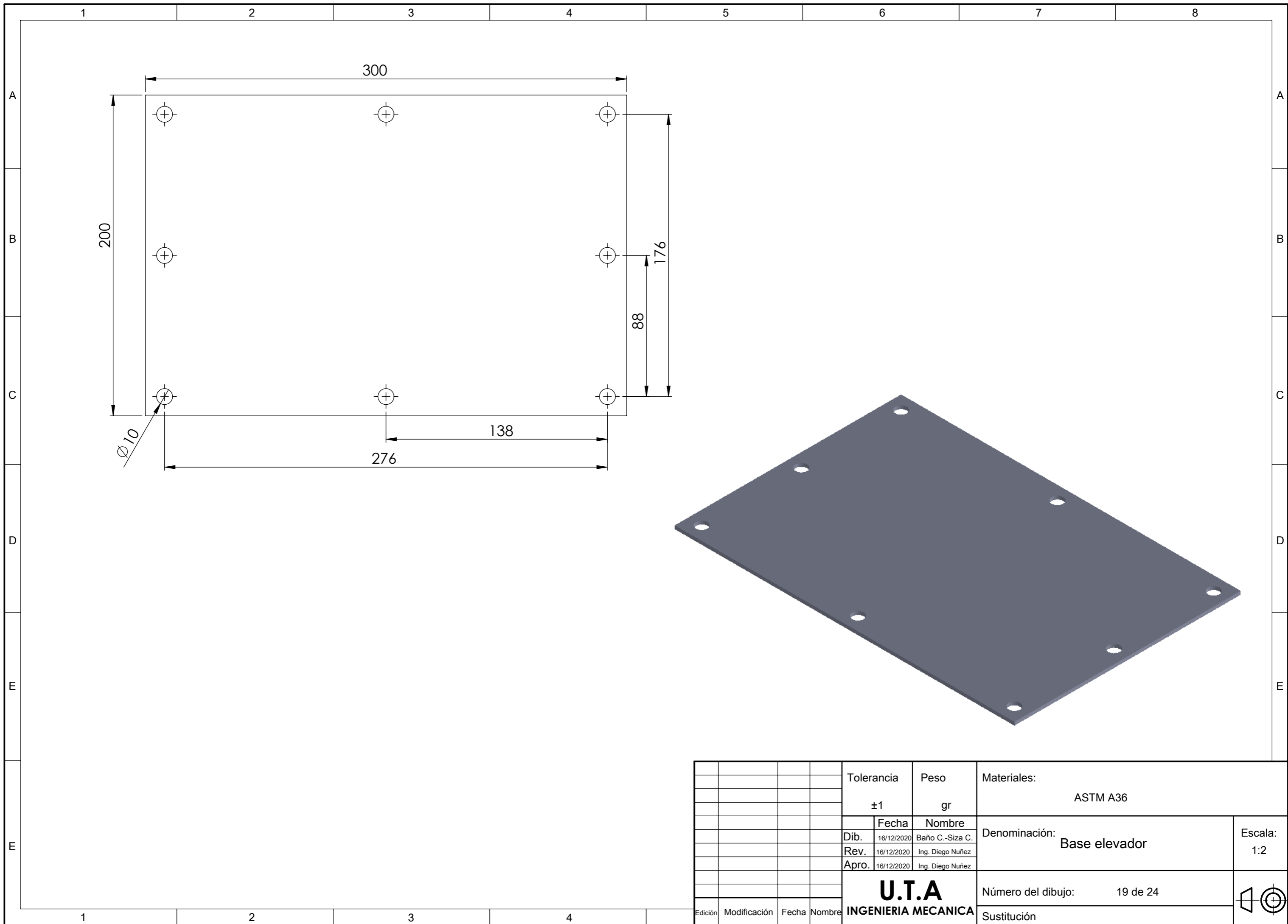
DETALLE M
ESCALA 2 : 1

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Ángulo base elevador
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A			
				INGENIERIA MECANICA			Sustitución

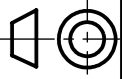


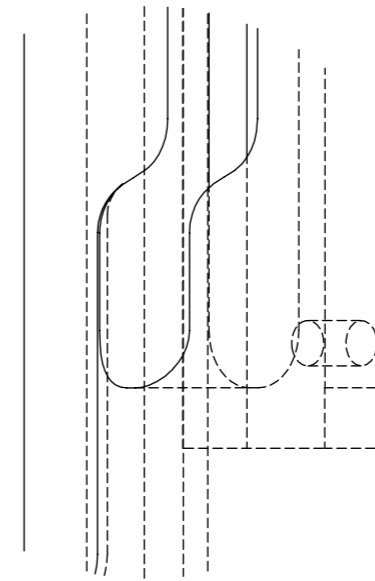
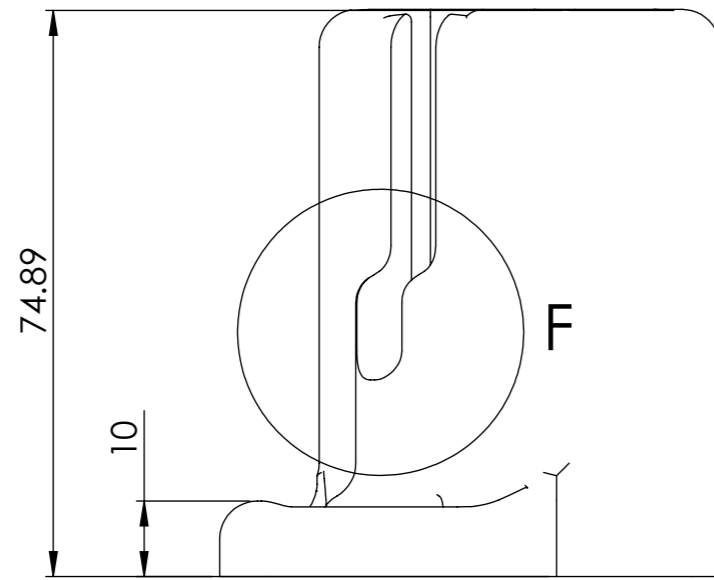


				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Platina de elevación
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Número del dibujo: 18 de 24
				U.T.A		Escala: 1:1	
				INGENIERIA MECANICA		Sustitución	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

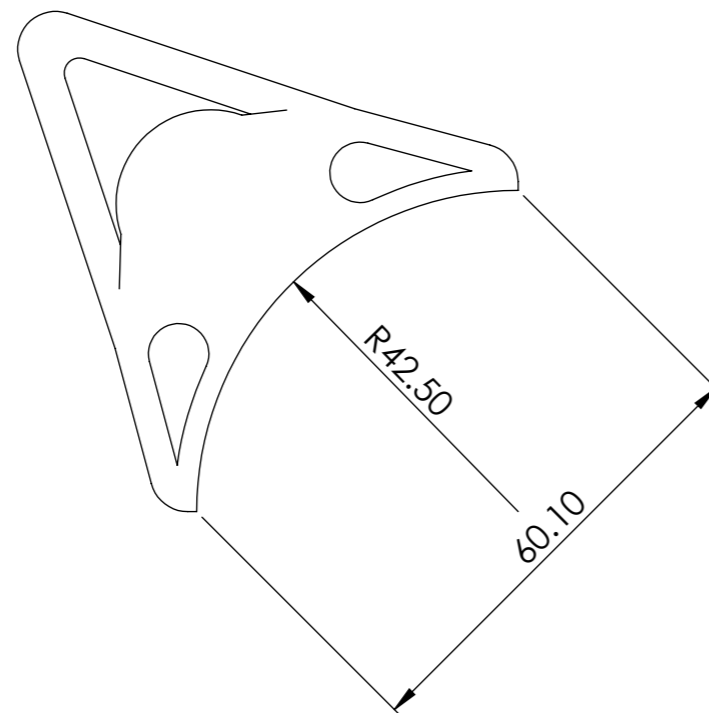
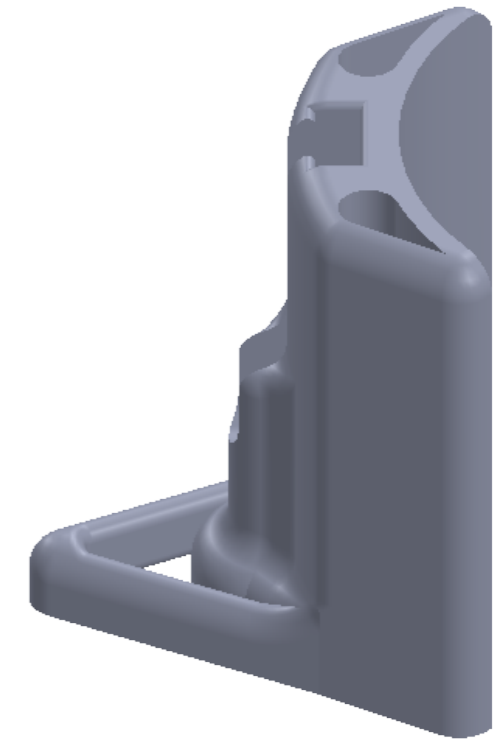


				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Base elevador
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Número del dibujo: 19 de 24
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución





DETALLE F
ESCALA 2 : 1

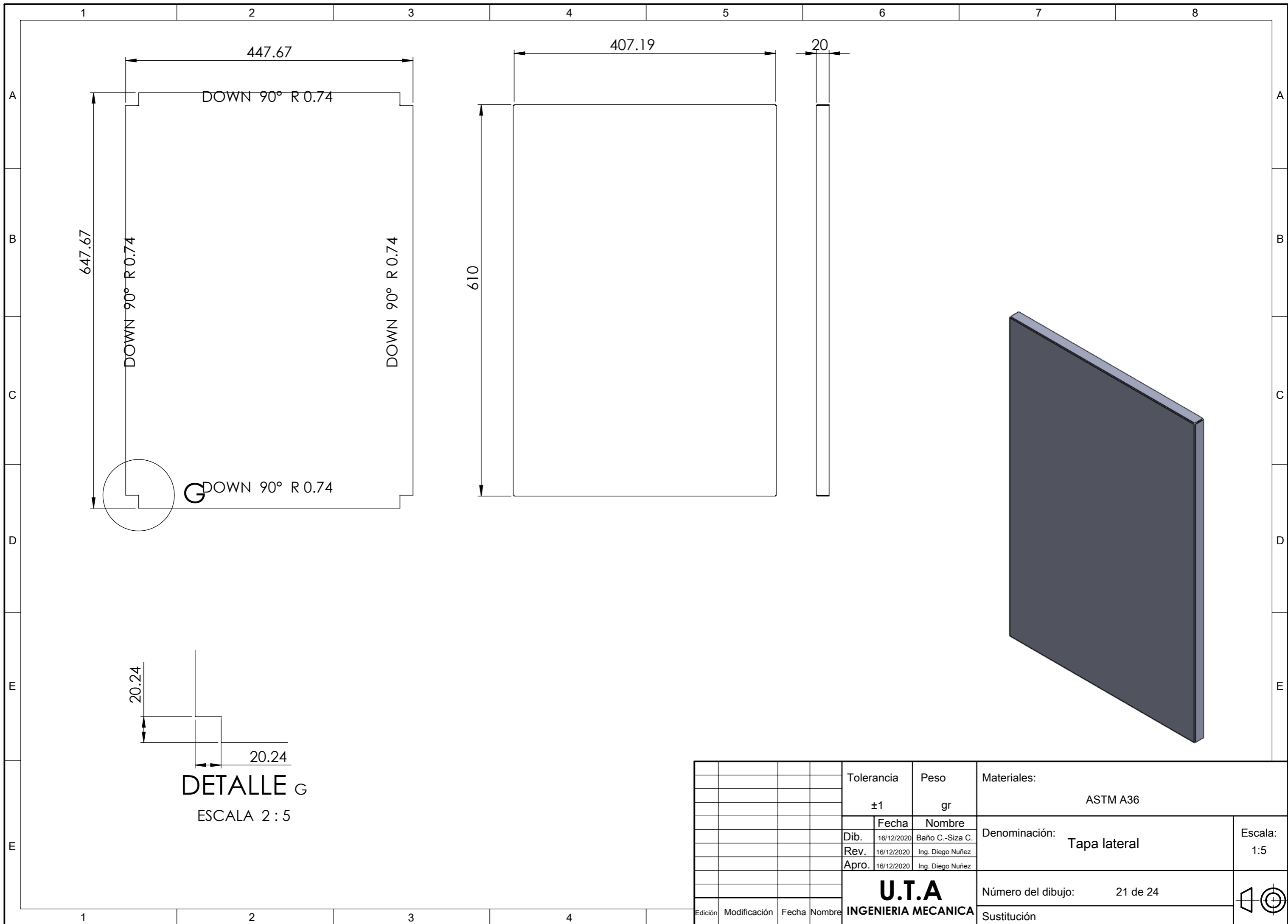


Fabricación en impresión 3D
Fabricación Aditiva

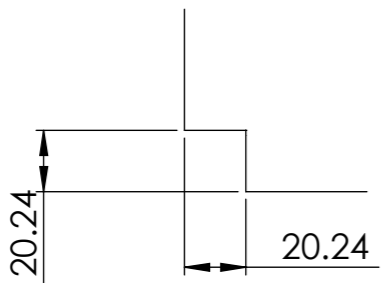
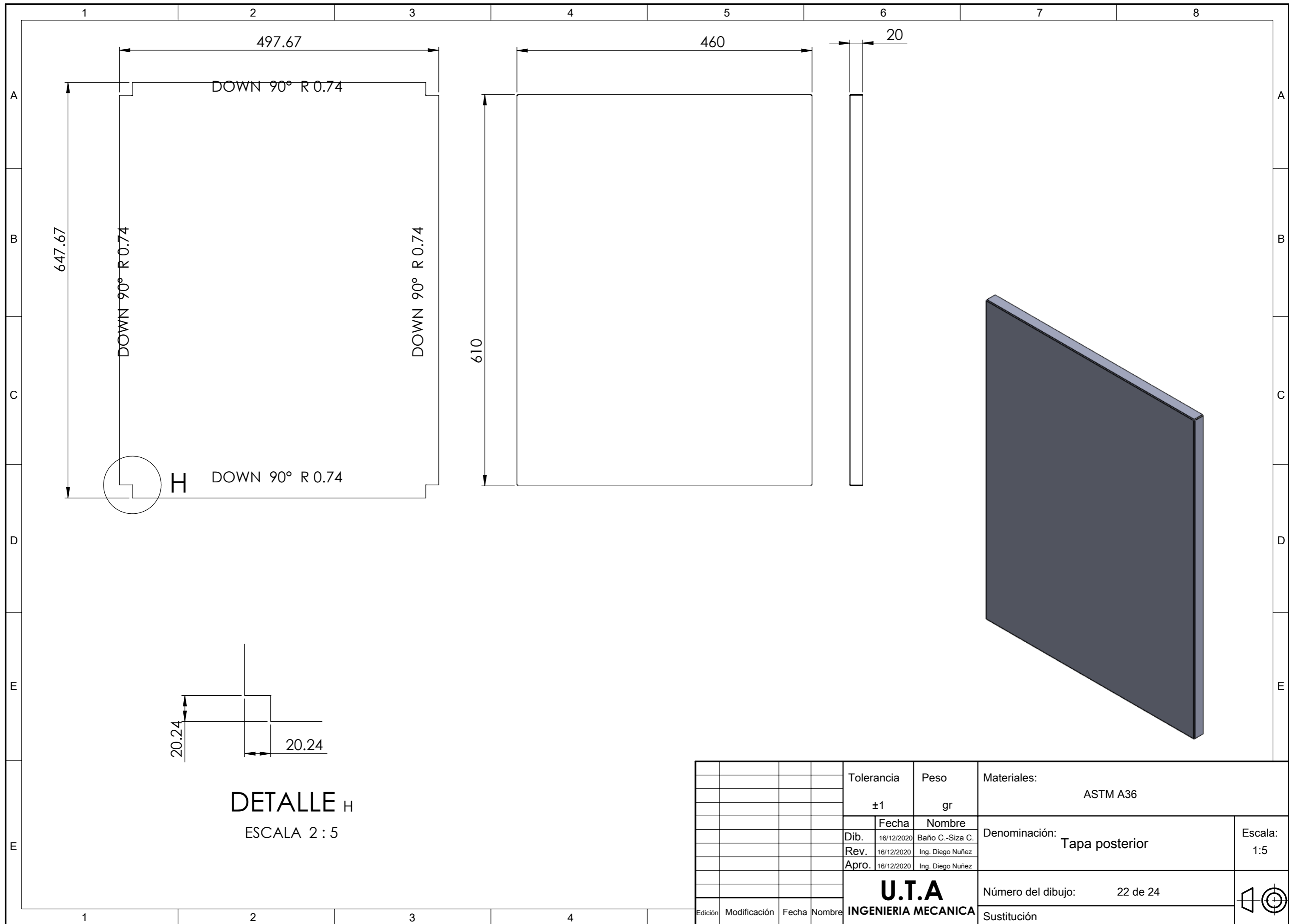
				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	PLA - Impresión 3D	
					Fecha	Nombre	Denominación: Sujetador de recipiente
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:1
				U.T.A INGENIERIA MECANICA		Número del dibujo:	20 de 24
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

Pasar archivo CAD en .stl



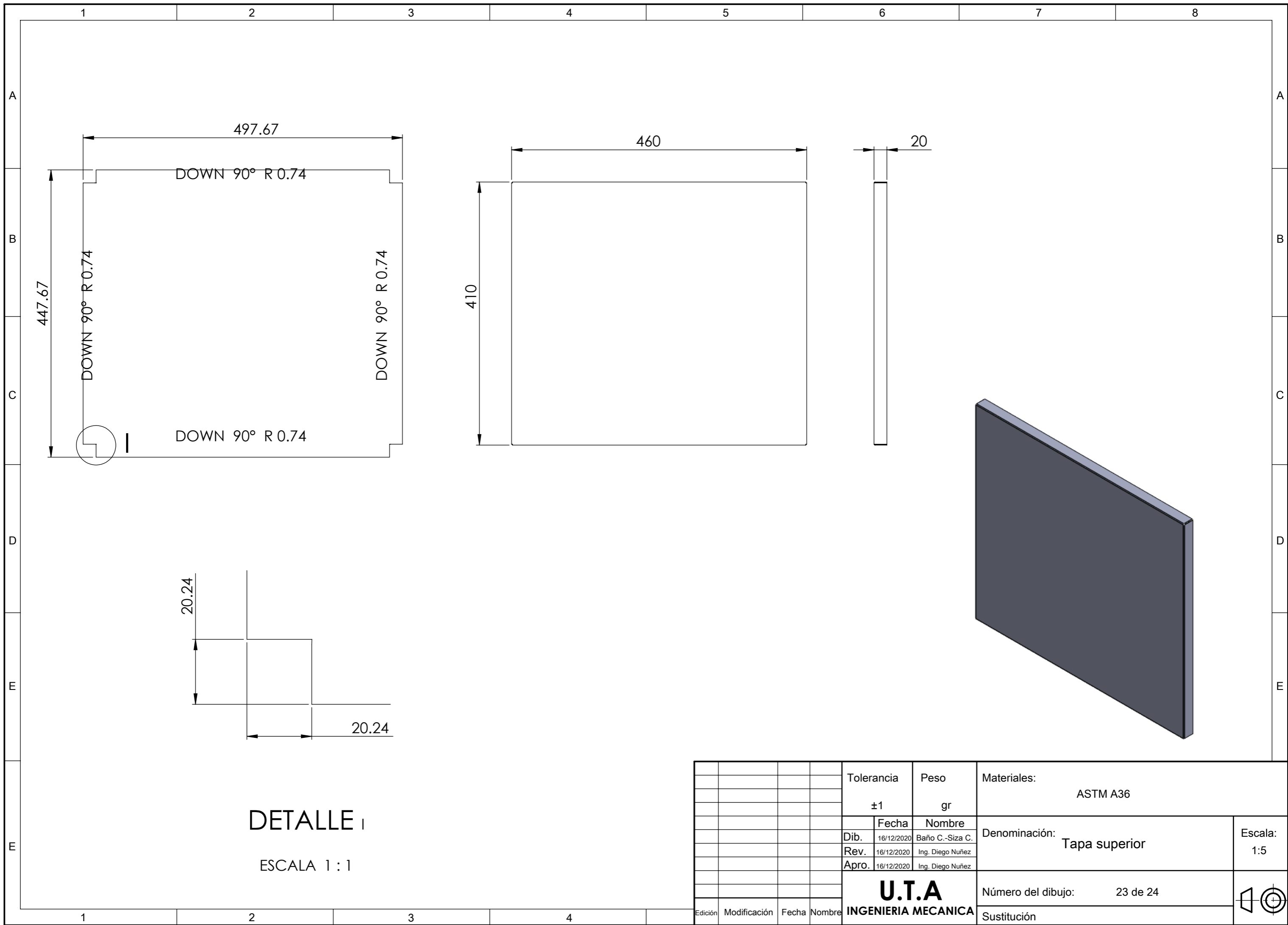


				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Tapa lateral
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:5
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



DETALLE H
ESCALA 2 : 5

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Tapa posterior
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:5
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



DETALLE I

ESCALA 1 : 1

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	gr	ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación: Tapa superior
				Dib.	16/12/2020	Baño C.-Siza C.	
				Rev.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	
				Apro.	16/12/2020	Ing. Diego Nuñez	Escala: 1:5
				U.T.A INGENIERIA MECANICA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución

