



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA EL
MONTAJE Y DESMONTAJE DEL RODAMIENTO DE RODILLOS
A RÓTULA 22208 E PARA EL LABORATORIO DE
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

CRISTOPHER NOE AZOGUE TIRADO

DANIEL EFRAIN MUSUÑA LEON

Riobamba-Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA EL
MONTAJE Y DESMONTAJE DEL RODAMIENTO DE RODILLOS
A RÓTULA 22208 E PARA EL LABORATORIO DE
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: CRISTOPHER NOE AZOGUE TIRADO

DANIEL EFRAIN MUSUÑA LEON

DIRECTOR: Ing. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA

Riobamba-Ecuador

2023

© 2023, Christopher Noe Azogue Tirado y Daniel Efraín Musuña León

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Cristopher Noe Azogue Tirado y Daniel Efraín Musuña León, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 8 de junio del 2023



Cristopher Noe Azogue Tirado
CI: 0202143665



Daniel Efraín Musuña León
CI:0605349208

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA EL MONTAJE Y DESMONTAJE DEL RODAMIENTO DE RODILLOS A RÓTULA 22208 E PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por los señores: **CRISTOPHER NOE AZOGUE TIRADO** y **DANIEL EFRAIN MUSUÑA LEON**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-08
Ing. Félix Antonio García Mora DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-08
Ing. Jorge Sebastián Buñay Guamán ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-08

DEDICATORIA

Dedico este Presente Trabajo de Integración Curricular a Dios por haberme bendecido en toda mi carrera universitaria y haber permitido culminar una etapa más de mi vida, a mi padre Juan Azogue y mi madre Gisla Tirado quienes con su apoyo fueron los pilares fundamentales para lograr el sueño de ser un profesional. De igual manera a mis hermanos Luis y Daniel por ser el apoyo fundamental incentivándome a ser cada día mejor, a mi abuelita Blanca la cual es mi segunda madre que siempre me ha apoyado desde pequeño a ser una persona de bien, por sus valores y consejos de vida, por último, a mi abuelita María la cual desde el cielo me guía por el camino adecuado.

Cristopher

Dedico el presente trabajo de integración Curricular en primer lugar a Dios por haberme dado la sabiduría, la inteligencia y haberme bendecido en toda mi vida universitaria, y en segundo lugar a mi familia, mi padre Washington y mi madre Aurora que fueron mis pilares fundamentales durante toda mi vida estudiantil, siendo un apoyo incondicional y aconsejándome para ser una mejor persona.

Daniel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme salud y vida logrando culminar mis metas propuestas. A mis padres de manera muy especial por todo su esfuerzo diario que realizaron para apoyarme emocional y económicamente durante mi carrera académica. luego agradezco a la ESPOCH y en especial a la carrera de mantenimiento la cual fue mi segundo hogar durante el transcurso de la vida universitaria, por último, agradecer a mi director el Ing. Félix García el cual me ha guiado para cumplir a cabalidad con el desarrollo del trabajo

Cristopher

Agradezco a mi Dios por haberme cuidado y protegido durante toda esta trayectoria estudiantil, a mi mama y a mi papa por ser un apoyo moral y económico. Y a la ESPOCH por abrirme las puertas para poder cumplir con todas mis metas.

Daniel

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Concepto de Rodamientos.....	5
2.2. Partes.....	5
2.2.1. <i>Elementos rodantes</i>	6
2.2.2. <i>Jaula o separador</i>	6
2.2.3. <i>Aro o anillo interno</i>	6
2.2.4. <i>Aro o anillo externo</i>	6
2.3. Materiales.....	7
2.4. Lubricación.....	7
2.5. Características de los rodamientos.....	7
2.5.1. <i>Tipos de rodamientos</i>	8
2.6. Designación de rodamientos.....	9
2.6.1. <i>Prefijos de rodamientos</i>	10
2.6.2. <i>Sufijos de rodamientos</i>	10
2.7. Rodamiento de rodillos a rótula.....	11

2.7.1.	<i>Elementos principales de un rodamiento de rodillos a rótula</i>	12
2.7.2.	<i>Características del rodamiento de rodillos a rótula</i>	13
2.7.3.	<i>Ventajas del rodamiento de rodillos a rótula</i>	13
2.7.4.	<i>Aplicaciones del rodamiento de rodillos a rótula</i>	14
2.8.	Modos de falla	14
2.8.1.	<i>Fatiga iniciada en la subsuperficie</i>	14
2.8.2.	<i>Fatiga iniciada en la superficie</i>	15
2.8.3.	<i>Desgaste abrasivo</i>	16
2.8.4.	<i>Desgaste por Adherencias</i>	17
2.8.4.1.	<i>Adherencias debido a aceleraciones severas</i>	17
2.8.4.2.	<i>Adherencias debido a carga demasiada ligera</i>	17
2.8.5.	<i>Deformación plástica</i>	18
2.8.5.1.	<i>Deformación por sobrecarga</i>	18
2.8.5.2.	<i>Indentaciones por restos</i>	20
2.8.6.	<i>Fracturas y agrietamientos</i>	20
2.8.6.1.	<i>Fractura forzada</i>	20
2.8.6.2.	<i>Fatiga por fractura</i>	21
2.8.6.3.	<i>Agrietamiento térmico</i>	21
2.9.	Montaje y desmontaje de rodamientos	22
2.10.	Técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos	22
2.10.1.	<i>Montaje mecánico</i>	23
2.10.1.1.	<i>Montaje en asientos cilíndricos</i>	23
2.10.1.2.	<i>Llave de gancho</i>	24
2.10.1.3.	<i>Llave de doble gancho</i>	24
2.10.1.4.	<i>Tuerca de eje con tornillos de presión</i>	25
2.10.2.	<i>Montaje térmico</i>	26
2.10.2.1.	<i>Dispositivo de calentamiento por inducción</i>	26
2.10.3.	<i>Montaje hidráulico</i>	27
2.11.	Requerimientos de diseño y construcción	29
2.11.1.	<i>Acero AISI 4130</i>	29
2.11.2.	<i>Proceso de soldadura SMAW</i>	30
2.11.3.	<i>Metodología QFD</i>	30
2.11.3.1.	<i>Beneficios de la metodología QFD</i>	31
2.11.4.	<i>Acero ASTM A36</i>	31

CAPITULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS	32
3.1.	Localización	32
3.2.	Metodología de diseño	33
3.3.	Definición del producto	34
3.3.1.	<i>Desarrollo de la función de calidad QFD</i>	34
3.3.2.	<i>Resultados de la casa de calidad</i>	35
3.3.2.1.	<i>Precio</i>	35
3.3.2.2.	<i>Ergonomía</i>	36
3.3.2.3.	<i>Mecanismo de apriete</i>	36
3.4.	Diseño conceptual	36
3.4.1.	<i>Análisis de la estructura funcional</i>	36
3.4.1.1.	<i>Estructura funcional</i>	36
3.4.2.	Análisis de la estructura modular	37
3.4.2.1.	<i>Análisis de alternativas</i>	38
3.4.2.2.	<i>Eje de montaje</i>	39
3.4.2.3.	<i>Mesa de trabajo</i>	39
3.4.2.4.	<i>Mecanismo de apriete</i>	39
3.4.2.5.	<i>Análisis de alternativas</i>	40
3.5.	Diseño de materialización	41
3.5.1.	<i>Diseño de la estructura modular</i>	41
3.5.2.	<i>Análisis de la estructura mediante ANSYS</i>	42
3.5.3.	Cálculo del coeficiente de seguridad en los elementos de la estructura	43
3.5.3.1.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad</i>	47
3.5.4.	<i>Diseño del eje número 1</i>	48
3.5.5.	<i>Análisis del eje numero 1 mediante ANSYS</i>	48
3.5.5.1.	<i>Coficiente de seguridad del eje 1</i>	49
3.5.5.2.	<i>Esfuerzo de tensión en el punto A</i>	51
3.5.5.3.	<i>Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A</i>	51
3.5.5.4.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad</i>	52
3.5.6.	<i>Diseño del eje número 2</i>	53
3.5.7.	<i>Análisis del eje numero 2 mediante ANSYS</i>	53
3.5.7.1.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad del eje número 2</i>	54
3.5.7.2.	<i>Esfuerzo de tensión en el punto A</i>	56
3.5.7.3.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad</i>	57
3.5.8.	<i>Diseño del eje número 3</i>	58
3.5.9.	<i>Análisis del eje numero 3 mediante ANSYS</i>	58

3.5.9.1.	<i>Cálculo de coeficiente de seguridad del eje número 3.</i>	59
3.5.9.2.	<i>Esfuerzo de tensión en el punto A.</i>	61
3.5.9.3.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad.</i>	62
3.5.10.	<i>Diseño del eje número 4 y 5.</i>	63
3.5.11.	<i>Análisis del eje número 4 y 5 en ANSYS.</i>	63
3.5.11.1.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad del eje número 4 y 5.</i>	64
3.5.11.2.	<i>Esfuerzo de tensión en el punto A.</i>	67
3.5.11.3.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad.</i>	68
3.5.12.	<i>Diseño del eje número 6.</i>	68
3.5.13.	<i>Análisis del eje numero 6 mediante ANSYS.</i>	68
3.5.13.1.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad del eje 6.</i>	69
3.5.13.2.	<i>Esfuerzo de tensión en el punto A.</i>	71
3.5.13.3.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad.</i>	73
3.5.14.	<i>Tolerancias y ajuste geométricas.</i>	73
3.5.14.1.	<i>Tolerancias, ajuste eje y agujero.</i>	73
3.5.14.2.	<i>Cálculo de tolerancia del eje 1,2 y el manguito de fijación.</i>	76
3.5.14.3.	<i>Cálculo de tolerancia de 3, 4, 5 eje y el manguito de fijación.</i>	77
3.5.15.	<i>Cálculo de la tensión admisible de trabajo del resorte.</i>	77
3.5.15.1.	<i>Cálculo de numero de espiras.</i>	79
3.5.16.	<i>Cálculo del torque de la palanca de ajuste.</i>	79
3.5.16.1.	<i>Coeficiente de seguridad de la palanca de ajuste.</i>	81
3.5.16.2.	<i>Esfuerzo de tensión en el punto A.</i>	83
3.5.16.3.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad.</i>	84
3.5.17.	<i>Cálculo del eje de mecanismo de apriete.</i>	84
3.5.17.1.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad.</i>	87
3.6.	Realización del plan de mantenimiento del módulo de montaje y desmontaje.	87
3.6.1.	<i>Codificación técnica de equipos.</i>	88
3.6.1.1.	<i>Codificación a nivel de planta.</i>	88
3.6.1.2.	<i>Codificación a nivel de área.</i>	88
3.6.1.3.	<i>Codificación a nivel de sistema.</i>	88
3.6.1.4.	<i>Codificación a nivel de equipos.</i>	89
3.6.2.	<i>Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) de los equipos.</i>	89

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	91
----	-------------------	----

4.1.	Resultados del diagrama de flujo de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	91
4.2.	Planificación de la construcción del módulo.	93
4.3.	Resultados de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	93
4.3.1.	<i>Procesos de mecanizado y tiempos de construcción</i>	94
4.3.2.	<i>Estructura del módulo</i>	94
4.3.3.	<i>Plancha de acero</i>	94
4.3.4.	<i>Construcción del Hexágono</i>	95
4.3.5.	<i>Mecanismo de apriete</i>	95
4.3.5.1.	<i>Eje del mecanismo</i>	96
4.3.5.2.	<i>Palanca de ajuste</i>	96
4.3.6.	<i>Mecanizado del sistema de enclavamiento</i>	97
4.3.7.	<i>Mecanizado del resorte y el prisionero</i>	98
4.3.8.	<i>Mecanizado de ejes</i>	98
4.3.8.1.	<i>Eje 1</i>	99
4.3.8.2.	<i>Eje 2</i>	99
4.3.8.3.	<i>Eje 3 y 4</i>	100
4.3.8.4.	<i>Eje 5</i>	100
4.3.8.5.	<i>Eje 6</i>	101
4.3.9.	<i>Construcción de abatibles</i>	101
4.3.10.	<i>Mecanismo de fijación del abatible</i>	102
4.3.11.	<i>Construcción de puerta y paredes del módulo</i>	103
4.3.12.	<i>Ensamblaje del módulo</i>	104
4.3.13.	<i>Ensamblaje y pintura del módulo</i>	106
4.4.	Análisis de costos	107
4.4.1.	<i>Costos directos</i>	107
4.4.2.	<i>Costos indirectos</i>	109
4.4.3.	<i>Costos de ingeniería</i>	109
4.4.4.	<i>Costo total del módulo de montaje y desmontaje</i>	110
4.5.	Manual de usuario del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	110
4.6.	Guía de laboratorio de la practica número 1 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	110
4.7.	Plan de mantenimiento preventivo y correctico del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	111

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
5.1.	Conclusiones	112
5.2.	Recomendaciones	113

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Designación de cada tipo de rodamiento.	9
Tabla 2-2: Designación de prefijos de los rodamientos.	10
Tabla 3-2: Designación de sufijos de los rodamientos.	11
Tabla 4-2: Composición química del acero AISI 4130.	30
Tabla 1-3: Alternativas para el eje de montaje.	39
Tabla 2-3: Alternativas para la mesa de trabajo.	39
Tabla 7-3: Alternativas para el mecanismo de apriete.	39
Tabla 4-3: Evaluación de criterios alternativa 1.	40
Tabla 5-3: Evaluación de criterios para costos.	40
Tabla 6-3: Evaluación de criterios para durabilidad.	40
Tabla 7-3: Evaluación para la fácil construcción.	40
Tabla 8-3: Conclusión evaluación de criterios alternativa 2.	41
Tabla 9-3: Tolerancias según su aplicación.	73
Tabla 10-3: Codificación a nivel de planta.	88
Tabla 11-3: Codificación a nivel de área.	88
Tabla 12-3: Codificación a nivel de sistema.	88
Tabla 13-3: Codificación a nivel de equipos.	89
Tabla 14-3: Análisis modal de fallo y efecto del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	90
Tabla 1-4: Mecanismos y elementos ensamblados del módulo.	104
Tabla 2-4: Costos de materiales.	108
Tabla 3-4: Costos de Fabricación.	109
Tabla 4-4: Costos Totales.	109
Tabla 5-4: Costos indirectos totales.	110
Tabla 6-4: Costos totales del módulo.	110

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Componentes de los rodamientos	5
Ilustración 2-2: a) Jaula metálica estampada, b) Jaula metálica mecanizada, c) Jaula de polímero d) Jaula con pasadores.....	6
Ilustración 3-2: Rodamiento	8
Ilustración 4-2: a) Carga combinada; b) Carga radial pura; c) Carga axial pura.....	8
Ilustración 5-2: Rodamiento de rodillos a rótula	12
Ilustración 6-2: Elementos de un rodamiento de rodillos a rótula.....	13
Ilustración 7-2: Descascarillado en la subsuperficie	15
Ilustración 8-2: Fatiga en la superficie del aro interior del rodamiento.....	16
Ilustración 9-2: Desgaste abrasivo en el aro exterior.....	16
Ilustración 10-2: Riesgo de adherencia en elementos rodantes.....	17
Ilustración 11-2: Adherencias en los caminos de rodadura.....	18
Ilustración 12-2: Deformación por sobrecarga.....	19
Ilustración 13-2: Montaje correcto	19
Ilustración 14-2: Aro interior de un rodamiento de rodillos con muescas	19
Ilustración 15-2: Descascarillado en un rodamiento	20
Ilustración 16-2: Fractura en el resalte grande del aro	21
Ilustración 17-2: Fractura por fatiga de un aro exterior.....	21
Ilustración 18-2: Grietas térmicas transversales	22
Ilustración 19-2: Montaje de un rodamiento no despiezable.....	23
Ilustración 20-2: Montaje de rodamiento despiezable.....	23
Ilustración 21-2: Montaje mediante prensa hidráulica	23
Ilustración 22-2: Montaje con casquillo de montaje	24
Ilustración 23-2: Llave de gancho	24
Ilustración 24-2: Montaje mediante llaves de doble gancho	25
Ilustración 25-2: Montaje con tuerca de eje con tornillos de presión.....	26
Ilustración 26-2: Dispositivo de calentamiento por inducción	26
Ilustración 27-2: Placa de calentamiento.....	27
Ilustración 28-2: Montaje de un rodamiento por tuerca hidráulica	28
Ilustración 29-2: Principio de montaje hidráulico	28
Ilustración 30-2: Asiento en el manguito de desmontaje.....	29
Ilustración 31-2: Asiento en el manguito de fijación.....	29
Ilustración 1-3: Localización del laboratorio de mantenimiento correctivo.....	32
Ilustración 2-3: Esquema de las 4 etapas de la metodología QFD	33

Ilustración 3-3: Casa de calidad.....	35
Ilustración 4-3: Descripción del proceso del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	36
Ilustración 5-3: Proceso de montaje y desmontaje de rodamiento.	37
Ilustración 6-3: Proceso detallado del montaje y desmontaje de rodamientos.	38
Ilustración 7-3: Detalle del análisis de las alternativas.....	38
Ilustración 8-3: Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.....	41
Ilustración 9-3: Estructura del bastidor.	42
Ilustración 10-3: Análisis de fallo de la estructura por Von Mises.	42
Ilustración 11-3: Análisis de deformación total de la estructura.	43
Ilustración 12-3: Diagrama de cuerpo libre del tubo cuadrado 38x38x2mm.	43
Ilustración 13-3: Dimensiones del tubo cuadrado.	45
Ilustración 45-3: Diagrama esfuerzo cortante del perfil del tubo cuadrado.	45
Ilustración 14-3: Diagrama del momento flector del tubo cuadrado.....	46
Ilustración 15-3: Modelado del eje.....	48
Ilustración 16-3: Análisis del esfuerzo del eje número 1.	48
Ilustración 17-3: Diagrama de cuerpo libre del eje-.....	49
Ilustración 18-3: Diagrama del esfuerzo cortante.....	50
Ilustración 19-3: Diagrama momento flector.	50
Ilustración 20-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 1.	51
Ilustración 21-3: Modelado del eje 2.....	53
Ilustración 22-3: Análisis del esfuerzo del eje número 2.	53
Ilustración 23-3: Diagrama de la representación de las cargas.....	54
Ilustración 24-3: Diagrama de esfuerzo cortante.....	55
Ilustración 25-3: Diagrama de momento flector.....	55
Ilustración 26-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 2.	56
Ilustración 27-3: Modelado del eje 3.....	58
Ilustración 28-3: Análisis del esfuerzo del eje número 3.	59
Ilustración 29-3: Diagrama de la representación de las cargas.....	59
Ilustración 30-3: Diagrama de esfuerzo cortante.....	60
Ilustración 31-3: Diagrama del momento flector	60
Ilustración 32-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 3.	61
Ilustración 33-3: Análisis del esfuerzo del eje número 4 y 5.	63
Ilustración 34-3: Modelado del eje 4.....	64
Ilustración 35-3: Modelado del eje 5.....	64
Ilustración 36-3: Diagrama de la representación de las cargas.....	65
Ilustración 37-3: Diagrama esfuerzo cortante.	65

Ilustración 38-3: Diagrama momento flector.....	66
Ilustración 39-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 4 y 5.	66
Ilustración 40-3: Análisis del esfuerzo del eje número 6.	69
Ilustración 41-3: Modelado del eje 6.....	69
Ilustración 42-3: Diagrama de la representación de las cargas.....	70
Ilustración 43-3: Diagrama esfuerzo cortante.	70
Ilustración 44-3: Diagrama de momento flector.....	70
Ilustración 45-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 6.	71
Ilustración 46-3: Denominación del eje y agujero para ajustes.	74
Ilustración 47-3: Modelado del resorte del mecanismo.....	78
Ilustración 48-3: Parámetros de un resorte de sección redonda.	78
Ilustración 49-3: Diseño de la palanca del mecanismo.	80
Ilustración 50-3: Tabla de los datos del torque en una tuerca.	80
Ilustración 51-3: Representación de la fuerza aplicada a la palanca.	81
Ilustración 52-3: Diagrama de las cargas aplicadas a la palanca.....	81
Ilustración 53-3: Diagrama de fuerza cortante de la palanca.	82
Ilustración 54-3: Diagrama de momento flector de la palanca.....	82
Ilustración 55-3: Diagrama de momentos del mecanismo de apriete	85
Ilustración 56-3: Diagrama momento flector	85
Ilustración 1-4: Procedimiento de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.....	92
Ilustración 2-4: Planificación del diseño y construcción del módulo.....	93
Ilustración 3-4: Ensamblaje final del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	93
Ilustración 4-4: Construcción de la estructura del módulo.....	94
Ilustración 5-4: Construcción de la plancha de acero.....	95
Ilustración 6-4: Construcción del hexágono.....	95
Ilustración 7-4: Construcción del eje del mecanismo.....	96
Ilustración 8-4: Construcción de la palanca de apriete.....	96
Ilustración 9-4: Construcción de la tuerca del eje de mecanismo de apriete.....	97
Ilustración 10-4: Mecanismo del sistema de enclavamiento del hexágono.....	97
Ilustración 11-4: Construcción del resorte del mecanismo de apriete.....	98
Ilustración 12-4: Prisionero del mecanismo.....	98
Ilustración 13-4: Mecanizado eje 1.	99
Ilustración 14-4: Mecanizado del eje 2.....	99
Ilustración 15-4: Mecanizado del eje 3.....	100
Ilustración 16-4: Mecanizado del eje 4.....	100
Ilustración 17-4: Mecanizado del eje 5.....	101

Ilustración 18-4: Mecanizado del eje 6.....	101
Ilustración 19-4: Construcción de los abatibles.....	102
Ilustración 20-4: Mecanismo de fijación de los abatibles.	102
Ilustración 21-4: Construcción de las puertas del módulo.....	103
Ilustración 22-4: Construcción de las paredes del módulo.....	103
Ilustración 23-4: Pintura de fondo.....	107
Ilustración 24-4: Modulo de montaje y desmontaje terminado:	107

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CASA DE CALIDAD DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

ANEXO B: CATALOGO DE PERFILES DE ACERO CUADRADO DIPAC.

ANEXO C: PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

ANEXO D: MANUAL DE OPERACIÓN DEL MODULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE.

ANEXO E: GUÍA DE LABORATORIO DEL MONTAJE Y DESMONTAJE DEL RODAMIENTO DE RODILLOS A RÓTULA 22208 EK SOBRE UN MANGUITO DE FIJACIÓN.

ANEXO F: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MODULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

ANEXO G: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS.

ANEXO H: PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

ANEXO I: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS.

ANEXO J: ENCUESTA Y ANÁLISIS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE LA CASA DE CALIDAD DE LA METODOLOGÍA QFD.

ANEXO K: PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS

ANEXO L: PLANOS DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tiene como objetivo diseñar y construir un módulo para el montaje y desmontaje del rodamiento 22208 E de rodillos a rótula para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica. El desarrollo de este trabajo técnico comprende del diseño del módulo, cálculos de cargas, selección del tipo de material, técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos. Para la construcción del módulo se utilizó la metodología QFD, este método se encarga de recoger los requerimientos del cliente previo a su diseño y los parámetros requeridos para que funcione de manera correcta garantizando escoger la mejor alternativa antes de su construcción. Para el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, se diseñó cada elemento por separado, para los diferentes tipos de ejes se tomó de referencia el diámetro interno del rodamiento 22208 E, el módulo se dividió en diferentes sistemas como: estructura modular, sistema de apriete, ejes, cuerpo del hexágono, abatibles, estructura de la mesa de trabajo según la norma INEN 1641, la construcción de los elementos se realizó en dos tipos de materiales, para la estructura modular, mesa de trabajo y el cuerpo del hexágono se utilizó acero ASTM A36, para los ejes y la palanca de ajuste se mecanizó en acero de transmisión AISI 4130, para posteriormente realizar el ensamblaje mediante soldadura eléctrica. En ese contexto se concluye que la metodología QFD permitió identificar la mejor alternativa de diseño antes de la construcción del módulo la cual fue de forma ordenada y sistematizada, se realizó la práctica uno del montaje y desmontaje del rodamiento de rodillos a rótula 22208 E por el método de reducción del juego radial interno, las pruebas realizadas arrojaron un juego radial interno antes del montaje de 0,025 mm y después del montaje de 0,020 mm.

Palabras clave: <MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE>, <RODAMIENTO>, <METODOLOGÍA QFD>, <TÉCNICAS DE MONTAJE>, <MANUAL DE OPERACIÓN>.

1244-DBRA-UTP-2023



SUMMARY

This Curricular Integration Project aims to design and construct a module for assembling and disassembling a spherical roller bearing, specifically the 22208 E model, for the Corrective Maintenance Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering. This technical project includes the module's design, load calculations, selection of materials, and techniques for bearing assembly and disassembly. The QFD methodology was used for module construction. It involves gathering customer requirements prior to design and determining the necessary parameters for its correct functioning, ensuring the selection of the best alternative before construction. For the assembly and disassembly module, each element was individually designed. The internal diameter of the 22208 E bearing served as a reference for different types of shafts. The module was divided into various systems, including the modular structure, clamping system, shafts, hexagonal body, foldable components, and workbench structure according to the INEN 1641 standard. Two materials were used for construction: ASTM A36 steel for the modular design, workbench, and hexagonal body, and AISI 4130 transmission steel for the shafts and adjustment lever. Assembly was carried out through electric welding. In conclusion, the QFD methodology allowed for identifying the best design alternative before module construction, ensuring an organized and systematic approach. The assembly and disassembly practice for the 22208 E spherical roller bearing was conducted using the method of reducing internal radial clearance. The tests yielded a pre-assembly internal radial clearance of 0.025 mm, which was reduced to 0.020 mm after assembly.

Keywords: < DESIGN AND CONSTRUCTION>, <ASSEMBLY AND DISASSEMBLY MODULE>, <QFD METHODOLOGY>, <BEARING>, <ASSEMBLY TECHNIQUES>, <OPERATION MANUAL>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el uso de rodamientos es de mucha importancia ya que se encuentra en todo tipo de maquinaria industrial, motores eléctricos, cajas de engranajes industriales, entre otros usos en el campo industrial por lo cual es necesario conocer características, aplicaciones de los distintos tipos de rodamientos y los diferentes métodos de montaje y desmontaje de los rodamientos.

El montaje y desmontaje de rodamientos es un proceso fundamental para el ciclo de vida, en la actualidad existen variedad de herramientas tales como: prensa hidráulica, extractores de rodamientos, bujes de montaje en frío y extractores internos, también existen diferentes técnicas para este procedimiento como: calentadores de inducción, tuerca hidráulica, por aros de calentamiento y por inyección de aceite por el eje, entre otras técnicas, lo cual es importante conocer.

En este trabajo, se presenta los diferentes tipos de rodamientos, características, aplicaciones y técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos, centrandose en el tipo de rodamiento de rodillos a rótula 22208 E y la técnica utilizada por manguito de fijación realizando esta práctica en el módulo.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

El Proyecto Técnico surge como respuesta a los distintos retos que tiene el laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por lo tanto, un módulo de montaje y desmontaje de rodamientos fortalece al perfil del Ingeniero en Mantenimiento Industrial mejorando sus técnicas y aptitudes para su vida profesional. Por lo anterior, este tipo de Proyecto Técnico aporta un valor agregado en la formación de los futuros profesionales

Dentro de este campo, se encuentra un proyecto dirigido por los investigadores (ALVITRES VIGO, y otros, 2022, p.23), denominado “Diseño de una prensa hidráulica semiautomática de 20 toneladas para el desmontaje y montaje de rodamientos para el taller automotriz ASIS SAC”. Este proyecto de investigación consistió en el diseño y la simulación de una prensa hidráulica semiautomática para el montaje y desmontaje de rodamientos para mejorar los tiempos de mantenimiento, seguridad del operario e incrementar las ganancias en la empresa ASIS S.A.C. Durante el desarrollo se empleó una metodología del diseño, partiendo de la recopilación de los requerimientos del diseño, estos datos obtuvieron a través de un conjunto de entrevistas realizada al personal que labora en la empresa. Se obtuvieron las especificaciones de ingeniería, por medio de las cuales desarrollaron tres conceptos de diseño y tres conceptos de configuración. De los cuales se obtuvo un diseño acorde a los requerimientos del cliente y así garantizaron el funcionamiento correcto de la prensa hidráulica.

Los procesos productivos en la actualidad cada vez son más automatizados, los rodamientos los cuales están presentes en todos los elementos, al momento de ser montados y desmontados el proceso debe ser más eficiente, un trabajo de investigación realizada por (GARCÍA SIMARRO, 2020, p.12), que consistió en el desarrollo completo de un gemelo digital de una célula de montaje de rodamientos para su automatización, el gemelo digital se basa en una maqueta automatizable de un sistema de ensamblaje de rodamientos modelo MAP-205 donde se realizó el modelado completo del proceso en el mayor detalle posible, pero simplificando las geometrías y componentes que no afectan a los movimientos ni la automatización. En el cual, el proceso consta de una etapa inicial en el que las bases de la pieza a ensamblar se introduce al sistema, luego un comprobador asegura que la base está en la orientación adecuada, tras esto, un pitón empuja

dichas bases a la zona de montaje, donde un brazo manipulador coloca el rodamiento, luego otro manipulador coloca el eje del mismo y a continuación, un mecanismo con succión coloca la tapa y finalmente , se realiza la expulsión de la pieza ya montada que cae por una superficie inclinada.

Los rodamientos son elementos confiables que forman parte de las máquinas y pueden tener una vida útil prolongada, siempre que se monten de manera adecuada. El Grupo SKF después de realizar sus investigaciones afirma que un montaje correcto requiere experiencia, precisión, un entorno de trabajo limpio, las herramientas de alta calidad para el proceso de montaje de rodamientos, luego de finalizar el proceso de montaje cada aplicación de montaje se debe someter a una prueba de funcionamiento para comprobar que todos los componentes funcionen correctamente (SKF, 2019, p.125). Por otro lado, en cuanto al desmontaje el grupo SKF dice que las razones por las cuales puede ser necesario desmontar un rodamiento son varias. Si los rodamientos se van a volver a utilizar después de haber sido desmontados, la fuerza necesaria para desmontarlos no se debe aplicar nunca a los elementos rodantes.

Existen varios métodos para el análisis de la influencia del montaje en los rodamientos en su capacidad de carga estática, en el artículo científico de (Krynke y Ulewicz 2019, p.17) , esta investigación se centró en como montar el rodamiento en la máquina. Los cálculos se realizaron mediante modelización numérica de rodamientos y estructuras de soporte de máquinas utilizando el método de los elementos finitos con amplio uso de técnicas FEM no lineales y teniendo en cuenta el estado de deformación elástico-plástico en la zona de contacto. En la investigación se utilizó el programa ADINA como herramienta básica de cálculo numérico.

1.2. Planteamiento del Problema

El Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica no cuenta con un módulo para realizar el montaje y desmontaje de rodamientos siguiendo las técnicas y métodos correctos. Si un técnico realiza el montaje y desmontaje de rodamientos sin seguir de manera adecuada los procedimientos, técnicas, métodos y el uso incorrecto de herramientas causa daños al eje, soportes y a sus elementos rodantes, por lo cual el montaje y desmontaje son parte fundamental del ciclo de vida de un rodamiento, es decir si se realiza un mala técnica o mal uso de herramientas se reducirá la vida útil de éste. La aplicación de una técnica inadecuada provoca daños en la pista, rayaduras en la pista de rodaje entre otras fallas, en la actualidad existen una gran variedad de rodamientos en el campo laboral por lo que se requieren métodos, técnicas y herramientas apropiadas para realizar un correcto montaje y desmontaje de rodamientos.

1.3. Justificación

En el campo laboral los rodamientos son de mucha importancia ya que están presentes en la mayoría de las máquinas por lo cual es fundamental el estudio de técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos, en la mayoría de maquinaria o máquinas, el cambio de rodamientos es frecuente a la hora de realizar un mantenimiento correctivo. El proyecto se basa en el diseño y construcción de un módulo de desmontaje y montaje de rodamientos el que ayudará a los estudiantes de la Facultad de Mecánica de la Carrera de Mantenimiento Industrial a poner en práctica los conocimientos adquiridos sobre técnicas de montaje y desmontaje de estos.

Este módulo será de mucha importancia y traerá beneficios tanto al estudiante como al docente ya que en la actualidad en la Facultad de Mecánica existe una herramienta de desmontaje y montaje de rodamientos pero permite realizar un solo tipo de técnica de desmontaje y montaje lo cual en la mayor parte no se encuentra disponible al 100%, por este motivo se va a realizar este proyecto técnico que permitirá al estudiante tener siempre disponible este módulo y realizar diferentes técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Diseñar y construir un módulo para el montaje y desmontaje del rodamiento de rodillos a rótula 22208 E para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Estudiar los requerimientos y diseñar el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Construir el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos basándose en el diseño y planos.

Realizar pruebas y ajustes del módulo de montaje y desmontaje del rodamiento de rodillos a rótula 22208 E por el método de reducción del juego radial interno.

Elaborar un manual de operación, mantenimiento, seguridad y guías de laboratorio de la técnica utilizada para el montaje y desmontaje de rodamientos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expone un conjunto de teorías y conceptos en el cual se basa el Trabajo de Integración Curricular, se presentan los aspectos teóricos considerando sus fundamentos y características, su concepto y función, así como las fuentes u orientaciones teóricas que lo sustentan

2.1. Concepto de Rodamientos

Es un elemento mecánico oscilante de la máquina que actúa como soporte y guía entre el eje y las partes conectadas al sistema, la función principal del sistema es transferir la carga necesaria, logrando así una alta precisión y reduciendo la fricción, esto es la razón para permitir la velocidad de rotación. Al mismo tiempo, se reducen el ruido, el calor, el consumo de energía y el desgaste (SKF, 2019 p.20).

2.2. Partes

Los elementos rodantes, como los rodamientos, constan básicamente de cuatro partes, que son: dos anillos (interior o exterior), elementos rodantes (bolas o rodillos) y una jaula o separador. Veremos cada uno de ellos con más detalle a continuación en la ilustración 1-2 (Guangaxi Castillo 2022, p.5).

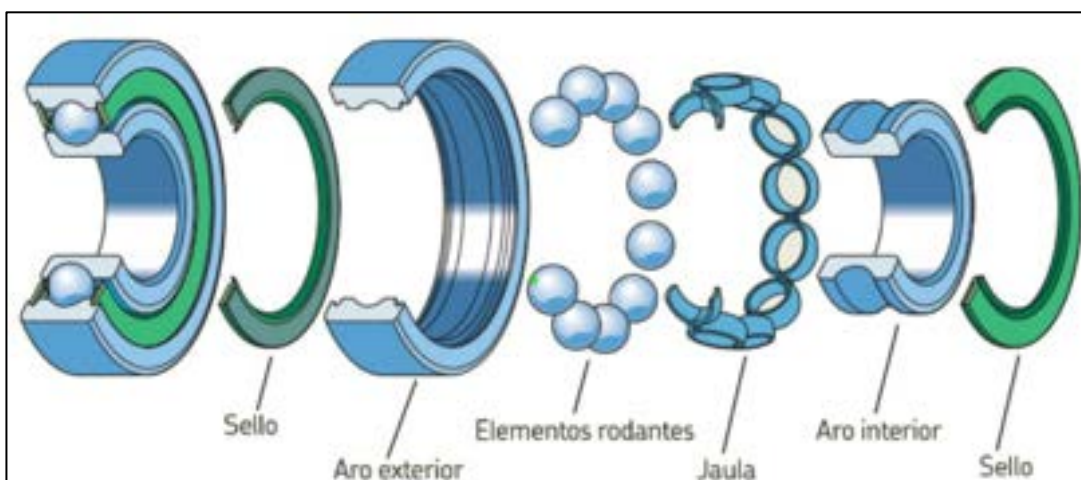


Ilustración 1-2: Componentes de los rodamientos

Fuente: (SKF, 2019, p.24)

2.2.1. *Elementos rodantes*

Los elementos rodantes están situados entre las guías de los anillos (interior y exterior) y permiten que las cargas que actúan sobre el rodamiento se transmitan a través de pequeñas superficies de contacto separadas por una fina capa de lubricante. Pueden ser de bolas o rodillos, esferas, cilíndricos o rodillos cónicos, rodillos finos o agujas (Ringegni, 2020, p.6).

2.2.2. *Jaula o separador*

La función de la jaula es separar los elementos rodantes entre si durante su funcionamiento para lograr la mejor distribución de las cargas, la ilustración 2-2 indica los tipos de jaula para los rodamientos (SKF, 2019 p.25).



Ilustración 2-2: a) Jaula metálica estampada, b) Jaula metálica mecanizada, c) Jaula de polímero d) Jaula con pasadores.

Fuente: (SKF, 2019, p.25)

2.2.3. *Aro o anillo interno*

El aro interior suele montarse en el eje de la máquina, la mayor parte del cual forma parte del rodante. El diámetro interior puede ser cilíndrico o cónico. Las guías por las que pasan los elementos rodantes pueden tener diferentes formas (esféricas, cilíndricas, cónicas), siempre en función del tipo de elementos rodantes (Ringegni, 2020, p.6).

2.2.4. *Aro o anillo externo*

La superficie exterior del anillo se encarga de fijar el eje y permite que los elementos rodantes giren libremente. Las guías por las que pasan los elementos rodantes pueden tener diferentes formas, (esféricas, cilíndricas, cónicas) que coinciden con la forma del anillo interior (Ringegni, 2020, p. 6).

2.3. Materiales

Los rodamientos son elementos rodantes y deben tener características de alta resistencia a la fatiga, al desgaste y a las altas temperaturas, por lo que deben fabricarse para cumplir con estas características, el material estándar para estas piezas es el acero al cromo 100Cr6, pero dependiendo de su aplicación, se pueden utilizar aceros de cementación al cromo-níquel o al cromo-manganeso, aceros inoxidable, aceros hiperaleados. Pero la combinación de ellos y materiales no garantiza su mejor desempeño, por lo que necesitan someterse a ciertos tratamientos, principalmente temple, tales como: temple total, temple por inducción, cementación o algunos recubrimientos superficiales especiales (Olmedo Sánchez-Élez, 2018, p.24).

2.4. Lubricación

La lubricación en los rodamientos es una parte fundamental para lograr conseguir óptimas condiciones durante su operación, por lo tanto, la lubricación logra reducir el contacto metálico entre las superficies de la rodadura y de deslizamiento, otras funciones que tiene la lubricación son de eliminar el calor del cojinete, la protección contra la corrosión y reducción del ruido durante su operación. Los rodamientos se pueden lubricar con grasa, aceite o lubricante sólido. La selección del tipo de lubricante debe basarse en condiciones de operación, tipo y tamaño de cojinete, diseño de conexión y forma de aportación del lubricante (Olmedo Sánchez-Élez, 2018, p. 26).

2.5. Características de los rodamientos.

En el mercado existen rodamientos de bolas y de rodillo cada una con características diferentes, pero todos los rodamientos tienen las siguientes características similares:

- Bajo coeficiente de fricción estática con poca diferencia de fricción.
- Están estandarizados internacionalmente, son intercambiables y fácilmente disponibles.
- Los rodamientos pueden absorber cargas axiales y radiales.
- La rigidez del rodamiento se puede aumentar aplicando una precarga. (Andrade Farias, 2019, p. 4).

Conocer las características de un rodamiento es muy importante para determinar las condiciones de trabajo al cual va a estar sometido el rodamiento según su aplicación.



Ilustración 3-2: Rodamiento

Fuente: (SKF, 2019, p.9)

2.5.1. Tipos de rodamientos

Los rodamientos se clasifican en:

- **Según la forma:**
 - Rodamiento de bolas
 - Rodamientos de rodillos cilíndricos
 - Rodamiento de rodillos cónicos
- **Según la dirección de la carga:**
 - Radiales: permiten cargas radiales y ciertas cargas axiales.
 - Axiales: Llevan únicamente cargas axiales.
 - Mixtos: Soportan cargas radiales y axiales.

La ilustración 4-2 muestra los tipos de cargas a las que están expuestos los rodamientos.

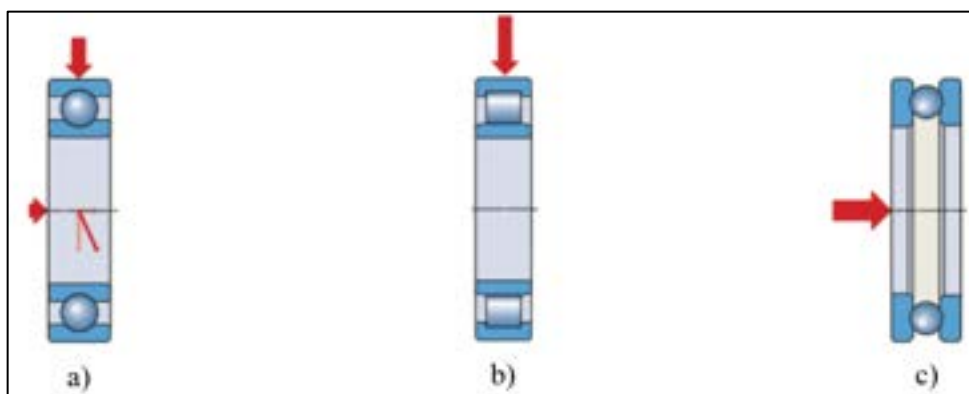


Ilustración 4-2: a) Carga combinada; b) Carga radial pura; c) Carga axial pura.

Fuente:(SKF, 2019, p.78)

- **Según la inclinación del eje o árbol**
- Rígido, no permite ningún movimiento libre del rodamiento con respecto al eje en un plano perpendicular a la rotación de los elementos rodantes.
- Pivotantes, este tipo de rotación del rodamiento permite cierta oscilación del rodamiento en relación con el eje en el plano (Ringegni 2020, p.8).
- **Según el tipo de elemento rodante**
- Bolas: Contacto a tiempo para una velocidad demasiado alta.
- Rodillos: Contacto lineal, llevan una carga pesada (Olmedo Sánchez-Élez 2018, p. 30).

2.6. Designación de rodamientos

En la designación del rodamiento contiene combinaciones de números, prefijos, sufijos que indican diferentes tipos de rodamientos y sus características.

Tabla 1-2: Designación de cada tipo de rodamiento.

Numeración	Tipo de rodamiento
0	Rodamiento de dos hileras de bolas de contacto angular.
1	Rodamiento de bolas a rótula
2	Rodamiento de rodillos a rótula, rodamiento axial de rodillos a rótula
3	Rodamiento de rodillos cónicos
4	Rodamiento rígido de dos hileras de bolas
5	Rodamiento axial de bolas
6	Rodamiento rígido de una hilera de bolas
7	Rodamiento rígido de una hilera de bolas de contacto angular
8	Rodamiento axial de rodillos cilíndricos
C	Rodamiento de rodillos toroidales CARB.
N	Rodamiento de rodillos cilíndricos, se utilizan dos o más letras para identificar el número de hileras o la configuración de hileras.
QJ	Rodamiento de bolas con 4 contactos puntos de contacto.
T	Rodamiento de rodillos cónicos según la norma ISO 35

Fuente: (SKF, 2019)

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Un ejemplo del rodamiento de rodillos a rótula 22208 E para conocer su diámetro interno se puede calcular multiplicando el ultimo dígito (8) por el tipo de rodamiento en este caso el 5 por lo tanto el diámetro interno sería de 40 mm

- El primer número o letra indica el tipo de rodamiento.
- Los dos números siguientes indican el ancho y el alto.
- El último número es el tamaño básico del cojinete, multiplíquelo por 5 para obtener el diámetro del cojinete en milímetros (SKF, 2019 pp.30-31).

2.6.1. *Prefijos de rodamientos*

Este tipo de designación permite la identificación de los componentes del rodamiento y suele ir seguida del nombre completo del rodamiento o para evitar confusiones con otros nombres de rodamientos, también los prefijos de los rodamientos son utilizados para las diferentes versiones de cada rodamiento. La tabla 2-2 indica cada uno de los prefijos que puede ser asignado al rodamiento según corresponda.

Tabla 2-2: Designación de prefijos de los rodamientos.

Prefijo	Denominación
GS	Arandela de alojamiento de un rodamiento axial de rodillos
K	Corona axial de rodillos cilíndricos
K-	Aro interior con conjunto de rodillos y jaula (cono) o aro exterior(copa) de un rodamiento de rodillos cónicos.
L	Aro interior o exterior separado de un rodamiento desarmable.
R	Aro interior o exterior con rodillos
W	Rodamiento rígido de bolas de acero inoxidable
WS	Arandela de eje de un rodamiento axial de rodillos cilíndricos

Fuente: (SKF, 2019)

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

2.6.2. *Sufijos de rodamientos*

Estos sufijos se utilizados para identificar diseños o variantes que difieren del diseño original o del diseño estándar actual. Los sufijos se dividen en grupos, la tabla 3-2 muestra la designación de los sufijos según corresponda. (SKF, 2019 p.33)

Tabla 3-2: Designación de sufijos de los rodamientos.

Sufijos	Designación
A	Diseño interno desviado o modificado con las mismas dimensiones
AC	Rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular con un ángulo de contacto de 25 grados.
DF	Dos rodamientos rígidos de una hilera de bolas con contacto angular o rodamientos de una hilera de bolas apareados y dispuestos cara a cara.
E	Conjunto de elementos rodantes reforzados.
F	Jaula mecanizada de acero o de fundición especial.
G	Dos rodamientos dispuestos cara a cara o espalda a espalda tendrá un cierto juego radial.
H	Jaula de chapa de acero, de montaje a presión, templada.
J	Jaula de acero centrada en los elementos rodantes sin templar.
K	Agujero cónico
M	Jaula mecanizada de latón.
N	Ranura para anillo elástico en el aro exterior.
P	Jaula de poliamida
Q	Geometría interna y acabado superficial
T	Jaula de tipo ventana
V	Rodamiento completamente lleno de elementos rodantes.
W	Sin ranura anular ni orificios de lubricación en el aro exterior.
Y	Jaula de chapa de latón.
Z	Placa de protección de chapa de acero.

Fuente: (SKF, 2019)

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

2.7. Rodamiento de rodillos a rótula

Los rodamientos de rodillos a rótula se utilizan en aplicaciones con cargas elevadas, velocidades moderadas y riesgo de desalineación. El ámbito de aplicación en áreas industriales siempre está aumentando, por ejemplo: en las turbinas eólicas, campos marinos, fábricas de azúcar y otras áreas de producción, este tipo de rodamiento tiene una capacidad de carga superior a la adecuada para un uso a largo plazo. Aplicaciones antifatiga a largo plazo de alta carga. Otro pensador como (Zacipa Pinilla, 2019, p.31), describe el rodamiento de rodillos a rótula tiene dos pistas de rodadura

una a la derecha y la otra a la izquierda, el anillo exterior tiene solo una carrera. El aro exterior está alineado con el eje, pero este tipo de rodamiento es autoalineable si las cargas axiales provocan una desalineación. En la ilustración 5-2 se muestra un rodamiento de rodillos a rótula.



Ilustración 5-2: Rodamiento de rodillos a rótula

Fuente: (SKF, 2019, p.730)

2.7.1. Elementos principales de un rodamiento de rodillos a rótula

Los rodamientos de rodillos a rótula cuentan con dos pistas, por tal razón tienen más elementos que los rodamientos comunes, a continuación, se detallan los diferentes elementos.

- **Anillo flotante:** Es la pieza encargada de mantener los rodillos esféricos en posición de trabajo, no soportan carga alguna.
- **Arandela de bloqueo tuerca de manguito:** Este componente permite ajustar al rodamiento al eje, al cual será ajustado.
- **Tuerca:** Se ajusta el manguito unido al eje, cuanto más se gira la tuerca, el manguito se expande para acomodar la parte inferior del eje, esto determina la carga a soportar en el rodamiento.
- **Manguito:** Es una pieza en forma de buje que, al apretar con una tuerca, cierra el manguito y encaja en el eje.
- **Anillo interno y anillo externo:** Es uno de los principales elementos que componen el rodamiento, y el aro interior es la pieza por la que se desliza el cilindro. El anillo debe lubricarse con frecuencia para reducir la fricción entre los rodillos y el riel. El anillo exterior está parcialmente unido a la máquina o carcasa. Por este anillo también pasan rodillos cilíndricos, cuya finalidad es mantener los rodillos interiores en la misma dirección.
- **Rodillo esférico:** Los rodillos esféricos son el corazón del rodamiento, estos rodillos están en constante movimiento de rotación y su carga se distribuye uniformemente.

- **Pistas de rodadura:** Son el alojamiento de los rodillos, que parecen una canasta, dividiendo uniformemente los rodillos entre los anillos interior y exterior (Zacipa Pinilla, 2019, p.32).

Conocer los elementos más importantes de un rodamiento ayuda a tener una mejor comprensión de la estructura de un rodamiento, por lo cual en la ilustración 6-2 se identifican los tres elementos más importantes como son: el anillo exterior del rodamiento en conjunto con el anillo interior siendo los elementos principales en la composición de un rodamiento y el tercer elemento importante que son los rolos son conocidos como el corazón del rodamiento. Existen varios tipos de rodamientos por lo tanto es de vital importancia reconocer cada uno de sus elementos, en el caso del rodamiento de rodillos a rótula nos ayuda para identificar el tipo de rolo que lleva en medio de sus jaulas, actualmente los rodamientos se van actualizando, incluyendo como un elemento adicional los sellos con la finalidad de proteger a los rolos.

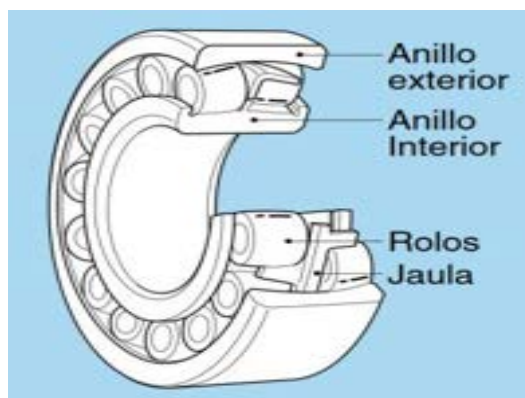


Ilustración 6-2: Elementos de un rodamiento de rodillos a rótula

Fuente: (Zacipa Pinilla, 2019, p.32)

2.7.2. *Características del rodamiento de rodillos a rótula*

- Está diseñado para soportar altos niveles de vibración.
- Gran capacidad de carga.
- La fabricación se base en acero avanzado que es muy limpio y duradero.
- Las tolerancias dimensionales son limitadas.
- Consta de un diseño de jaula especial.
- Kit C4 como estándar (SKF, 2014, p.1).

2.7.3. *Ventajas del rodamiento de rodillos a rótula*

- ✓ Baja temperatura de trabajo.

- ✓ Mayor plazo de arrendamiento.
- ✓ Resistencia mejorada al desgaste y la contaminación.
- ✓ Excelente rendimiento a alta velocidad.
- ✓ Reduce el riesgo de corrosión por fricción e incluye precarga axial (Ringegni 2020, p.4).

2.7.4. *Aplicaciones del rodamiento de rodillos a rótula*

- ✓ Cajas de engranajes
- ✓ Turbinas eólicas
- ✓ Bombas
- ✓ Ventiladores y soplantes
- ✓ Equipos para minería y construcción
- ✓ Equipos para el procesamiento de celulosa y papel
- ✓ Maquinaria naval
- ✓ Equipos para la industria siderúrgica
- ✓ Cajas de grasa para ferrocarriles (SKF, 2017, p.7).

2.8. Modos de falla

Los rodamientos dependiendo al campo de aplicación y al tipo de carga a la cual va a estar sometido presentan diferentes modos de fallas, conocer cada modo de falla nos ayuda para dar una opinión sobre la causa del fallo y determinar una medida precisa para evitar su repetición, a continuación, se detallan cada uno esos modos de fallas.

2.8.1. *Fatiga iniciada en la subsuperficie*

Este tipo de falla es causado por cambios de tensión que se repiten periódicamente, cambios en la estructura del material, micro fisuras debajo de la superficie de apoyo y agrietamiento. Por lo tanto, este modo de falla está relacionado con la cantidad de veces que la carga, la temperatura y el esfuerzo se repiten en el tiempo, lo que resulta en la acumulación de esfuerzos residuales que provocan cambios en la estructura granular orientados aleatoriamente a lo largo del plano de fractura. Provocando que se dañe el rodamiento apenas se produce el descarrillado como se puede apreciar en la ilustración 7-2, pero sin perder su función, el aumento de grietas provoca ruidos y vibraciones en la máquina, por lo que el cojinete debe ser detenido y reemplazado antes de que provoque la falla de otras partes de la máquina. Esto suele ocurrir en rodamientos hechos de acero muy limpio y que funcionan en condiciones muy limpias con buena lubricación (GRUPO SKF, 2017 p.42).



Ilustración 7-2: Descascarillado en la subsuperficie

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.42)

2.8.2. Fatiga iniciada en la superficie

El daño superficial causado por estos defectos se debe básicamente al daño a la rugosidad de la superficie de contacto rodante causado por una lubricación insuficiente. Una mala lubricación tiene varios factores, si la superficie está dañada, por ejemplo, debido a contaminantes sólidos rodantes, la lubricación ya no es óptima y la película de lubricación disminuye o se vuelve insuficiente. Esto provoca micro descamación, generalmente medida en micras, y la superficie se ve opaca y gris como indica la ilustración 8-2, lo cual es difícil identificar grietas o descascarillados.

Para identificar o diagnosticar una falla en la película lubricante, es importante conocer las propiedades, los niveles de uso y las condiciones de operación del lubricante. Las etapas de daño por mala lubricación son la siguiente:

- Rugosidad fina u ondulación
- Pequeñas grietas
- Descascarillado local
- Descascarillado sobre toda la superficie (GRUPO SKF, 2017 p.44).

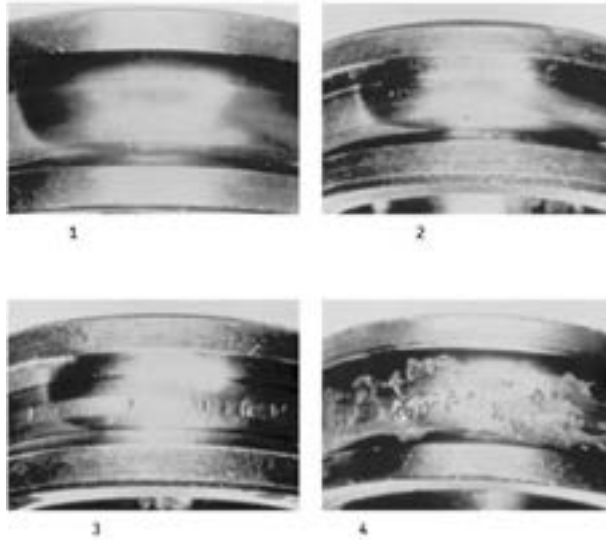


Ilustración 8-2: Fatiga en la superficie del aro interior del rodamiento

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.44)

2.8.3. *Desgaste abrasivo*

Este modo de falla hace que el material falle gradualmente. Un ejemplo sorprendente de este tipo de desgaste se muestra en la ilustración 9-2, causado por una lubricación insuficiente, entrada de partículas contaminantes, inicialmente el rodamiento mostrará muy poco desgaste durante la fase de servicio, el desgaste abrasivo es un proceso degenerativo que destruye el rodamiento. micro geometría, ya que las partículas de desgaste reducen la eficacia del lubricante.

El desgaste abrasivo es un tipo especial de desgaste abrasivo. Una pista de rodamiento nueva es brillante, pero el brillo no es alto. Lubricación insuficiente causada por una fina película de aceite, este aceite en particular actúa como un agente de pulido (GRUPO SKF, 2017 p.46).

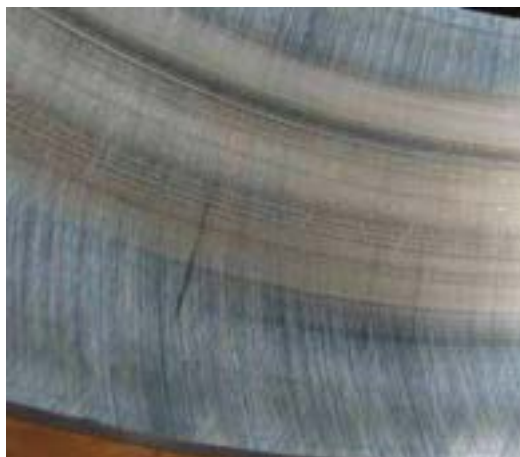


Ilustración 9-2: Desgaste abrasivo en el aro exterior

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.46)

2.8.4. *Desgaste por Adherencias*

El desgaste viscoso se debe a la lubricación que se produce entre dos superficies de contacto relativamente deslizantes. En condiciones normales de funcionamiento, el atascamiento no es común y la velocidad de deslizamiento relativa debe ser mucho mayor que el micro deslizamiento causado por la geometría del rodamiento y la deformación elástica del área de contacto de rodadura.

2.8.4.1. *Adherencias debido a aceleraciones severas*

Bajo ciertas condiciones, los elementos rodantes y las superficies de los cojinetes de rodillos que funcionan a altas velocidades pueden agarrotarse y provocar deslizamientos cuando se aceleran repentinamente. Puede generar suficiente calor para derretir dos superficies a la temperatura del metal - Contactos metálicos. En la ilustración 10-2 se observan las tres zonas críticas que pueden provocar adherencia debido a aceleraciones severas en los rodamientos provocando fallos en las pistas internas y externas del mismo.

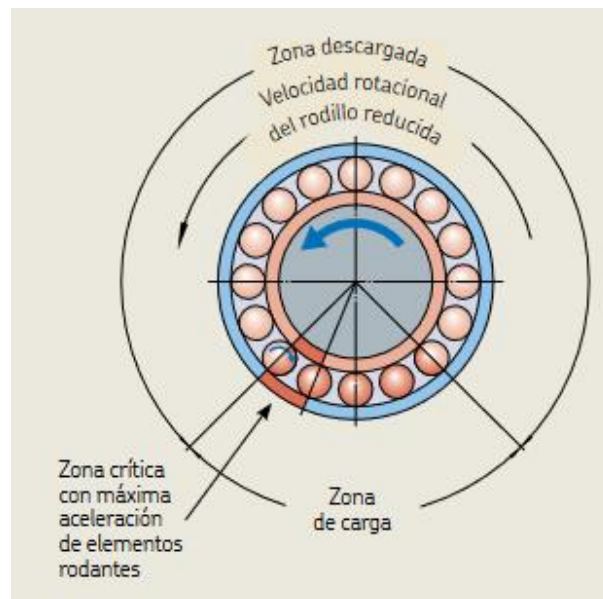


Ilustración 10-2: Riesgo de adherencia en elementos rodantes.

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.47)

2.8.4.2. *Adherencias debido a carga demasiado ligera*

Además, si la carga es demasiado ligera y la velocidad es demasiado alta, se producirá adherencia entre los elementos rodantes y la pista de carreras, lo que provocará daños en la pista de carreras como se muestra en la ilustración 11-2.

Algunas maneras de superar las adherencias son:

- Mayor carga.
- Utilizar cojinetes más pequeños.
- Uso de rodamientos híbridos
- Aplicar una capa protectora.
- Usar diferentes modelos de jaulas
- Comprobar la selección de aceite/grasa (GRUPO SKF, 2017 pp.48-49).

Saber identificar los problemas por adherencia debido a la carga demasiado ligera nos facilita para determinar el efecto de la falla que produce en el rodamiento, el grupo SKF nos ayuda con diferentes soluciones para evitar este tipo de falla en el rodamiento.

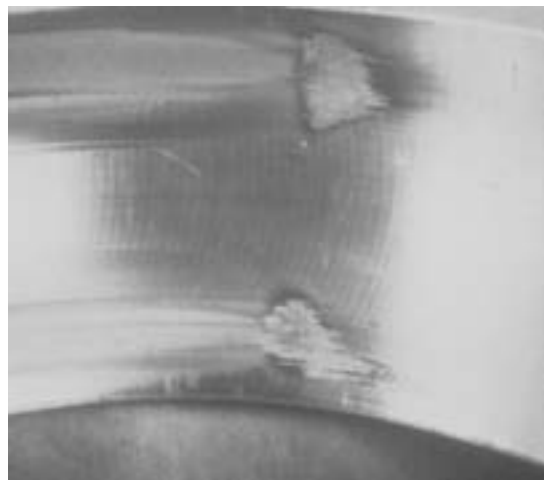


Ilustración 11-2: Adherencias en los caminos de rodadura.

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.48)

2.8.5. Deformación plástica

Las principales consecuencias de la deformación plástica de los cojinetes son la sobrecarga y el hundimiento de escombros sólidos, cada uno de los cuales se describe con más detalle a continuación.

2.8.5.1. Deformación por sobrecarga

La deformación por sobrecarga puede causar la sobrecarga estática, las cargas de impacto o manipulación incorrecta, una mala técnica de montaje como se observa en la figura 12-2 provocando daños o melladuras sobre los caminos de rodadura y los elementos rodantes o si el rodamiento está sometido a carga anormal mientras está estacionario, para poder prevenir este

modo de fallo es necesario la utilización de herramientas y técnicas correcta para un procedimiento de un montaje correcto como en la ilustración 13-2.

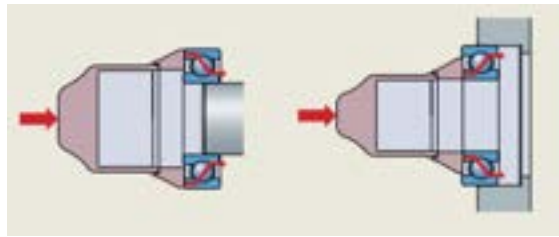


Ilustración 12-2: Deformación por sobrecarga

Fuente: (GRUPO SKF, 2017,p.54)

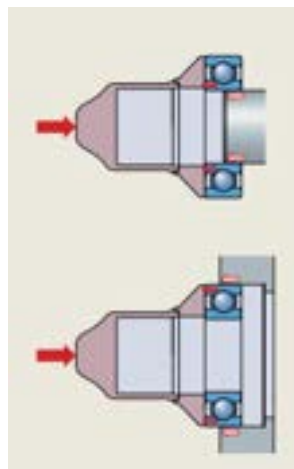


Ilustración 13-2: Montaje correcto

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.54)

La manipulación es fundamental durante la fabricación, el transporte, el almacenamiento y el montaje, y se caracteriza por tensiones localizadas y arañazos visibles de objetos duros o afilados. Los rodamientos de rodillos instalados incorrectamente pueden desarrollar muescas en la trayectoria del aro interior que están lejos del paso de los rodillos, lo que producirá cierto nivel de ruido y vibración cuando se opere en estas condiciones (GRUPO SKF, 2017 p.56).

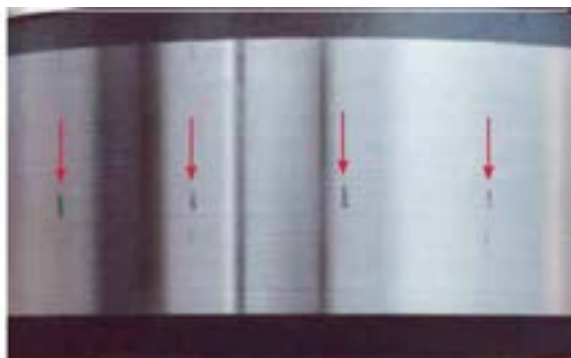


Ilustración 14-2: Aro interior de un rodamiento de rodillos con muescas

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.56)

2.8.5.2. *Indentaciones por restos*

Los contaminantes sólidos son dañinos para los cojinetes montados, pueden contaminar los sellos o los lubricantes y desgastar o dañar las piezas de contacto, como los engranajes. No es necesario que las partículas sean demasiado duras, ya que las partículas blandas pueden causar daños y llegar a un punto en el que la fatiga comienza a provocar el agrietamiento prematuro de las colas de las indentaciones, como se muestra en la ilustración 15-2. En la figura, se requieren lubricantes limpios y un manejo cuidadoso durante el montaje. un factor importante en la prevención de estos errores (GRUPO SKF, 2017 p.58).

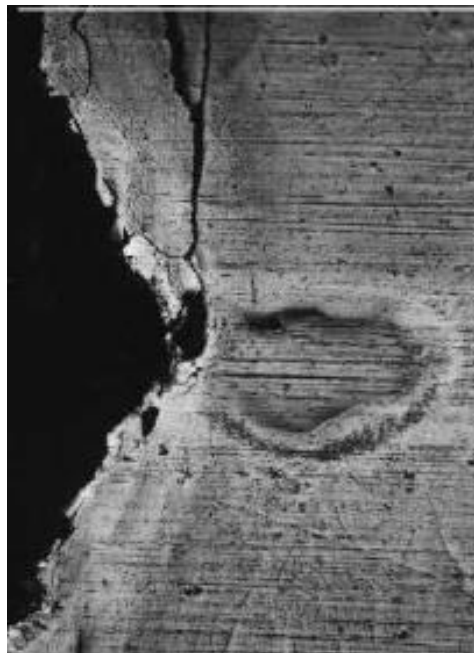


Ilustración 15-2: Descascarillado en un rodamiento

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.58)

2.8.6. *Fracturas y agrietamientos*

Los rodamientos sometidos a altas velocidades de funcionamiento, tensiones y sobrecargas pueden provocar grietas y fisuras térmicas en el anillo exterior del rodamiento. En el peor de los casos, el rodamiento llega al punto de ruptura. Cada caso se detalla a continuación.

2.8.6.1. *Fractura forzada*

Se producen cuando la concentración de tensiones supera la resistencia de las rótulas del material. El uso y la tensión excesivos son dos causas comunes de fracturas por estrés. Esto es causado por grietas finas por el impacto directo del anillo. La resistencia excesiva en el asiento cónico también

puede hacer que el aro interior se rompa cuando el rodamiento se calienta y se instala en un eje sobredimensionado. La ilustración 16-2 indica un claro ejemplo de fractura en el resalte grande del aro del aro.



Ilustración 16-2: Fractura en el resalte grande del aro

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.58)

2.8.6.2. *Fatiga por fractura*

Este modo de falla ocurre cuando se excede la resistencia a la fatiga del material bajo flexión cíclica. La flexión repetida hará que se propague una grieta de línea fina hasta que se forme una grieta completa en el manguito o la jaula. La ilustración 17-2 muestra la falla por fatiga del aro exterior de un rodamiento de rodillos. Esto sucede cuando se monta en un portaequipajes con apoyo insuficiente en el área de carga (GRUPO SKF, 2017 pp.59-60).



Ilustración 17-2: Fractura por fatiga de un aro exterior.

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.59)

2.8.6.3. *Agrietamiento térmico*

Causado por deslizamiento extenso o mala lubricación, alto calor por fricción, grietas perpendiculares a la dirección de deslizamiento. El calor por fricción crea grietas transversales y,

finalmente, el anillo se rompe por completo, como se muestra en la figura 18-2. en la figura, donde se ve la fisura en el borde del aro interior (GRUPO SKF, 2017 p.61).

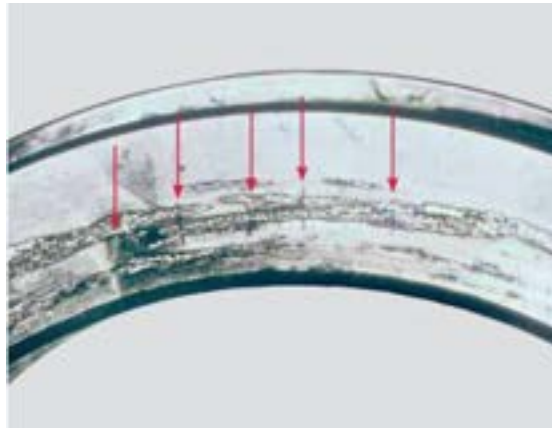


Ilustración 18-2: Grietas térmicas transversales

Fuente: (GRUPO SKF, 2017, p.61)

2.9. Montaje y desmontaje de rodamientos

El montaje y desmontaje se basan en varios aspectos, como las condiciones de trabajo (es importante estudiar la estructura del rodamiento y la secuencia de montaje de varias partes durante la etapa de trabajo), el tratamiento de los rodamientos antes del montaje (como los inhibidores de corrosión del aceite y conservantes con aceite base aceite mineral y grasa son compatibles y miscibles, se debe quitar la protección anticorrosiva del cono del rodamiento antes del montaje para garantizar la fijación segura del rodamiento al eje o casquillo, limpiar durante el montaje (el rodamiento debe estar protegido del polvo y la humedad, el polvo más pequeño puede dañar la pista de carreras, es importante mantener el área de montaje libre de polvo y completamente seca, como en la limpieza del eje, la precisión de las piezas adyacentes (verificar antes del montaje para verificar tamaño y forma), fuera de tolerancia en las carcasas, las carcasas y los ejes no redondos pueden causar fallas prematuras en los rodamientos (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018 p.66).

2.10. Técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos

No todos los rodamientos pueden montarse de la misma manera, la cual se distingue entre procedimientos mecánicos, hidráulicos y térmicos. En caso de rodamientos no despiezables la fuerza debe aplicarse siempre en el anillo ajustado. En los rodamientos despiezables, el montaje es más sencillo ya que ambos anillos se pueden montar separado, un pequeño movimiento de giro durante el montaje ayudará a evitar la formación de estrías, en las ilustraciones 19-2 y 20-2 se aprecian el montaje de rodamientos despiezables y no despiezables.

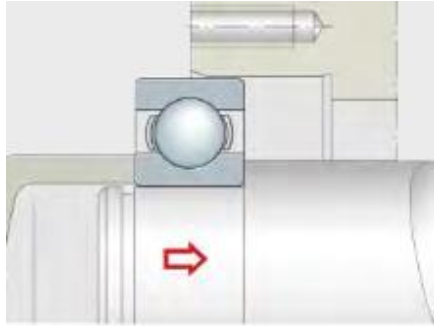


Ilustración 19-2: Montaje de un rodamiento no despiezable

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.68)

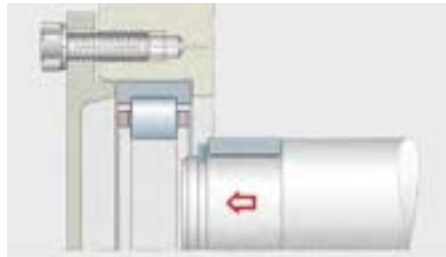


Ilustración 20-2: Montaje de rodamiento despiezable

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018), p.68

2.10.1. Montaje mecánico

Los rodamientos pequeños se pueden instalar mecánicamente y, si la carcasa no está muy apretada, se debe considerar el uso de las herramientas y técnicas correctas para evitar errores.

2.10.1.1. Montaje en asientos cilíndricos

Los rodamientos con diámetros inferiores a 80 mm con un asiento cilíndricos se pueden montar a presión sobre eje mediante una prensa hidráulica o mecánica.



Ilustración 21-2: Montaje mediante prensa hidráulica

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.59)

Los rodamientos con un diámetro interior inferior a 50 mm también se pueden montar en el eje mediante un casquillo de montaje de aluminio, y el anillo de montaje está hecho de plástico y

transfiere la potencia mediante un ajuste de interferencia, al igual que los manguitos, las ilustraciones 21-2 y 22-2 muestran varias técnicas de montar un rodamiento. En la primera ilustración lo hace mediante una prensa hidráulica y la otra por un casquillo de montaje. (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, pp.68-69)

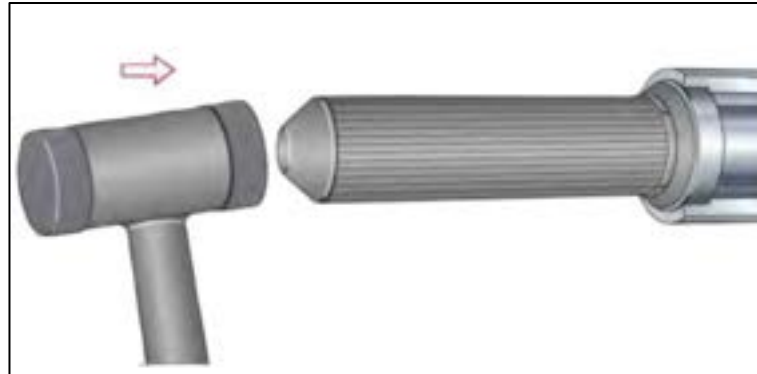


Ilustración 22-2: Montaje con casquillo de montaje

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.67)

2.10.1.2. Llave de gancho

Se utilizan para apretar o aflojar tuercas en ejes, casquillos adaptadores o casquillos extraíbles. Con esta herramienta, se pueden instalar rodamientos de tamaño pequeño y mediano en ejes cónicos, casquillos adaptadores o casquillos extraíbles.



Ilustración 23-2: Llave de gancho

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.70)

2.10.1.3. Llave de doble gancho

Juego de llaves de doble gancho para instalar rodamientos pequeños de bolas y de rodillos de diámetro reducido a través de un buje adaptador, cada llave tiene un ángulo de giro para un ajuste

fino. Medir el juego radial es importante en este tipo de ensamblaje, pero normalmente es difícil de medir en dimensiones estrechas, por lo que el método para ajustar el juego radial es el siguiente:

- Se ajusta ligeramente la tuerca aplicando un par de apriete definido con ello se consigue la posición inicial exactamente.
- Después de realizar el anterior paso se ajusta con precisión el juego radial, apretando la tuerca estriada aplicando un ángulo definido, como resultado se da una disminución del juego radial de un 60 % hasta un 70%. (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018 pp.70-71)

La ilustración 24-2 muestra un ejemplo muy claro de cómo se utiliza la llave de doble gancho para realizar el procedimiento de montaje de los rodamientos.



Ilustración 24-2: Montaje mediante llaves de doble gancho

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.71)

2.10.1.4. Tuerca de eje con tornillos de presión

En rodamientos más grandes, se requiere fuerza para apretar la tuerca. En tales casos, una tuerca de eje con un perno de compresión ayuda a simplificar la instalación. Se debe colocar un anillo para separar la tuerca del manguito y así evitar daños en el manguito. Para evitar que el cojinete o el buje se incline, apriete la tuerca hasta que el anillo de montaje se detenga y encaje por completo, la ilustración 25-2 muestra hasta donde se debe realizar el apriete.

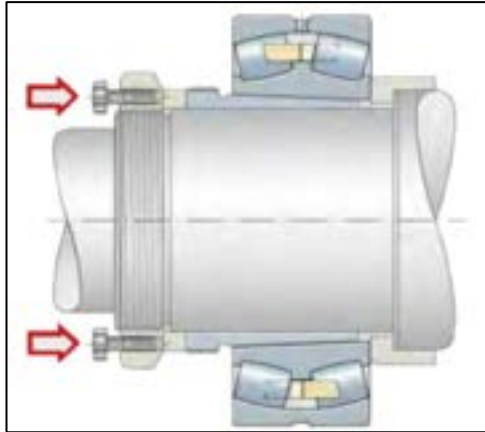


Ilustración 25-2: Montaje con tuerca de eje con tornillos de presión

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.72)

2.10.2. Montaje térmico

Los rodamientos de diámetro interior cilíndrico deben precalentarse antes de la instalación. La temperatura requerida para el montaje debe ser de 120 grados centígrados, para no cambiar la estructura y dureza del rodamiento. Los rodamientos con soportes de poliamida reforzada con fibra de vidrio y los rodamientos aceitados deben calentarse a 80 °C durante el proceso de montaje. Para este tipo de montaje se utiliza las diferentes herramientas tales como:

2.10.2.1. Dispositivo de calentamiento por inducción

Los rodamientos se calientan de forma rápida, segura y limpia a la temperatura de montaje utilizando dispositivos de calentamiento por inducción, que son especialmente adecuados para el montaje en tándem, con esta herramienta es posible calentar cualquier tipo de rodamiento, en la ilustración 26-2 se visualiza el dispositivo que se utiliza para el calentamiento por inducción.



Ilustración 26-2: Dispositivo de calentamiento por inducción

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.74)

- **Placa de calentamiento:** Para los rodamientos de diámetros pequeños se calientan sobre placas de calentamiento con regulador de temperatura, mediante el calor de contacto. Es importante asegurar el calentamiento homogéneo del rodamiento, para este procedimiento se coloca un anillo o un disco entre la placa de calentamiento sin regulador de temperatura y el anillo interior del rodamiento con jaula de poliamida.



Ilustración 27-2: Placa de calentamiento

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.75)

- **Baño de aceite:** Los cojinetes, excepto los cojinetes de aceite sellados y los cojinetes de empuje, se pueden calentar en un baño de aceite con un punto de inflamación de 250 grados Celsius, lo que requiere el uso de un termostato con un rango de temperatura de 80 a 120 grados Celsius para garantizar un calentamiento uniforme en un estante para permitir que el aceite se drene, la forma más segura es usar un gabinete de calentamiento (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018 pp.73-76).

2.10.3. Montaje hidráulico

En el montaje hidráulico se puede aplicar bastante fuerza, este tipo de montaje es indicado para montar rodamientos grandes con agujero cónico. Como herramientas de montaje se usan tuercas hidráulicas, inyector de aceite, bombas manuales.

- **Tuerca hidráulica:** esta herramienta permite el montaje a presión en su asiento de componentes con agujero cónico, este se compone de un embolo anular y un cuerpo de prensa, la rosca interior es según el tamaño, ya sea una rosca métrica de precisión o una rosca trapezoidal, la ilustración 28-2 que se muestra a continuación es un ejemplo del procedimiento para el montaje mediante una tuerca hidráulica.

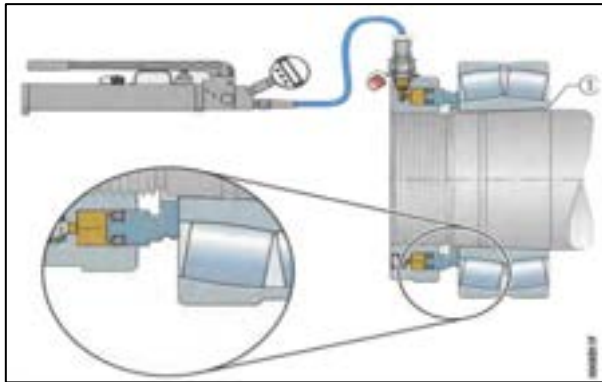


Ilustración 28-2: Montaje de un rodamiento por tuerca hidráulica

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.78)

- Método de inyección de aceite:** En este método se inyecta aceite entre las superficies de ajuste, es utilizada en montaje de grandes rodamientos con agujero cónico en ejes cónicos o en manguitos de fijación o de desmontaje. La película de aceite separa prácticamente las superficies de contacto permitiendo que se deslicen unas con otras sin mucho esfuerzo como se puede observar en la ilustración 29-2. Es necesario prever las ranuras y conducciones de alimentación para la inyección de aceite y las roscas apropiadas para la conexión de los dispositivos de presión. Una vez evacuado el aceite a presión, puede tardar entre 10 a 30 minutos, durante ese tiempo se debe seguir actuando la precarga axial, después de ese paso se retira para atornillar y asegurar la tuerca de fijación o la tuerca estriada, como se muestra en la ilustración 29-2 el principio de montaje hidráulico produce la formación de una película líquida de aceite.

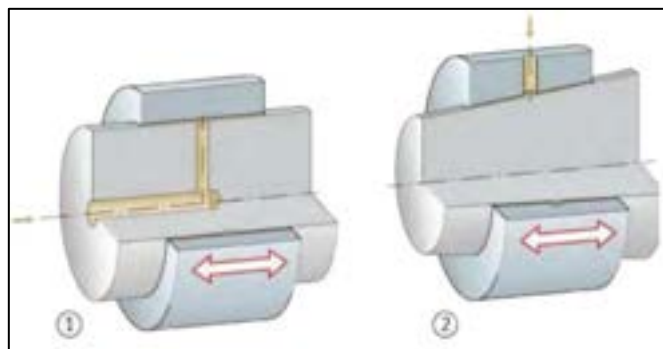


Ilustración 29-2: Principio de montaje hidráulico

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.79)

- Manguito de desmontaje:** En el asiento del rodamiento sobre el manguito de desmontaje, el aceite se inyecta entre las superficies de aceite y el manguito de desmontaje se monta a presión mediante tornillos o una tuerca en el agujero del rodamiento, el aceite es conducido por la tuerca al eje como se puede visualizar en la ilustración 30-2.

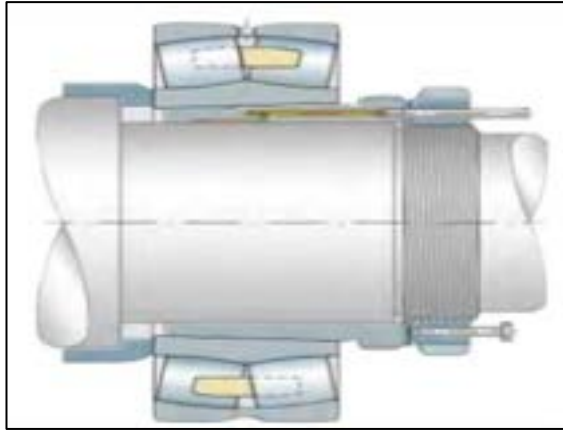


Ilustración 30-2: Asiento en el manguito de desmontaje

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.80)

- **Manguito de fijación:** Se inyecta aceite en la carcasa del buje adaptador entre la superficie de contacto y el rodamiento. Este proceso se muestra en la Figura 31-2. en la figura, presionándolo en el casquillo adaptador a través de un tornillo o tuerca, midiendo el tiempo de reducción del juego radial (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018 pp.78-81).

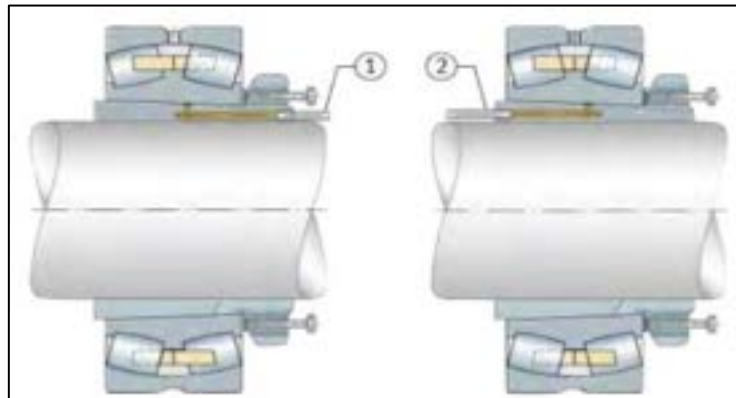


Ilustración 31-2: Asiento en el manguito de fijación

Fuente: (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018, p.80)

2.11. Requerimientos de diseño y construcción

2.11.1. Acero AISI 4130

El acero AISI 4130 está compuesto por carbono y elementos de aleación (Cr-Mo), estas aleaciones le proveen al material una alta templabilidad debido al ciclo térmico generado durante la soldadura, el acero AISI 4130 es uno de los materiales históricamente empleados en la industria por su buena combinación de alta resistencia y buena tenacidad en condición de temple y revenido (TR). Sin embargo, su soldabilidad es limitada debido al contenido de carbono, la tabla 2-1 indica la composición química del material AISI 4130.

Tabla 4-2: Composición química del acero AISI 4130

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACERO AISI 4130						
AISI	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%S
4130	0,28-0,33	0,15-0,30	0,40-0,60	0,80-1.10	0,15-0,25	0,040

Fuente: (Cholango Gavilanes y Zapata Cautullin 2020)

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Aplicaciones**

Gracias a su composición química y diversas propiedades mecánicas, este tipo de acero puede soportar altas cargas y fuerzas de tracción, por lo que se utiliza para piezas grandes, árboles de levas, engranajes, piezas de chasis etc.(Cholango Gavilanes y Zapata Cautullin 2020, p.2)

2.11.2. *Proceso de soldadura SMAW*

Es un proceso de unión por fusión de piezas metálicas. Para lograr la unión se concentra el calor de un arco eléctrico establecido entre los bordes de las piezas y una varilla metálica, produciendo una zona de fusión que al solidificarse forma la unión permanente.

Ventajas

- Bajo coste, flexibilidad y versatilidad gracias a los procesos de soldadura más habituales.
- No se requiere protección adicional de metal (gas).
- Se puede utilizar en la mayoría de las aleaciones y metales.
- Es un proceso muy manejable, ya que es fácil de mover y transportar, útil para el trabajo de campo ya que hay pocos accesorios o equipos adicionales (Jiménez, 2017, p.38).

2.11.3. *Metodología QFD*

La metodología QFD tiene como prioridad interpretar, clasificar y evaluar los diferentes requerimientos para obtener la mejor opción de diseño. (Lazaro Alemán, Manrique Galdos, 2022, p.23) “El Quality Funtion Deployment (QFD) fue desarrollado por ingenieros japoneses con la finalidad de garantizar la calidad del producto en la fase del diseño antes de su concepción”.

Está metodología ha demostrado ser la mejor opción para garantizar un producto terminado de calidad, (Gasca, Torres y Cortés, 2016, p.48) manifiesta que “la metodología QFD permite tener en cuenta la opción de los usuarios acerca de un producto antes de su construcción y que ha

demostrado ser una herramienta eficaz logrando tomar en cuenta los factores como los costos, la estética, el control intuitivo o amigable que hacen estos módulos agradables al consumidor aumentando o incentivando su uso por personal sin conocimiento técnico avanzado”.

2.11.3.1. Beneficios de la metodología QFD

La metodología QFD con el campo de la ingeniería es muy poderosa en el diseño y revisión de productos, que permiten cumplir con los requisitos de los clientes mediante el despliegue de estos a través de las diferentes fases del desarrollo de nuevos productos. Esta metodología ha ganado gran relevancia en distintos sectores de la industria, logrando encontrar la mejor estrategia para satisfacer las necesidades del cliente, de acuerdo con sus requerimientos vamos optimizando el proceso de producción. Los beneficios del QFD incluye un diseño de producto superior, el potencial por el avance de innovaciones, ciclos de diseño más cortos con menos cambios de ingeniería, menores costos de proyectos y productos y, lo más importante, clientes satisfechos (Abraham y Castro 2020, p.21).

2.11.4. Acero ASTM A36

El acero ASTM A36 es un acero de bajo contenido de carbono que carece de elementos de aleación, el cual debido a sus propiedades es utilizado para múltiples aplicaciones como construcción de maquinaria, construcción de herramientas, estructuras para edificios, construcción de piezas para usos generales, Además, este acero posee buena soldabilidad, tiene buena relación resistencia/precio, se puede cortar por llama sin que haya endurecimiento y es fácil de conseguir (PANTOJA y ORTEGA 2022, p.28).

La composición química para una plancha de mayor a 40 mm de espesor y menor a 100 mm es la siguiente:

- Carbono (C) 0,28 %
- Silicio (Si) 0,40 %
- Manganeso (Mn) 0,90-0,91 %
- Fosforo (P) 0,04 %
- Azufre (S) 0,05 %
- Cobre (Cu) 0,20 %

CAPITULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS

En este capítulo se hablará sobre los requerimientos para el diseño y los parámetros de construcción de módulo, se realizará en primer lugar la metodología QFD así para obtener una mejor alternativa en función, precio, calidad y necesidad en el diseño, así como el cálculo de tolerancias y cargas. Para posteriormente construir el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos seguido de una guía de laboratorio para realizar las prácticas correspondientes con diferentes tipos de rodamientos.

3.1. Localización

El módulo de montaje y desmontaje de rodamientos beneficiará al Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que surge con la necesidad para los estudiantes realicen este tipo de prácticas de laboratorio de montaje y desmontaje de rodamientos logrando fortalecer al laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

Con las coordenadas:

- -1.659333
- -78.6777094



Ilustración 32-3: Localización del laboratorio de mantenimiento correctivo.

Fuente: (Google Map, 2022)

3.2. Metodología de diseño

Para realizar esta metodología se realizará desde el punto de partida de la ingeniería concurrente la cual permite obtener un producto óptimo y eficaz, mediante la utilización de 4 etapas que son las definiciones del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y el diseño de detalle, la que se indica en el siguiente esquema.

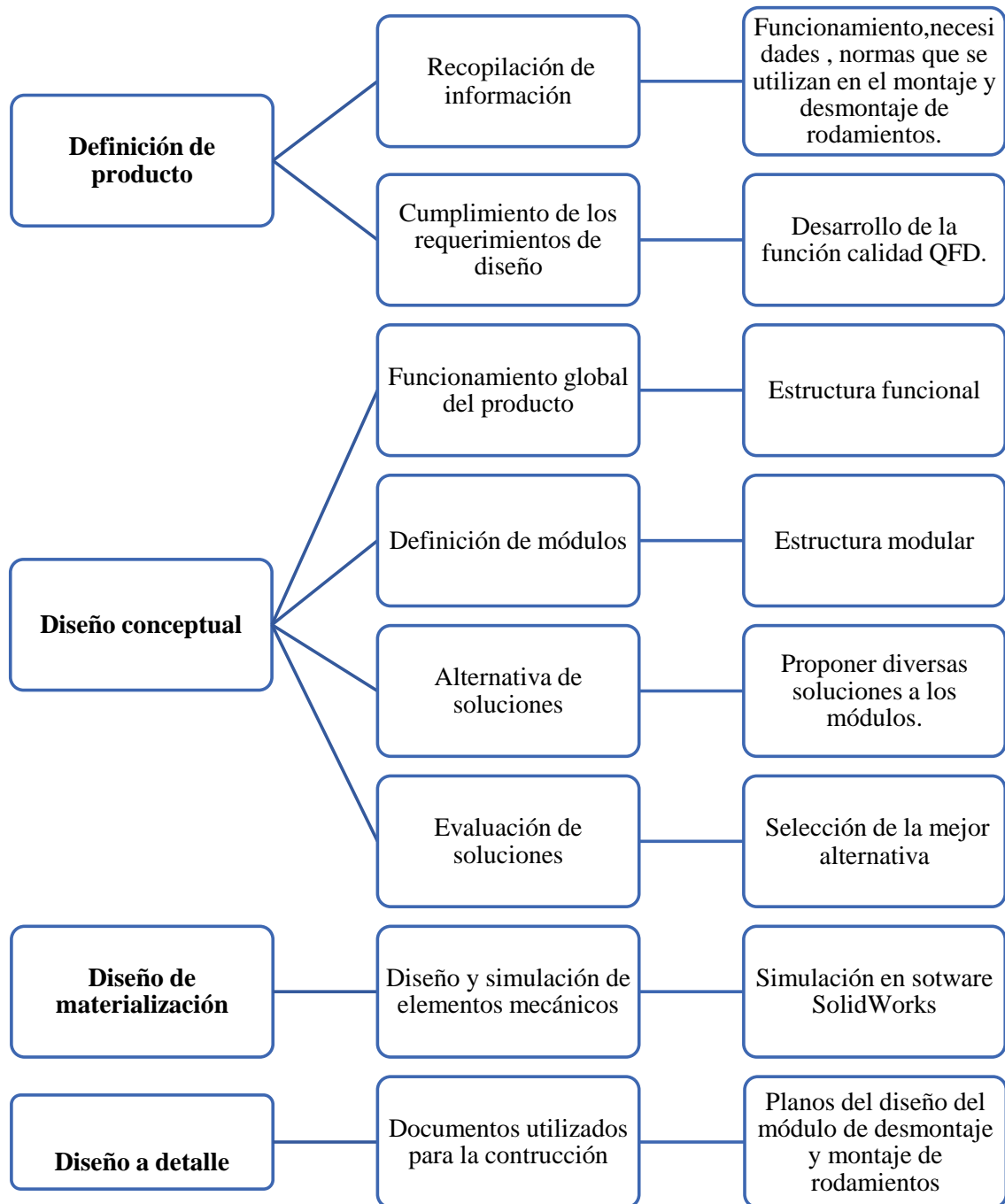


Ilustración 33-3: Esquema de las 4 etapas de la metodología QFD

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.3. Definición del producto

Como se indicó en el marco teórico, es necesario tener un módulo de montaje y desmontaje de rodamientos para poner en práctica los diferentes tipos de técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos; la construcción de este módulo permitirá aplicar las técnicas mencionadas en el capítulo 2.

3.3.1. Desarrollo de la función de calidad QFD

Con este método se realiza un análisis de los problemas, necesidades y posibles soluciones, con un criterio ingenieril permitiendo la obtención de un producto innovador y que se ajuste a las necesidades del consumidor.

A continuación, se identifica las necesidades de los clientes(estudiantes):

- Didáctico.
- Móvil.
- Liviano.
- Espacio requerido.

Demandas básicas:

- Económico.
- Seguro.
- Ergonómico.
- Fácil de mantenimiento.

Según las necesidades se puede concluir con las diferentes técnicas:

- Precio accesible.
- Ergonomía.
- Dimensiones del módulo.
- Mecanismo de apriete.
- Dimensión del eje.
- Dimensión de los rodamientos.
- Tipos de rodamientos para las prácticas.

La casa de calidad permite hacer un análisis de las necesidades de los consumidores que en este caso son los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial según los criterios del ingeniero

asegurando cumplir los requerimientos establecidos sobre el módulo, en la ilustración 34-3 se observa la casa de calidad y en el anexo A se encuentra el análisis, el anexo J muestra la encuesta realizada a los estudiantes para obtener los requerimientos necesarios para el análisis mediante la casa de calidad.

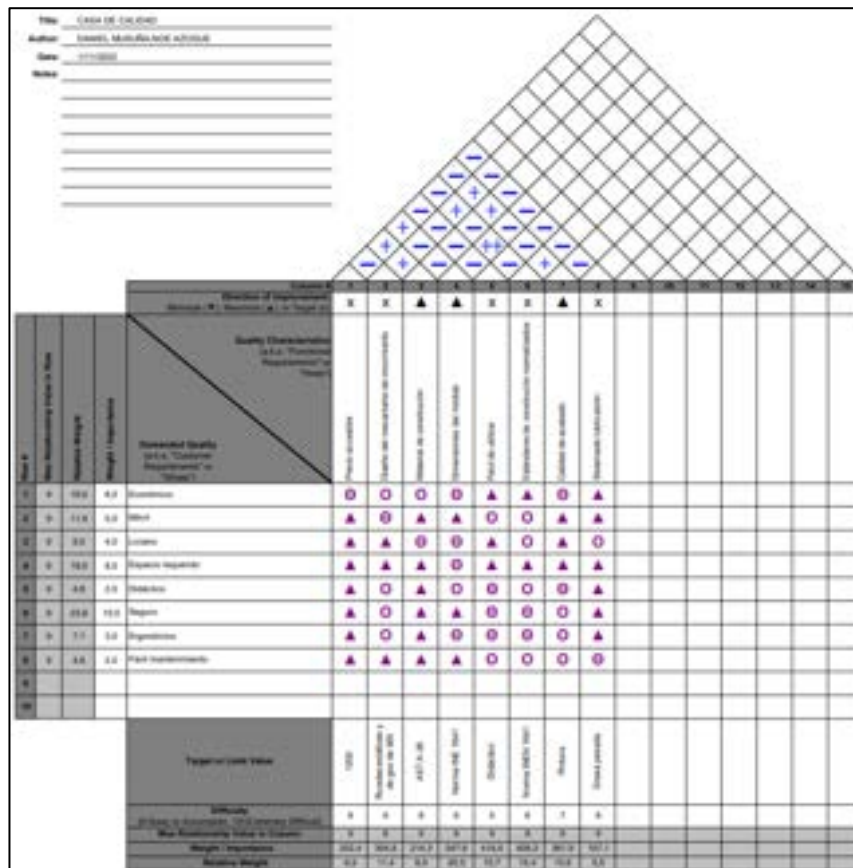


Ilustración 34-3: Casa de calidad.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.3.2. Resultados de la casa de calidad

Mediante el estudio realizado en la casa de calidad, se observa los requerimientos más relevantes que influenciarán en el diseño del módulo como es el precio, ergonomía y el mecanismo de apriete los cuales se detallan a continuación:

3.3.2.1. Precio

El precio de construcción del módulo debe ser acorde a los requerimientos de diseño y funcionalidad, permitiendo obtener una ventaja frente a otros módulos existentes en el mercado, los costos directos e indirectos son aquellos que influyen en el precio total luego de terminar de construir en su totalidad el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

3.3.2.2. Ergonomía

La ergonomía es una característica importante que debe tener cualquier máquina en la parte del diseño permitiendo un mejor desempeño al operador(estudiante) al tener confort en la zona de trabajo.

3.3.2.3. Mecanismo de apriete

El mecanismo de apriete para este módulo se tomó como una referencia al mecanismo del portaherramientas del torno, su función en el módulo básicamente es permitir que gire y se enclave en cada posición, es de fácil diseño y construcción consta de resortes y una esfera de acero, permitiendo una sencilla manipulación del módulo.

3.4. Diseño conceptual

En esta etapa nos permite centrar en los requerimientos y las especificaciones, generando soluciones mediante alternativas propuestas realizando un análisis de la solución más viable.

3.4.1. Análisis de la estructura funcional

El análisis de la estructura funcional nos da a conocer de forma general el funcionamiento del módulo, esta estructura es importante en la realización del análisis de la estructura modular.

3.4.1.1. Estructura funcional

En esta parte indica de forma general la función que cumple el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, como la parte inicial(entradas) tenemos los rodamientos y la energía cinética (fuerza humana) para poder realizar el montaje del rodamiento y como salida tenemos los resultados de las tolerancias admisibles de un correcto montaje.

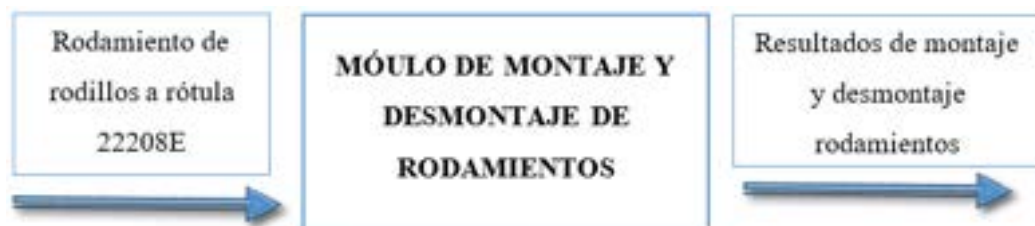


Ilustración 35-3: Descripción del proceso del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.4.2. Análisis de la estructura modular

Este análisis permite conocer de manera específica todos los procesos para cumplir con la función del módulo, en este punto se pueden dividir en 2 niveles, el primero donde se detalla de forma no tan específica, y en el segundo nivel se detalla de forma más precisa y específica los procedimientos para el montaje y desmontaje de rodamientos.

- **Nivel 1**

En la ilustración 36-3 se indica el nivel 1 el cual detalla de manera específica el proceso que realiza el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

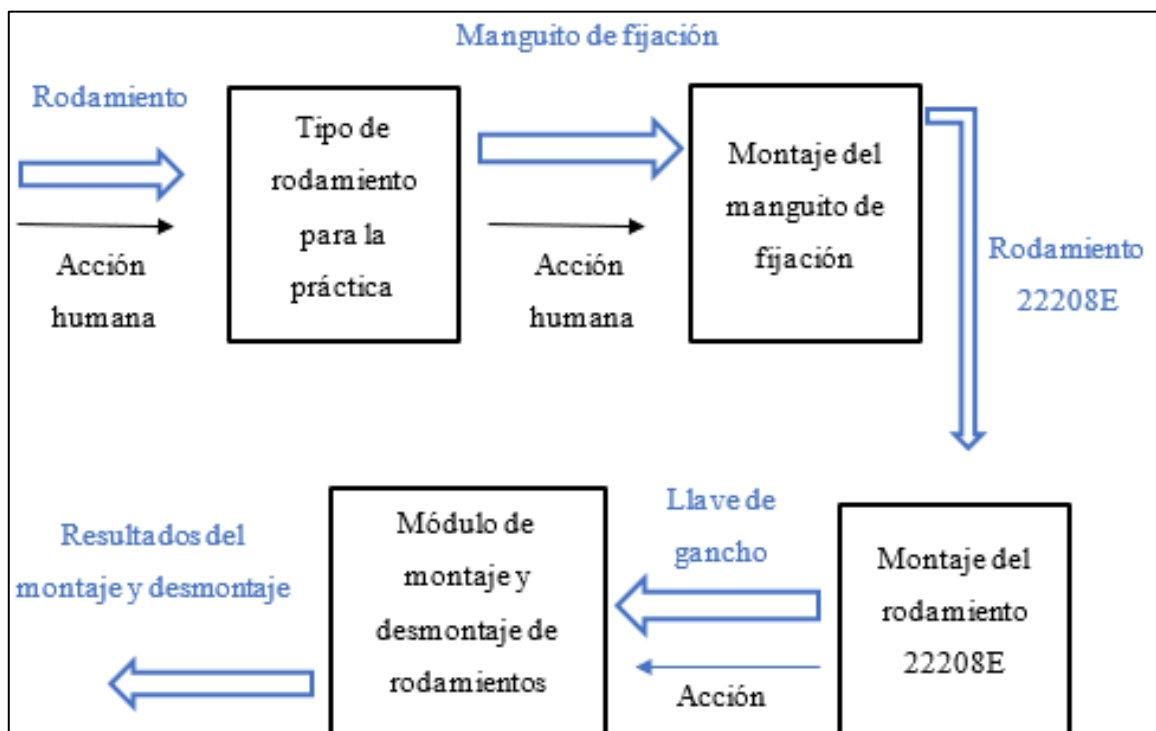


Ilustración 36-3: Proceso de montaje y desmontaje de rodamiento.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Nivel 2**

En este nivel se indica de forma más específica sobre todos los procesos que realiza el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos. En la ilustración 37-3 se muestra los pasos a seguir por los técnicos encargados de las actividades de montaje y desmontaje.

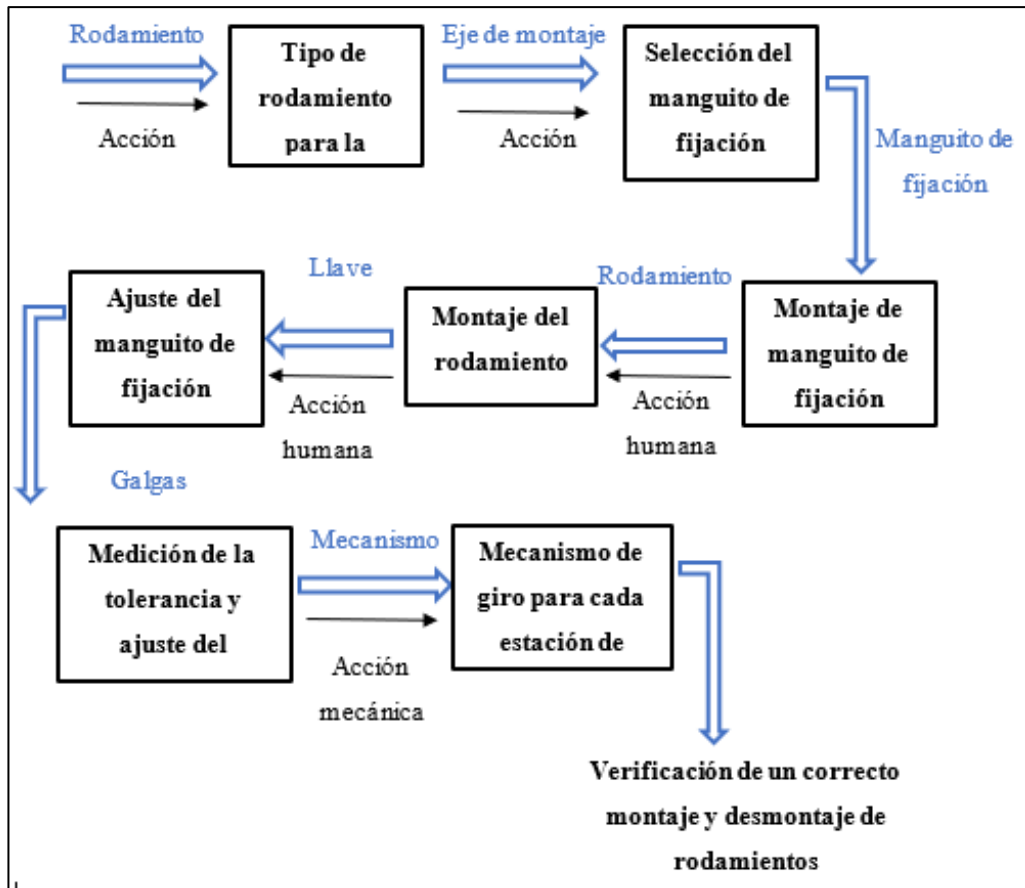


Ilustración 37-3: Proceso detallado del montaje y desmontaje de rodamientos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.4.2.1. Análisis de alternativas

Para este módulo se considera parámetros importantes en esta parte inicial: Eje de montaje, puesto de trabajo, mecanismo de apriete.

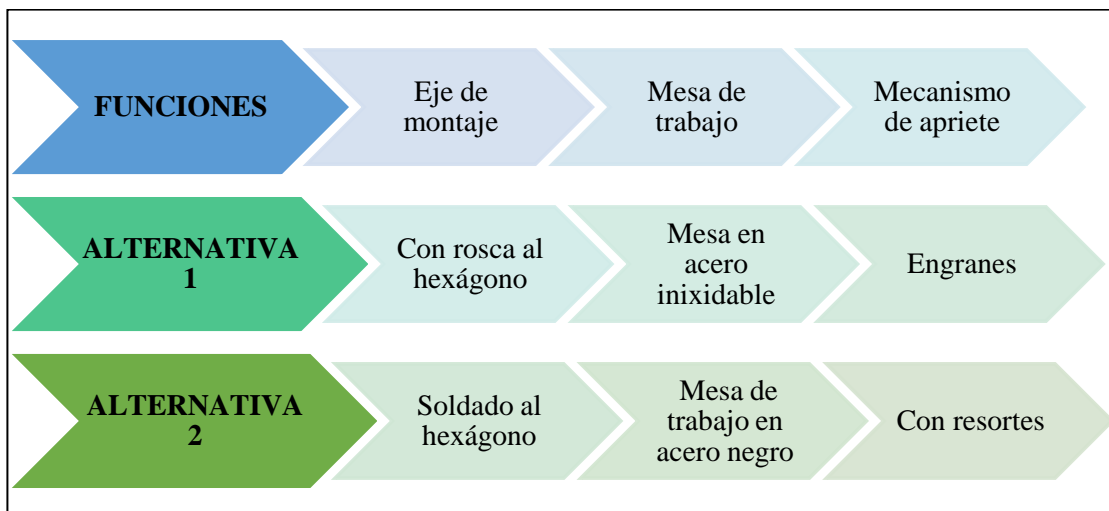


Ilustración 38-3: Detalle del análisis de las alternativas

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.4.2.2. Eje de montaje

El eje de montaje es importante para este módulo es donde se va a montar el manguito de fijación y posteriormente el rodamiento; en la siguiente tabla 5-3 se indica las ventajas y desventajas:

Tabla 5-3: Alternativas para el eje de montaje.

Elemento	Tipo	Ventajas	Desventajas
Eje de montaje	Eje soldado	Puede soportar grandes cargas.	No puede ser reemplazo con facilidad.
		Fácil construcción	
	Eje con rosca	Reemplazo fácil	Difícil construcción
			No soporta cargas muy altas.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.4.2.3. Mesa de trabajo

La mesa de trabajo es importante, ya que es la estructura donde va a estar el mecanismo de apriete y los ejes, donde se va a montar los rodamientos, así también ayudando a una mejor seguridad y ergonomía durante la utilización de este módulo que va a estar bajo la norma INEN 1646.

Tabla 6-3: Alternativas para la mesa de trabajo.

Elemento	Material	Ventajas	Desventajas
Mesa de trabajo	Acero negro	Costo mínimo	Propenso al óxido
		Fácil adquisición	
	Acero inoxidable	Desgaste mínimo	Costo elevado
			Difícil de mecanizar

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.4.2.4. Mecanismo de apriete

Este mecanismo de apriete es importante en el módulo, ya que permite que gire el hexágono alrededor del eje de rotación y se enclave en cada posición para su respectiva práctica.

Tabla 7-3: Alternativas para el mecanismo de apriete.

Elemento	Tipo	Ventajas	Desventajas
Mecanismo de apriete	Con engranes	Mayor Durabilidad	Son costosos
		Tienen un bajo mantenimiento	Difícil de fabricar
	Con resortes	Generan altas cargas con poca deflexión	Resistencia de tracción mínima
		Costos bajos	

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.4.2.5. Análisis de alternativas

Mediante las alternativas presentadas en las siguientes tablas 8-3, 9-3, 10-3, 11-3, se realizó una evaluación tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Costo
- Fácil fabricación
- Durabilidad

Tabla 8-3: Evaluación de criterios alternativa 1

	Costos	Durabilidad	Facilidad de fabricación	$\pm\sum+1$	Ponderación
Costos		0.8	1	2.8	0.424242424
Durabilidad	1		0	2	0.303030303
Fácil de fabricación	0.8	0		1.8	0.272727273
total				6.6	1

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Tabla 9-3: Evaluación de criterios para costos.

Costos	Alternativa 1	Alternativa 2	$\pm\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.428571429
Alternativa 2	1		2	0.571428571
Total			3.5	1

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Tabla 10-3: Evaluación de criterios para durabilidad

Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\pm\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.428571429
Alternativa 2	1		2	0.571428571
Total			3.5	1

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Tabla 11-3: Evaluación para la fácil construcción.

Facilidad de fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\pm\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.428571429
Alternativa 2	1		2	0.571428571
Total			3.5	1

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Mediante el análisis de los diferentes criterios tomados anteriormente es más viable la construcción del módulo con la alternativa 2

Tabla 12-3: Conclusión evaluación de criterios alternativa 2.

Conclusión	Costos	Durabilidad	Fácil construcción	$\pm\sum+1$	Ponderación
Alternativa 1	0.42857143	0.428571429	0.428571429	2.42857136	0.472222235
Alternativa 2	0.5714285	0.5714285	0.5714285	2.7142855	0.527777765
Total				5.14285686	1

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5. Diseño de materialización

En este punto se realiza un esquema general, de cómo va a constar el módulo a construir, para posteriormente realizar el moldeado de cada elemento y con sus respectivos cálculos si en caso lo amerita, así como si la selección del mecanismo viable para la construcción de este módulo.

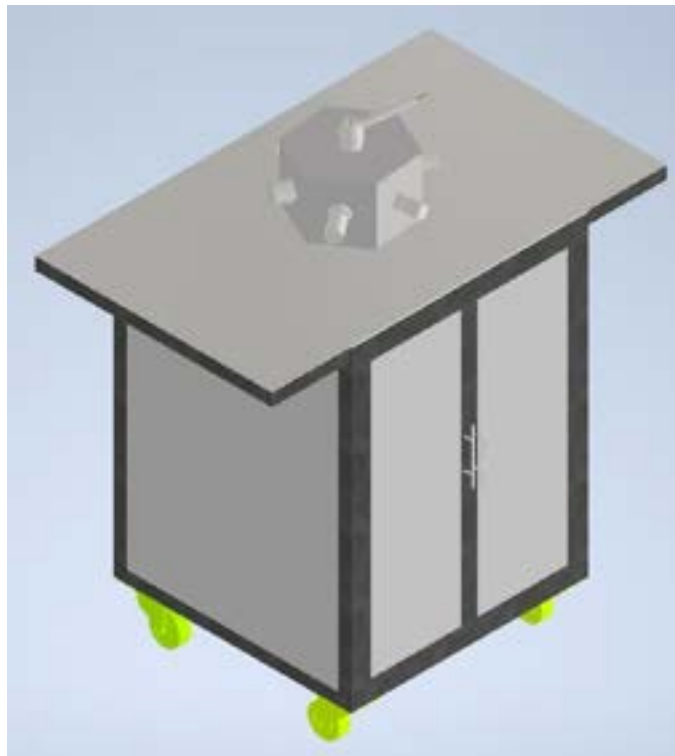


Ilustración 39-3: Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.1. Diseño de la estructura modular

La estructura del módulo es aquella que soporta todo el peso del mecanismo de apriete y el hexágono, por lo cual esta estructura no presenta esfuerzos de tracción, torsión y flexión si no solo de compresión por lo que se ha optado por seleccionar un tipo de perfil cuadrado de 38x38x2 mm y sobre la misma una plancha de acero negro de 2mm, en la ilustración 39-3 se observa la estructura del módulo.



Ilustración 40-3: Estructura del bastidor.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.2. *Análisis de la estructura mediante ANSYS*

Para el análisis de la carga de la estructura se utilizó el método de elementos finitos. Se considero la fuerza que interactúa en la superficie la cual viene hacer el hexágono con todo sus ejes y rodamientos, dicha fuerza es de 178,05 N.

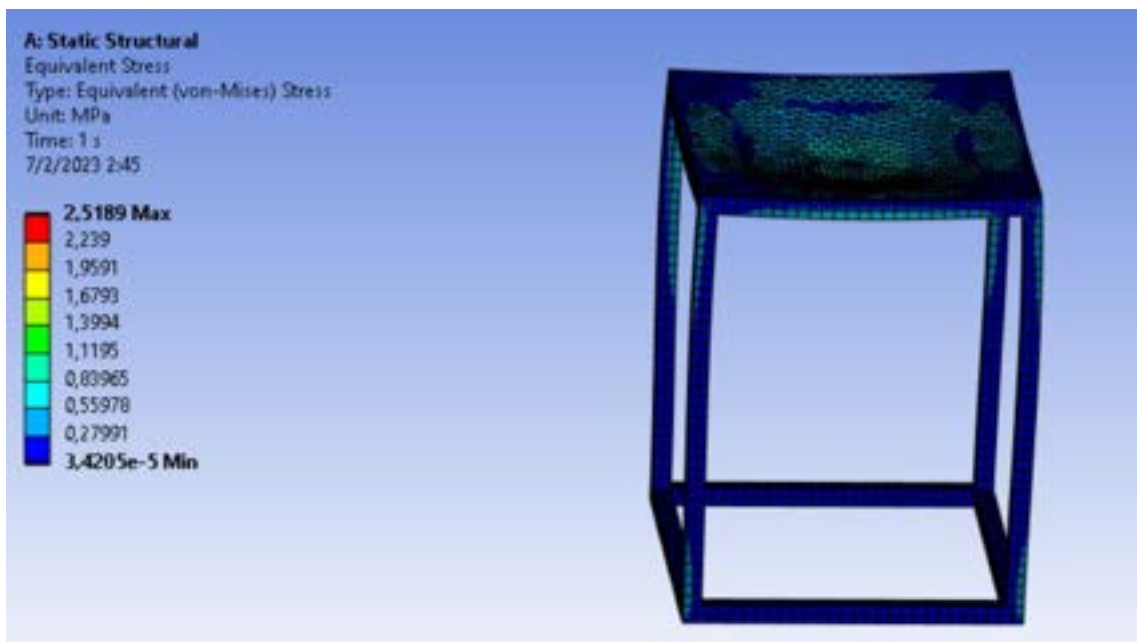


Ilustración 41-3: Análisis de fallo de la estructura por Von Mises.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

El análisis se basa en la teoría de Von Mises, la cual trata de un criterio de falla en piezas estáticas. El límite elástico del acero estructural es de 250 MPa y el obtenido al terminar la simulación es de 2,5189 MPa como se observa en la ilustración 41-3. Este resultado está por debajo del límite elástico del material, lo cual asegura que la estructura del módulo soporte el peso del hexágono.

Luego se realiza el análisis de la deformación total en los perfiles cuadrados que componen la estructura. La simulación permite observar el valor de la deformación de las piezas y verificar su rigidez. la deformación máxima presentada es de 0,02665 mm en el centro de la plancha de acero, mientras que los perfiles cuadrados se observa una deformación de 0,002961 mm. Los valores obtenidos son muy bajos por lo tanto la estructura puede considerarse como rígida.

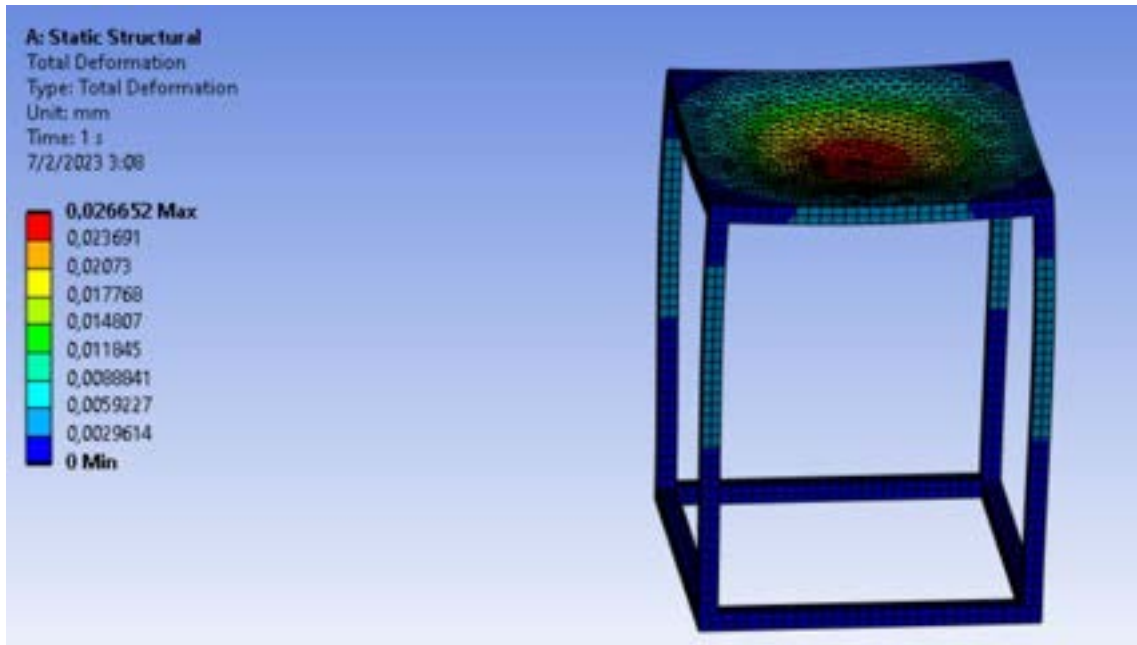


Ilustración 42-3: Análisis de deformación total de la estructura.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.3. Cálculo del coeficiente de seguridad en los elementos de la estructura

Los elementos críticos que se considera en la estructura, es el perfil cuadrado de 800 mm, el cual presenta una mayor carga, soportando todo el peso y es propenso a la deformación, como se indica en la ilustración 40-3 se observa el diagrama de reacciones con una fuerza de 178,05N.

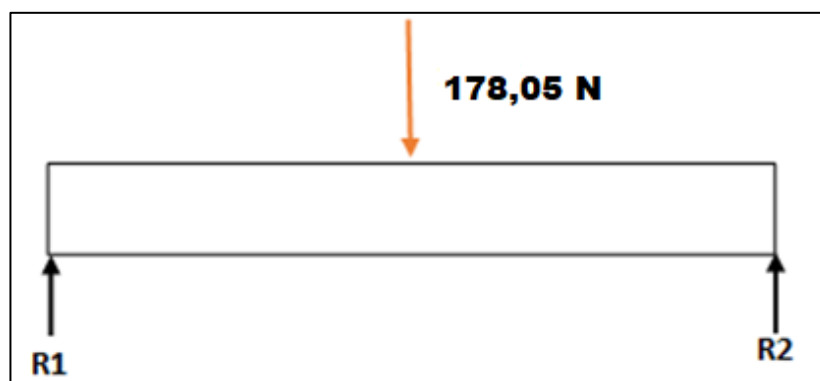


Ilustración 43-3: Diagrama de cuerpo libre del tubo cuadrado 38x38x2mm.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

$$\sum F = 0 \quad (1)$$

$$R1 + R2 - 178,05 = 0$$

$$R1 + R2 = 178,05$$

$$\sum M = 0 \quad (2)$$

$$R2(0,60) - 178,05(0,30) = 0$$

$$R2(0,60) = 53,415$$

$$R2 = \frac{53,415}{0,60} = \mathbf{89,025N}$$

$$R1 = \mathbf{89,025N}$$

Este perfil se lo toma como una viga empotrada y para determinar el momento flector se aplica la siguiente formula.

$$M = \frac{Q \cdot L}{8} \quad (3)$$

Donde:

M: Momento flector máximo.

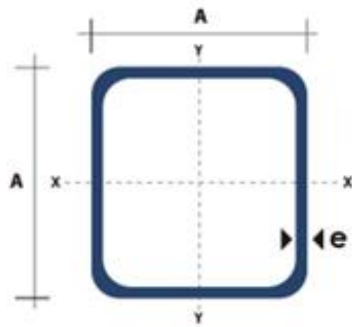
Q: Carga que soporta la viga.

L: Longitud de la viga.

$$M = \frac{178,05N * 0,8m}{8}$$

$$M = 17,80 Nm$$

El perfil es un tubo cuadrado, con las siguientes características que se muestran en la ilustración 44-3. En el anexo B encontramos con más claridad la tabla de los perfiles de tubo cuadrado.



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

Ilustración 44-3: Dimensiones del tubo cuadrado.

Fuente: (DIPAC, 2022, p.24)

A continuación, en las ilustraciones 45-3 y 46-3 se presentan los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector respectivamente.

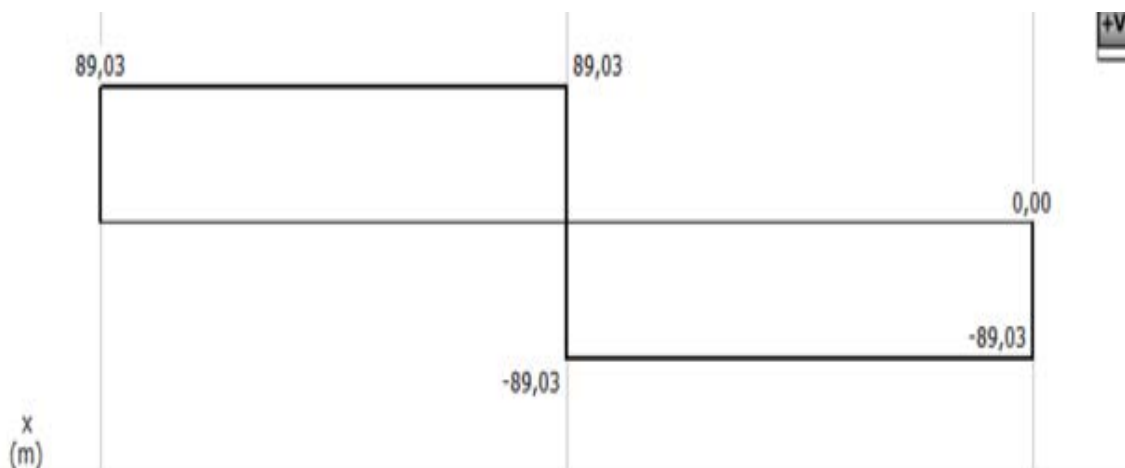


Ilustración 45-3: Diagrama esfuerzo cortante del perfil del tubo cuadrado.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñá, D, 2022)

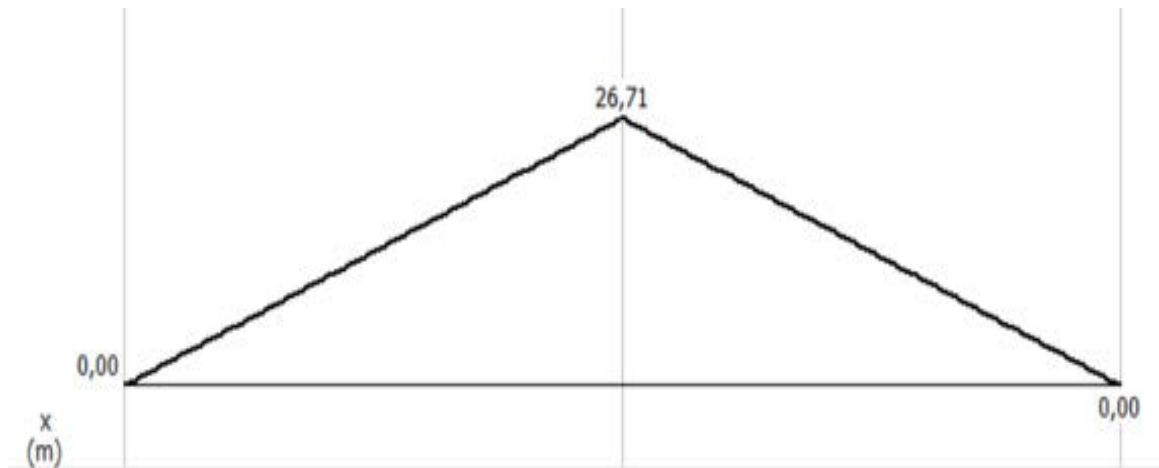


Ilustración 46-3: Diagrama del momento flector del tubo cuadrado.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Para calcular el factor de seguridad debemos tener los valores de esfuerzo de flexión y esfuerzo cortante.

- **Esfuerzo de flexión**

$$\sigma_{Max} = \frac{M_{max}}{S} \quad (4)$$

Dónde:

σ_{Max} : Esfuerzo flector máximo (Pa)

M_{Max} : Momento máximo (N.m)

S: Módulo sección (m^3)

$$S = \frac{C - C1}{6C} \quad (5)$$

$$S = \frac{0,03^4 - 0,026^4}{6 \cdot 0,03} = 1,96 \times 10^{-6} m^3$$

Cálculo del esfuerzo cortante

$$\sigma_{Max} = \frac{17,80 N \cdot m}{1,96 \times 10^{-6} m^3} = 9,081 MPa$$

- **Esfuerzo Cortante**

$$\tau_{Max} = \frac{V \cdot S}{I \cdot b} \quad (6)$$

Dónde:

τ_{Max} : Esfuerzo corte máximo (Pa).

V: Fuerza cortante (N).

S: Módulo de sección (m^3)

I: Momento de inercia (m^4)

b: Espesor de la sección transversal (m).

$$\tau_{Max} = \frac{89,025N \cdot 1,96 \times 10^{-6} m^3}{2,71 \times 10^{-8} m^4 \cdot 0,002m}$$
$$\tau_{Max} = 3,21 MPa$$

Para el cálculo del coeficiente se aplica la teoría de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (7)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : Esfuerzo principal de corte

$$\sigma' = \sqrt{9,081 MPa^2 + 3 \cdot 3,21 MPa^2}$$
$$\sigma' = 10,64 MPa$$

3.5.3.1. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (8)$$

Dónde:

N: Coeficiente de seguridad (adimensional).

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (MPa)

σ' : Esfuerzo de Von Mises (MPa).

El esfuerzo de fluencia del material es de suma importancia para determinar el coeficiente de seguridad. Según (Díaz y Castillo Rodríguez, 2019, p.5) el S_y acero ASTM-A-36 es de 250 Mpa, 36 ksi.

$$n = \frac{250\text{MPa}}{10,64\text{Mpa}}$$

$$n = 23,49$$

3.5.4. *Diseño del eje número 1*

El eje 1 sirve para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula, por lo que debe soportar el peso del rodamiento, manguito de sujeción, arandela de sujeción y arandela de fijación. En la ilustración 47-3 se observa el diseño del eje número 1.

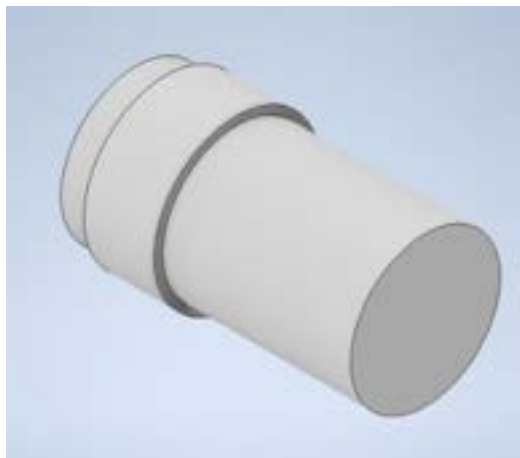


Ilustración 47-3: Modelado del eje.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.5. *Análisis del eje numero 1 mediante ANSYS*

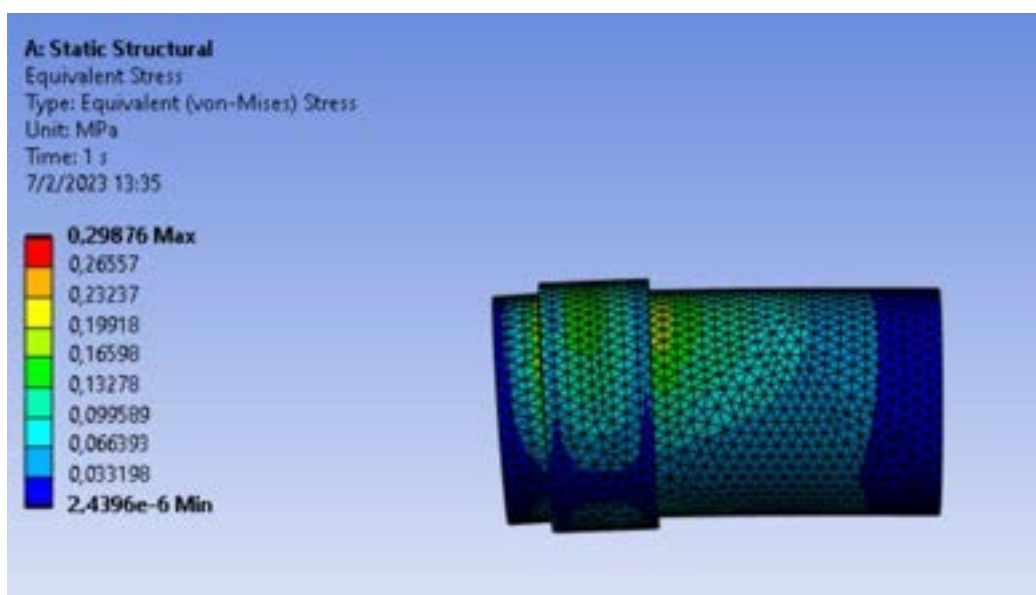


Ilustración 48-3: Análisis del esfuerzo del eje número 1.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

El análisis se basa en la teoría de Von Mises, la cual trata de un criterio de falla en piezas estáticas. El límite elástico del acero AISI 4130 es de 670 MPa y el obtenido al terminar la simulación es de 0,2987 MPa como se observa en la ilustración 48-3. Este resultado está por debajo del límite elástico del material, lo cual asegura que el eje 1 soporte el peso del rodamiento y los esfuerzos aplicados.

3.5.5.1. Coeficiente de seguridad del eje 1

Para el cálculo del factor de seguridad del eje se lo analiza como una viga empotrada, este eje estará unido mediante soldadura y por cual no transmite ningún movimiento en la aplicación de su carga. En el diagrama presentado a continuación se muestra las cargas aplicadas al eje y son los siguientes: $W=0,71\text{Kg}\cdot 9,81=6,9651\text{N}$ la que es el peso del rodamiento y el manguito de fijación y la fuerza del peso del eje $W=1\text{Kg}\cdot 9,81=9,81\text{N}$ el par de torsión se toma en referencia a la fuerza promedio de agarre que es de 272,71N. $T = 272,71 \cdot 0,035\text{m} = 9,544\text{N}\cdot\text{m}$

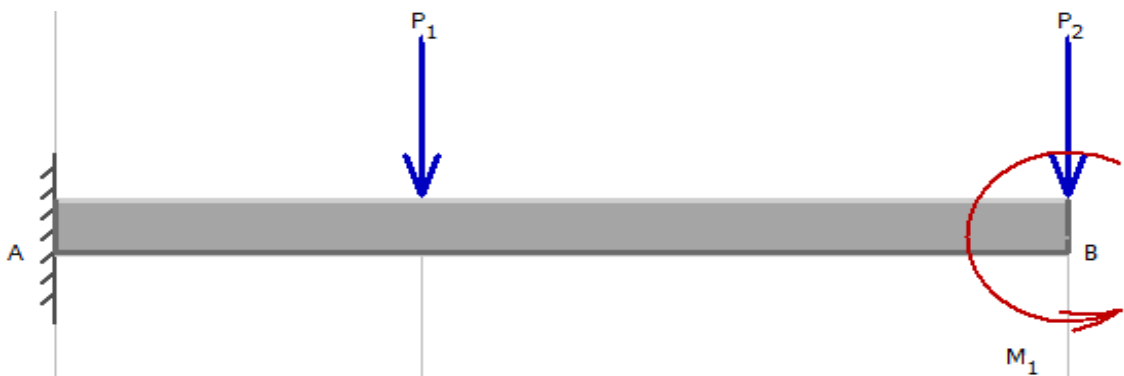


Ilustración 49-3: Diagrama de cuerpo libre del eje-

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Se cálculo los momentos y reacciones.

$$\sum Fy = 0 \quad (9)$$

$$Ay - 6,9651\text{N} - 9,81\text{N} = 0$$

$$Ay = 16,77\text{N}$$

$$\sum M = 0 \quad (10)$$

$$MA - 6,965\text{N}(0,015\text{m}) - 9,81\text{N}(0,035\text{m}) + 9,544\text{N}\cdot\text{m} = 0$$

$$MA = -9,096\text{N}\cdot\text{m}$$

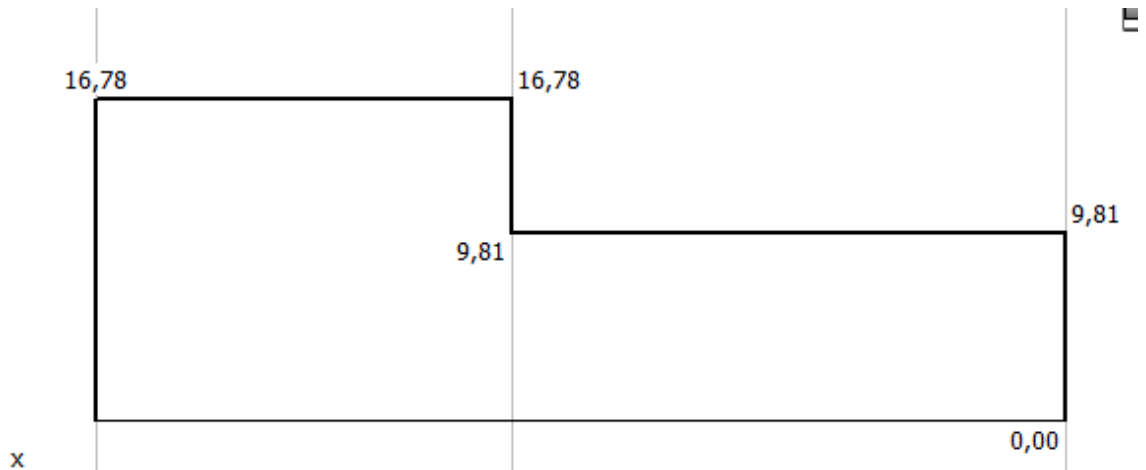


Ilustración 50-3: Diagrama del esfuerzo cortante.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

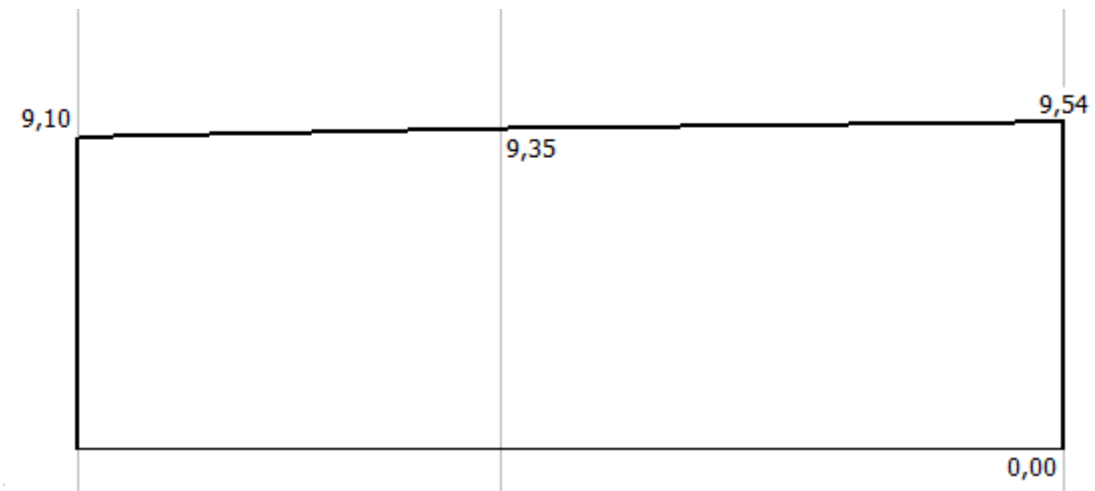


Ilustración 51-3: Diagrama momento flector.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Cálculo del momento de inercia.

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^4 \quad (11)$$

Dónde:

I : Momento de inercia.

r : Radio del eje.

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.015^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.015^4 = 3,97 \times 10^{-8} m^4$$

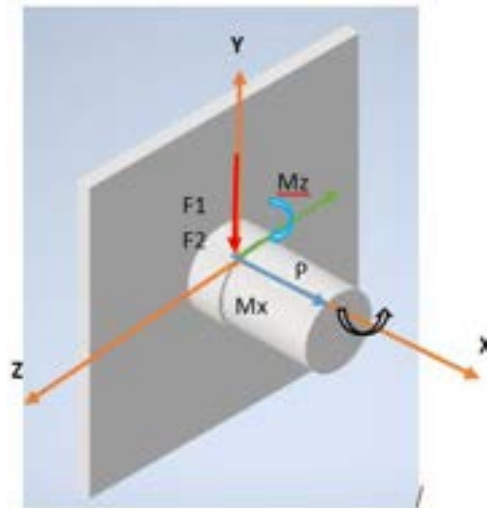


Ilustración 52-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 1.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

$$Mz = F1 \cdot L + F2 \cdot L$$

$$Mz = 6,965N \cdot 0,015m + 9.81N \cdot 0,035m$$

$$Mz = 0,447Nm$$

3.5.5.2. Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{Mz \cdot C}{I} \quad (12)$$

Donde:

Mz : Momento flector ($N \cdot m$)

C : Radio del eje (m)

I : Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{0,447Nm \cdot 0,01586m}{3,97 \times 10^{-8}m^4}$$

$$\sigma_A = 0,1785MPa$$

3.5.5.3. Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A

$$\tau = \frac{Mx}{J} \quad (13)$$

Dónde:

MX : Momento flector en el eje $x(N \cdot m)$

J = Momento polar de inercia (m^4)

$$\tau = \frac{9,55Nm}{2I}$$
$$\tau = \frac{9,55Nm}{2 \cdot (3,97 \times 10^{-8} m^4)}$$
$$\tau = 120,27MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo de Von Misses**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : Esfuerzo principal

$$\sigma' = \sqrt{0,1785MPa^2 + 3(120,27MPa^2)}$$
$$\sigma' = 208,31Mpa$$

3.5.5.4. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \tag{14}$$

Dónde:

n : Coeficiente de seguridad (Adimensional)

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ' : Esfuerzo de Von Mises(Mpa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37) ,”El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 MPa.)

$$n = \frac{670MPa}{208,31MPa}$$
$$n = 3,21$$

3.5.6. *Diseño del eje número 2*

El eje 2 sirve para el montaje de rodamientos de bolas a rótula, por lo que debe soportar el peso del rodamiento, manguito de sujeción, arandela de sujeción y la tuerca de fijación. En la ilustración 53-3 se observa el diseño del eje número 2.

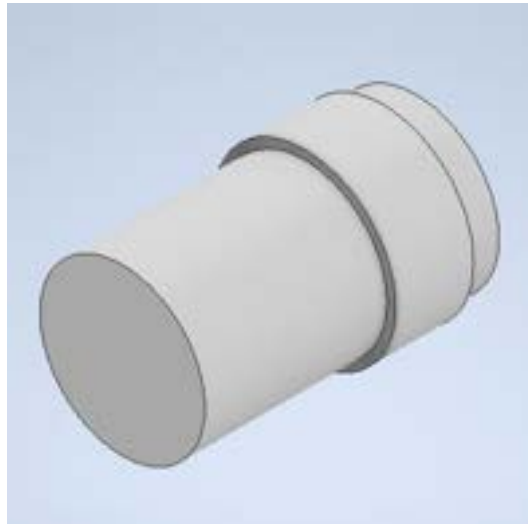


Ilustración 53-3: Modelado del eje 2.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.7. *Análisis del eje numero 2 mediante ANSYS.*

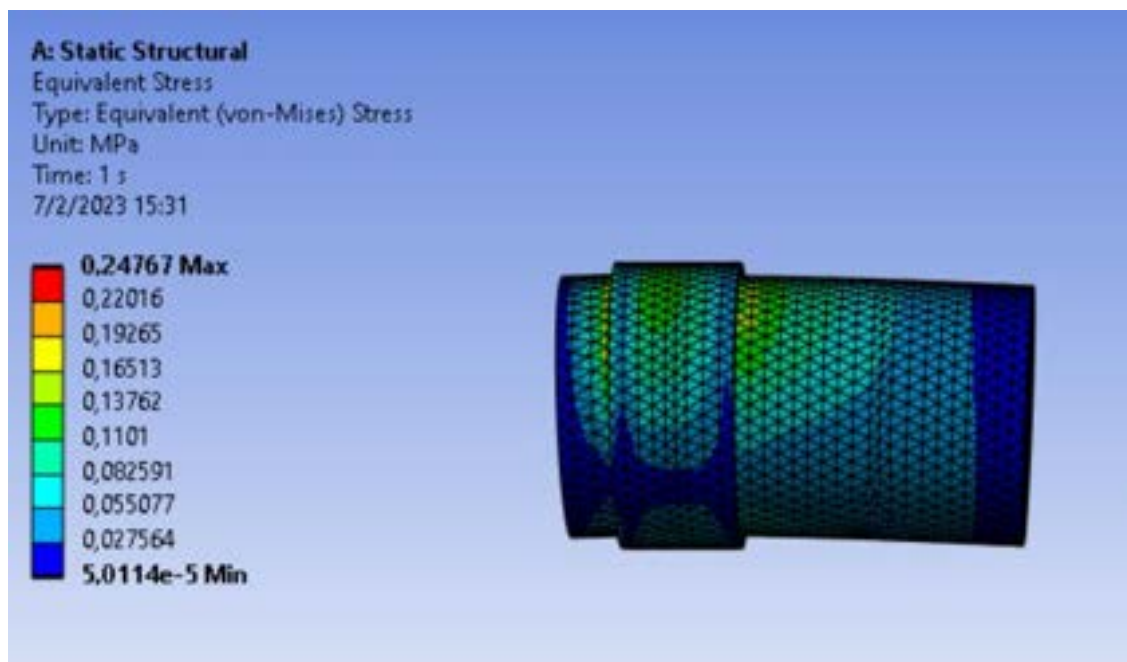


Ilustración 54-3: Análisis del esfuerzo del eje número 2.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

El análisis se basa en la teoría de Von Mises, la cual trata de un criterio de falla en piezas estáticas. El límite elástico del acero AISI 4130 es de 670 MPa y el obtenido al terminar la simulación es de 0,2476 MPa como se observa en la ilustración 54-3. Este resultado está por debajo del límite elástico del material, lo cual asegura que el eje 2 soporte el peso del rodamiento y los esfuerzos aplicados.

3.5.7.1. Cálculo del coeficiente de seguridad del eje número 2.

En el diagrama presentado a continuación se muestra las cargas aplicadas al eje y son los siguientes: $W = 0,50Kg * 9,81 = 4,905N$ y el peso del eje $W = 1Kg * 9,81 = 9,81N$ es la que es el peso del rodamiento un par de torsión $T = 9,544N.m$.

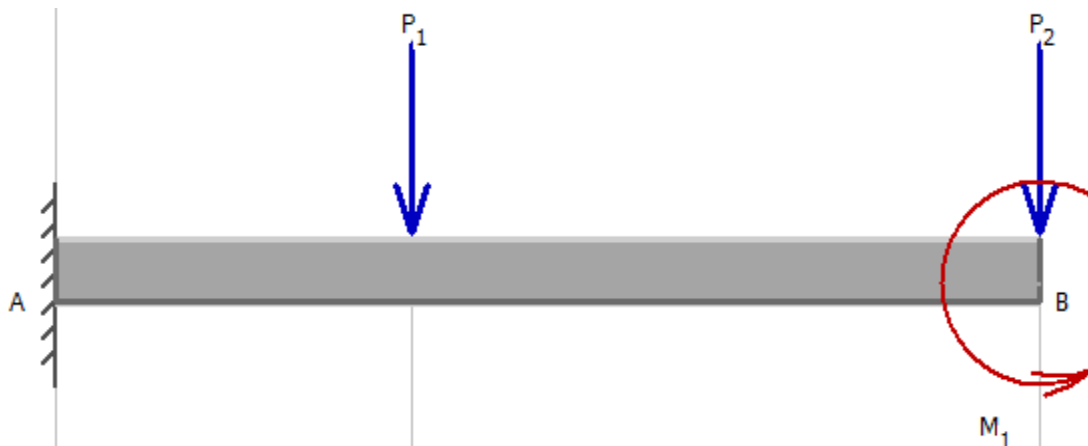


Ilustración 55-3: Diagrama de la representación de las cargas.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo de momentos y reacciones**

$$\sum Fy = 0 \quad (15)$$

$$Ay - 4,905N - 9,81N = 0$$

$$Ay = 14,715N$$

$$\sum M = 0 \quad (16)$$

$$MA - 4,905(0,015m) - 9,81N(0,035m) + 9,544m = 0$$

$$MA = -9,12N.m$$

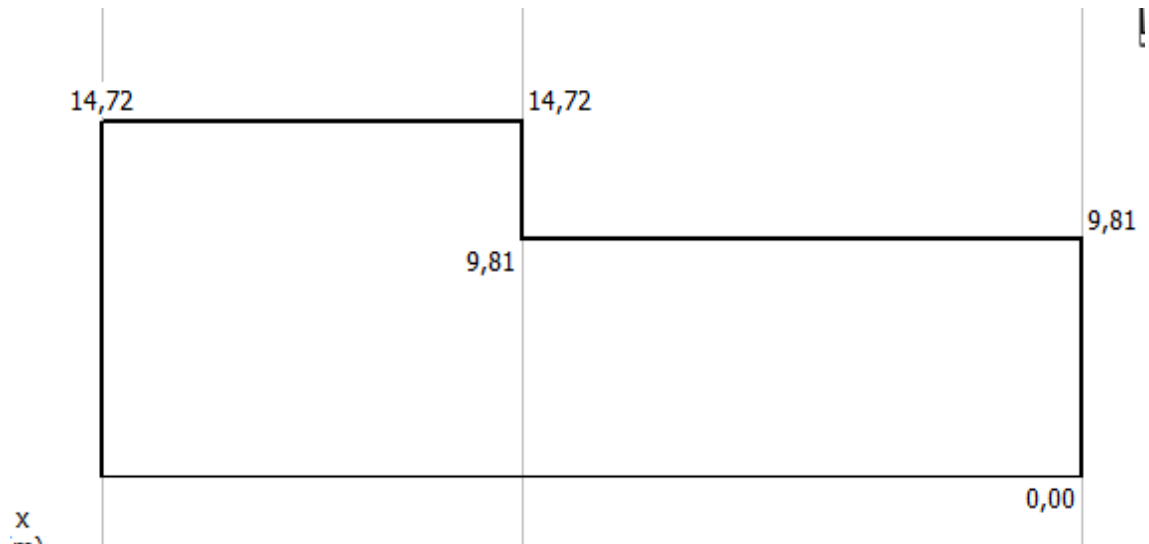


Ilustración 56-3: Diagrama de esfuerzo cortante

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

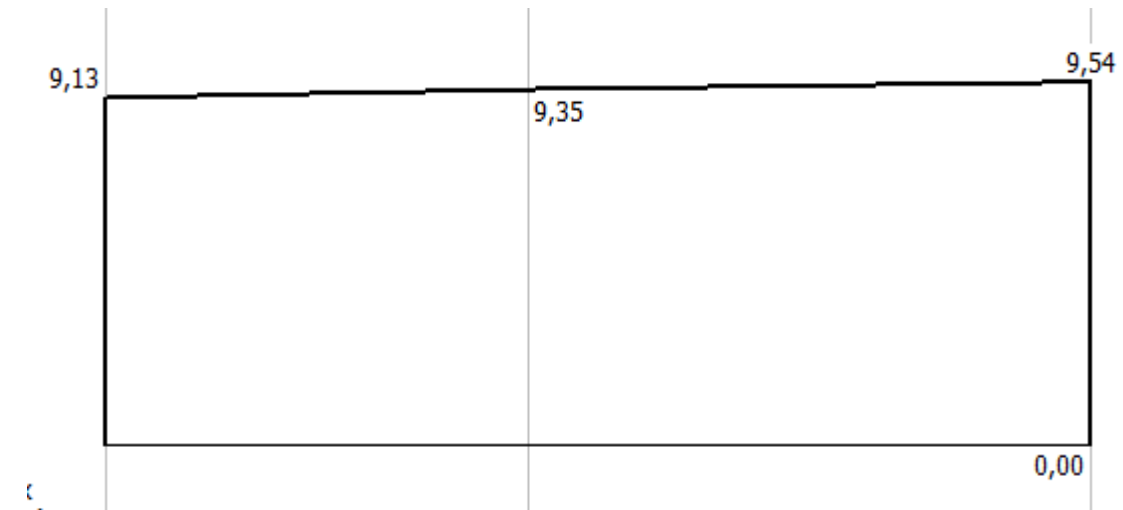


Ilustración 57-3: Diagrama de momento flector.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo de momento de inercia**

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^4 \tag{17}$$

Dónde:

I: Momento de inercia

r: Radio del eje

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0,0158^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0,0158^4 = 4,8946 \times 10^{-8} m^4$$

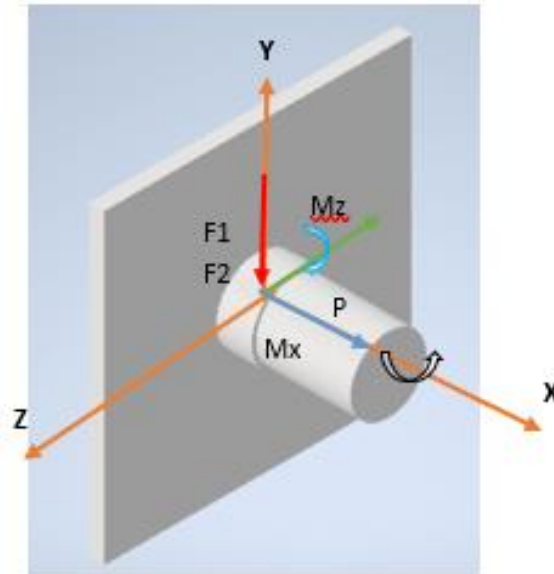


Ilustración 58-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 2.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

$$Mz = F1 \cdot L + F2 \cdot L$$

$$Mz = 4,905 \text{ N} \cdot 0,015\text{m} + 9,81 \cdot 0,035\text{m}$$

$$Mz = 0,416\text{Nm}$$

3.5.7.2. Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{Mz \cdot C}{I} \quad (18)$$

Donde:

Mz : Momento Flector ($N \cdot m$).

C : radio del eje (m)

I : Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{0,416\text{Nm} \cdot 0,0158\text{m}}{4,8946 \times 10^{-8} \text{m}^4}$$

$$\sigma_A = 0,1342\text{MPa}$$

- **Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A**

$$\tau = \frac{Mx}{J} \quad (19)$$

Dónde:

M_X : Momento flector en el eje x ($N \cdot m$)

J = Momento polar de inercia (m^4)

$$\tau = \frac{9,55Nm}{2I}$$
$$\tau = \frac{9,55Nm}{2 \cdot (4,8946 \times 10^{-8} m^4)}$$
$$\tau = 97,55 MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo del esfuerzo de Von Misses**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (20)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : Esfuerzo principal de corte

$$\sigma' = \sqrt{0,1342 MPa^2 + 3(97,55 MPa^2)}$$
$$\sigma' = 168,96 MPa$$

3.5.7.3. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (21)$$

Dónde:

n : Coeficiente de seguridad (Adimensional).

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ' : Esfuerzo de Von Mises (Mpa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37), "El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 MPa.)

$$n = \frac{670MPa}{168,96MPa}$$
$$n = 3,96$$

El coeficiente de seguridad calculado es un valor muy alto ya que el peso del eje, rodamientos y manguitos de fijación que va a ejercer un peso es un valor mínimo, por lo tanto, no ejerce mucha fuerza sobre las paredes del hexágono

3.5.8. *Diseño del eje número 3*

El eje 3 sirve para el montaje de rodamientos de rodillos a rótula, por lo que debe soportar el peso del rodamiento, arandela de sujeción y la tuerca de fijación. En la ilustración 59-3 se observa el diseño del eje número 3.

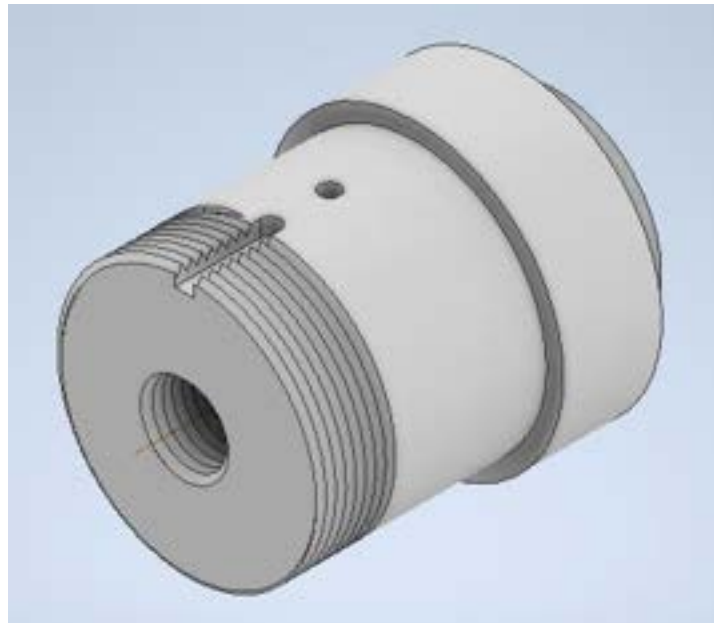


Ilustración 59-3: Modelado del eje 3.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.9. *Análisis del eje numero 3 mediante ANSYS*

El análisis se basa en la teoría de Von Mises, la cual trata de un criterio de falla en piezas estáticas. El límite elástico del acero AISI 4130 es de 670 MPa y el obtenido al terminar la simulación en ANSYS es de 0,2876 MPa como se observa en la ilustración 60-3. Este resultado está por debajo del límite elástico del material, lo cual asegura que el eje 3 soporte el peso del rodamiento y los esfuerzos aplicados.

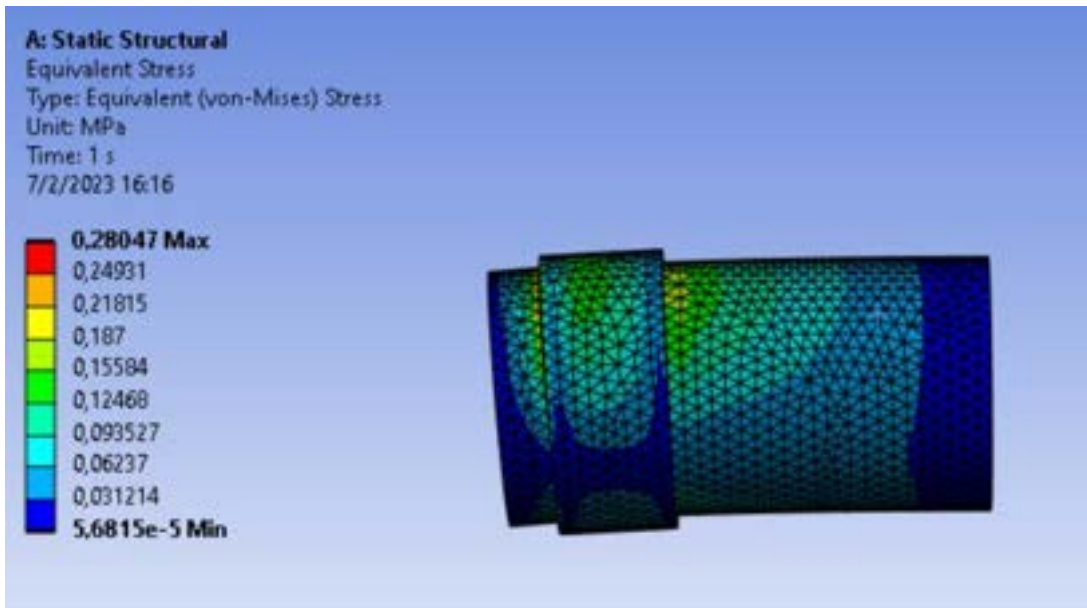


Ilustración 60-3: Análisis del esfuerzo del eje número 3.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.9.1. Cálculo de coeficiente de seguridad del eje número 3.

En el diagrama presentado a continuación se muestra las cargas aplicadas al eje y son los siguientes: $W = 0,53Kg * 9,81 = 5,1993N$ y el peso del eje $W = 1Kg * 9,81 = 9,81N$ es la que es el peso del rodamiento un par de torsión $T = 9,54N.m$.

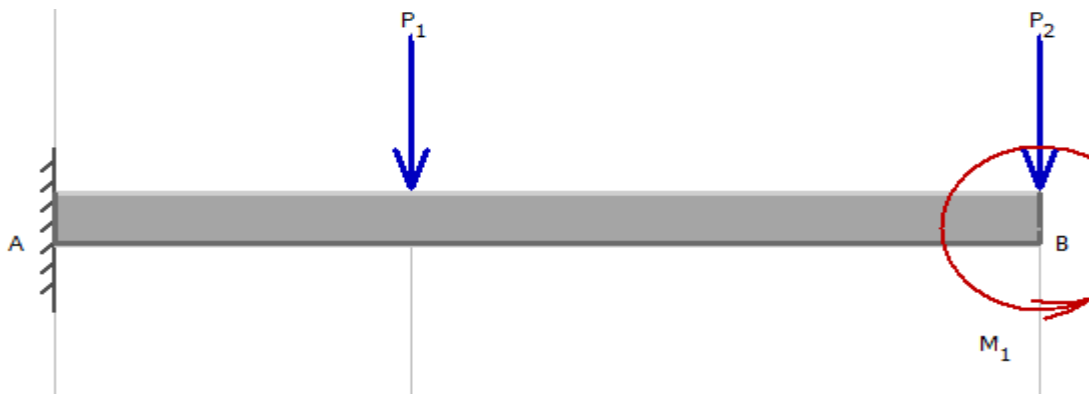


Ilustración 61-3: Diagrama de la representación de las cargas.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo de momentos y reacciones.**

$$\sum Fy = 0 \quad (22)$$

$$Ay - 5,199N - 9,81N = 0$$

$$Ay = 15,009N$$

$$\sum M = 0 \quad (23)$$

$$MA - 5,199(0,015m) - 9,81N(0,035m) + 9,54N \cdot m = 0$$

$$MA = -9,12N \cdot m$$

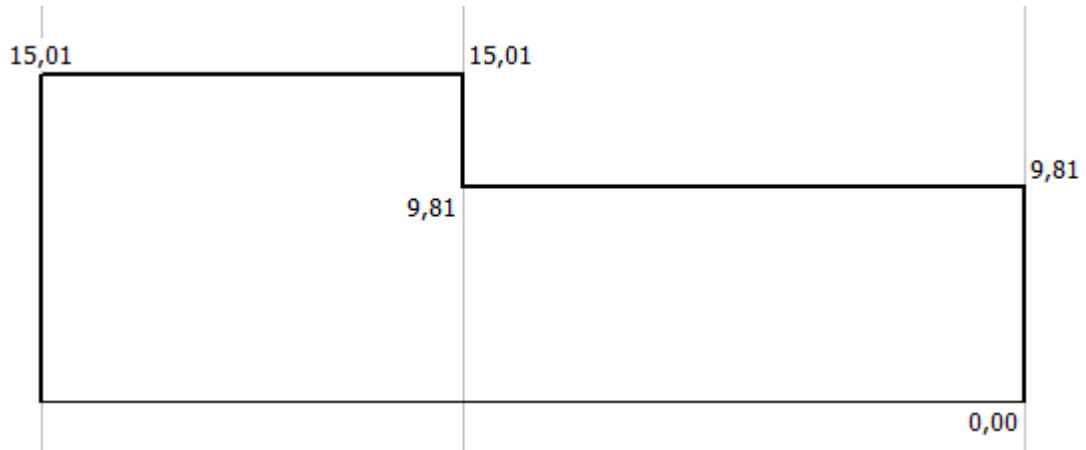


Ilustración 62-3: Diagrama de esfuerzo cortante.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

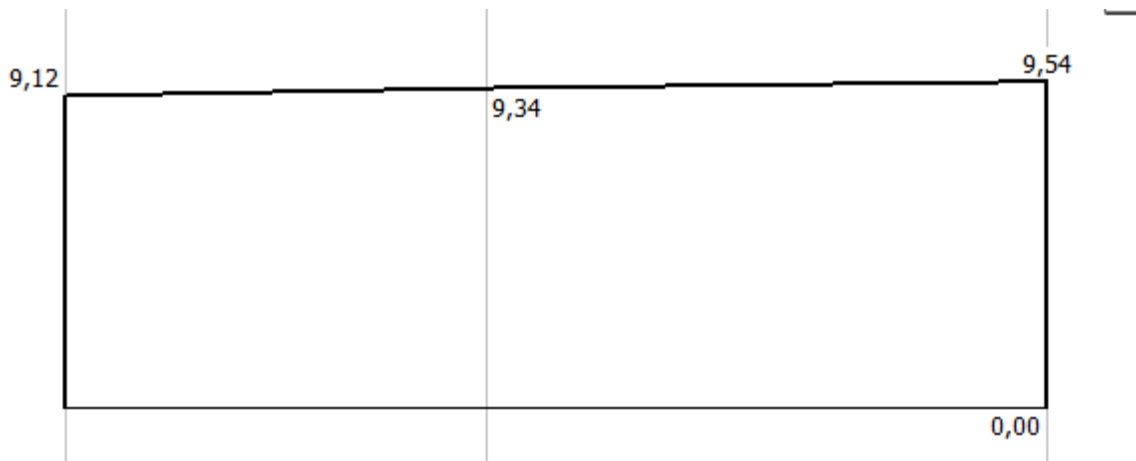


Ilustración 63-3: Diagrama del momento flector

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo de momento de inercia**

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^4 \quad (24)$$

Dónde:

I: Momento de inercia

r: Radio del eje

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.020^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0,020^4 = 12,5 \times 10^{-7} m^4$$

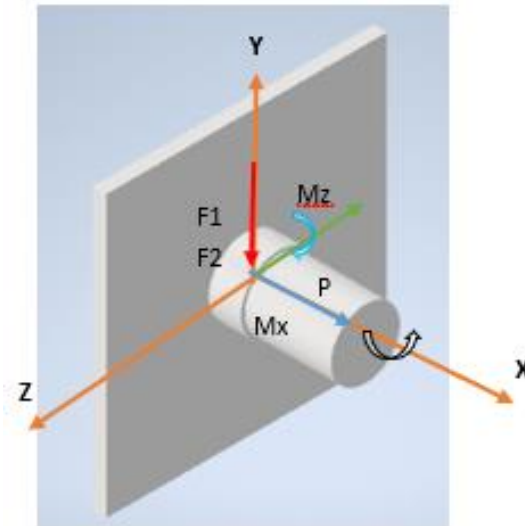


Ilustración 64-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 3.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñá, D, 2022)

$$M_z = F_1 \cdot L + F_2 \cdot L$$

$$M_z = 5,009N \cdot 0,015m + 9,81N \cdot 0,035m$$

$$M_z = 0,418Nm$$

3.5.9.2. Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{M_z \cdot C}{I} \quad (25)$$

Donde:

M_z : Momento flector ($N \cdot m$)

C : Radio del eje (m)

I : Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{0,418Nm \cdot 0,020m}{12,5 \times 10^{-8} m^4}$$

$$\sigma_A = 0,0696MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A**

$$\tau = \frac{Mx}{J} \quad (26)$$

Dónde:

Mx : Momento flector en el eje x ($N \cdot m$)

J = Momento polar de inercia (m^4)

$$\tau = \frac{9,55Nm}{2I}$$

$$\tau = \frac{9,55Nm}{2 \cdot (12,5 \times 10^{-8} m^4)}$$

$$\tau = 38,2MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo de Von Misses**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (27)$$

Dónde:

n : Coeficiente de seguridad (Adimensional).

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ' : Esfuerzo de Von Misses (Mpa)

$$\sigma' = \sqrt{0,0696MPa^2 + 3(38,2MPa^2)}$$

$$\sigma' = 66,16Mpa$$

3.5.9.3. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (28)$$

Dónde:

n : Coeficiente de seguridad (Adimensional).

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ' : Esfuerzo de Von Misses (Mpa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37) ,”El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 MPa.).

$$n = \frac{670MPa}{66,16Mpa}$$
$$n = 10,12$$

3.5.10. *Diseño del eje número 4 y 5*

El eje 4 sirve para el montaje de rodamientos de bolas a rótula, por lo que debe soportar el peso del rodamiento, arandela de sujeción y la tuerca de fijación. En la ilustración 66-3 se observa el diseño del eje número 4.

3.5.11. *Análisis del eje número 4 y 5 en ANSYS.*

El análisis se basa en la teoría de Von Mises, la cual trata de un criterio de falla en piezas estáticas. El límite elástico del acero AISI 4130 es de 670 MPa y el obtenido al terminar la simulación es de 0,1531 MPa como se observa en la ilustración 65-3. Este resultado está por debajo del límite elástico del material, lo cual asegura que el eje 4 y 5 soporte el peso de los rodamientos y los esfuerzos aplicados.

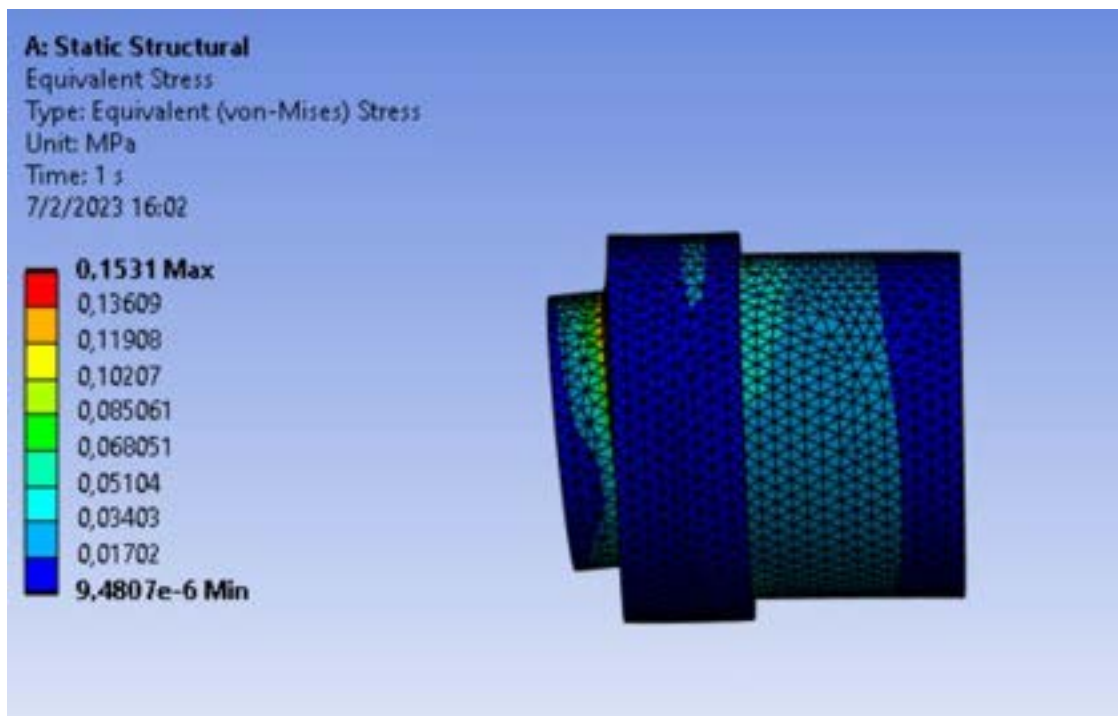


Ilustración 65-3: Análisis del esfuerzo del eje número 4 y 5.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

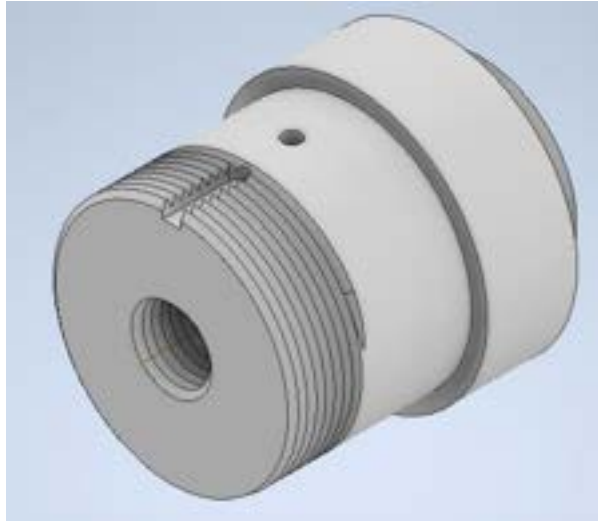


Ilustración 66-3: Modelado del eje 4.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

El eje 5 sirve para el montaje de rodamientos de bolas, por lo que debe soportar el peso del rodamiento. En la ilustración 67-3 se observa el diseño del eje número 5.

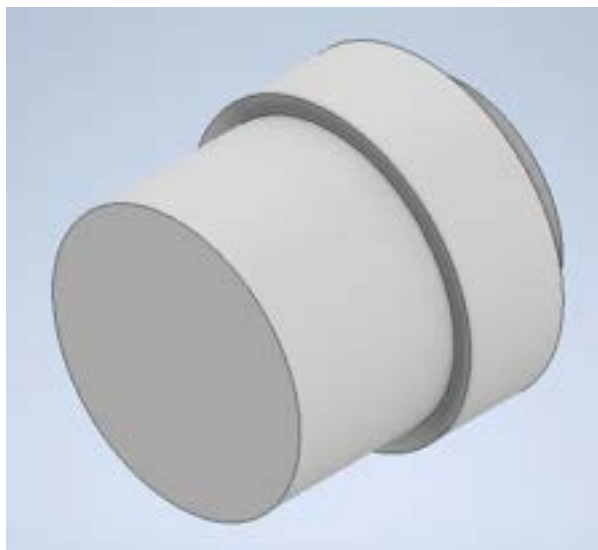


Ilustración 67-3: Modelado del eje 5.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.11.1. Cálculo del coeficiente de seguridad del eje número 4 y 5

En el diagrama presentado a continuación se muestra las cargas aplicadas al eje y son los siguientes: $W = 0,53Kg * 9,81 = 5,1993N$ y el peso del eje $W = 0,9Kg * 9,81 = 8,829N$ es la que es el peso del rodamiento un par de torsión $T = 11,27N.m$.

El coeficiente de seguridad calculado del eje 3 es un valor muy alto ya que el peso del eje, rodamientos y manguitos de fijación que va a ejercer un peso, es un valor mínimo, por lo tanto, no ejerce mucha fuerza sobre las paredes del hexágono ya que el Acero ASTM A36 tiene una gran resistencia.

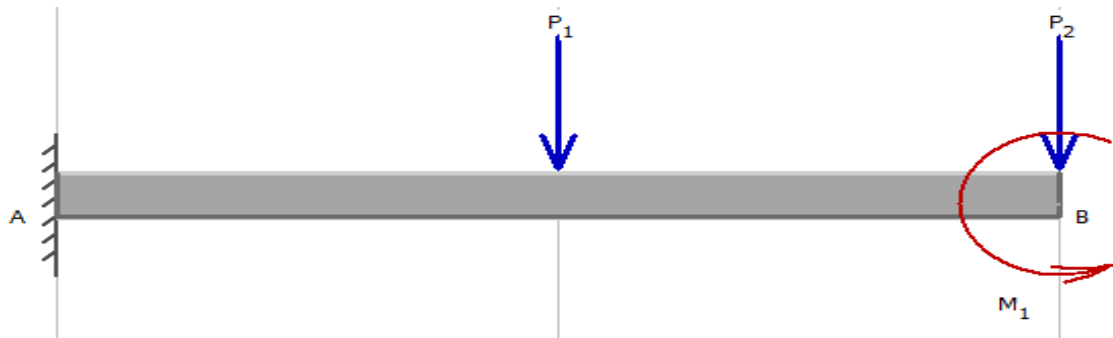


Ilustración 68-3: Diagrama de la representación de las cargas

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo de momentos y reacciones**

$$\sum Fy = 0 \tag{29}$$

$$Ay - 5,199N - 8,829N = 0$$

$$Ay = 14,028N$$

$$\sum M = 0 \tag{30}$$

$$MA - 5,009(0,015m) - 8,829N(0,030m) + 11,27N \cdot m = 0$$

$$MA = -10,92N \cdot m$$

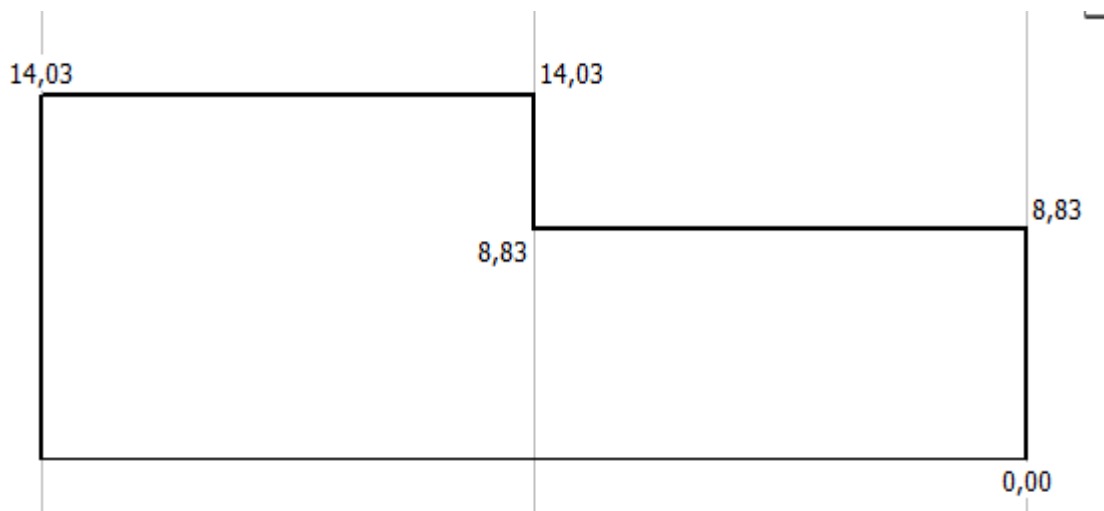


Ilustración 69-3: Diagrama esfuerzo cortante.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

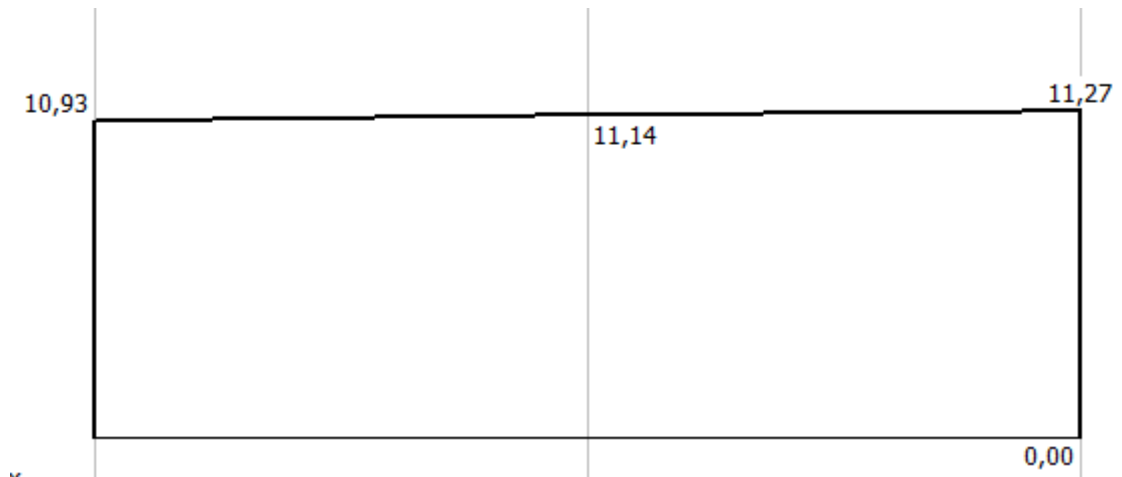


Ilustración 70-3: Diagrama momento flector.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo de momento de inercia**

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^4 \quad (31)$$

Dónde:

I: Momento de inercia

r: Radio del eje

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.020^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0,020^4 = 12,5 \times 10^{-8} m^4$$

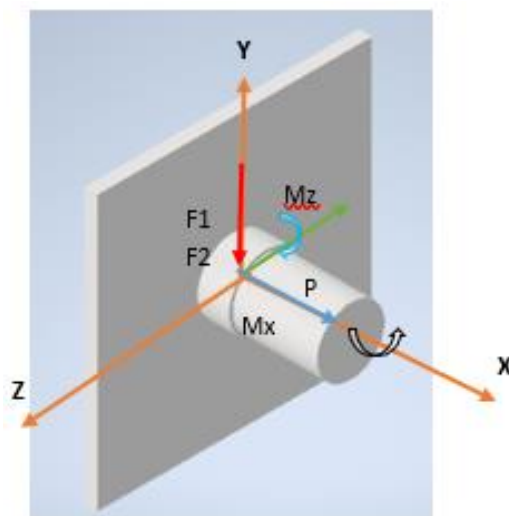


Ilustración 71-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 4 y 5.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

$$M_z = F_1 \cdot L + F_2 \cdot L$$

$$M_z = 5,009N \cdot 0,015m + 8,829N \cdot 0,030m$$

$$M_z = 0,34Nm$$

3.5.11.2. Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{M_z \cdot C}{I} \quad (32)$$

Donde:

M_z : Momento flector ($N \cdot m$)

C : Radio del eje (m)

I : Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{0,34Nm \cdot 0,020m}{12,5 \times 10^{-8} m^4}$$

$$\sigma_A = 0,0544 MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A**

$$\tau = \frac{M_x}{J} \quad (33)$$

Donde:

M_x : Momento flector en el eje x ($N \cdot m$)

J : Momento de inercia (m^4).

$$\tau = \frac{11,27 Nm}{2I}$$

$$\tau = \frac{11,27 Nm}{2 \cdot (12,5 \times 10^{-8} m^4)}$$

$$\tau = 45,08 MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo de Von Misses**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (34)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : Esfuerzo principal de corte

$$\sigma' = \sqrt{0,0544MPa^2 + 3(45,08 MPa^2)}$$
$$\sigma' = 78,08 Mpa$$

3.5.11.3. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (35)$$

Dónde:

n: Coeficiente de seguridad (Adimensional).

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ' : Esfuerzo de Von Misses (Mpa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37), "El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 GPa.).

$$n = \frac{670 MPa}{78,08 Mpa}$$
$$n = 8.58$$

3.5.12. Diseño del eje número 6.

El eje 6 sirve para el montaje de rodamientos de cónicos, por lo que debe soportar el peso del rodamiento y de la carcasa de los rodamientos. En la ilustración 73-3 se observa el diseño del eje número 6.

3.5.13. Análisis del eje numero 6 mediante ANSYS

El análisis se basa en la teoría de Von Mises, la cual trata de un criterio de falla en piezas estáticas. El límite elástico del acero AISI 4130 es de 670 MPa y el obtenido al terminar la simulación en ANSYS es de 0,1998 MPa como se observa en la ilustración 72-3. Este resultado está por debajo

del límite elástico del material, lo cual asegura que el eje 6 soporte el peso del rodamiento y los esfuerzos aplicados.

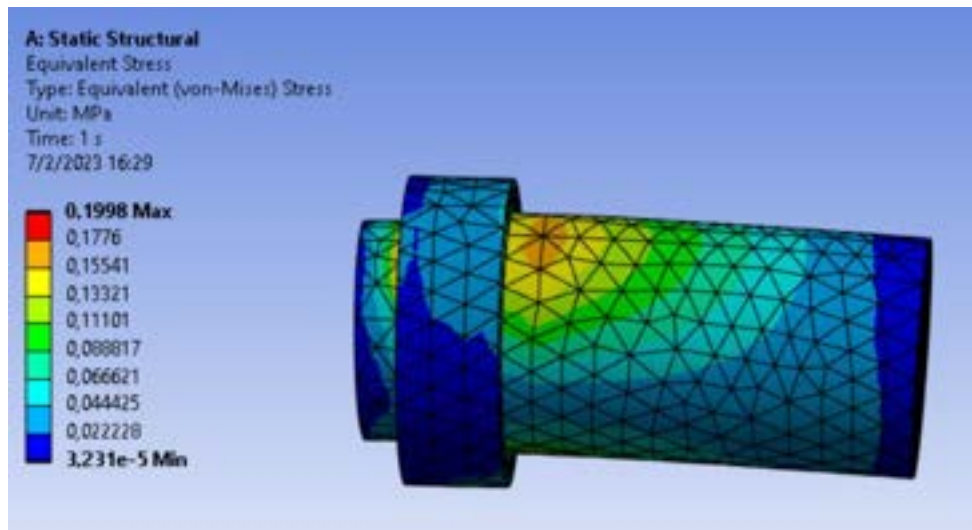


Ilustración 72-3: Análisis del esfuerzo del eje número 6.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

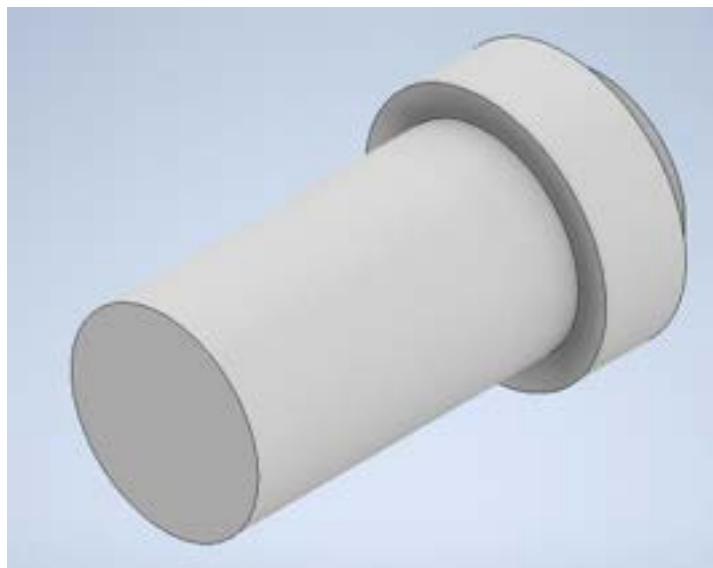


Ilustración 73-3: Modelado del eje 6.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.13.1. Cálculo del coeficiente de seguridad del eje 6.

En el diagrama presentado a continuación se muestra las cargas aplicadas al eje y son los siguientes: la masa del rodamiento $m = 0,5Kg$ como son dos rodamientos cónicos tenemos que multiplicar el valor por 2, $m = 2 * 0,5Kg = 1 kg$, y la mazana es de $0,55kg$ entonces el peso total sería $W = 1,55 kg * 9,81 = 15,20 N$ y el peso del eje $W = 1 Kg * 9,81 = 9,81N$, un par de torsión $T = 16,36 N * m$.



Ilustración 74-3: Diagrama de la representación de las cargas

Realizado por: (Azogue, C; Musuñía, D, 2022)

- **Cálculo de momentos y reacciones**

$$\sum F_y = 0 \quad (36)$$

$$A_y - 9.81 \text{ N} - 15.20 \text{ N} = 0$$

$$A_y = 25.01 \text{ N}$$

$$\sum M = 0 \quad (37)$$

$$M_A - 9.81 \text{ N}(0.015\text{m}) - 15.20 \text{ N}(0.060\text{m}) + 16.36 \text{ N}\cdot\text{m} = 0$$

$$M_A = -15.3 \text{ N}\cdot\text{m}$$

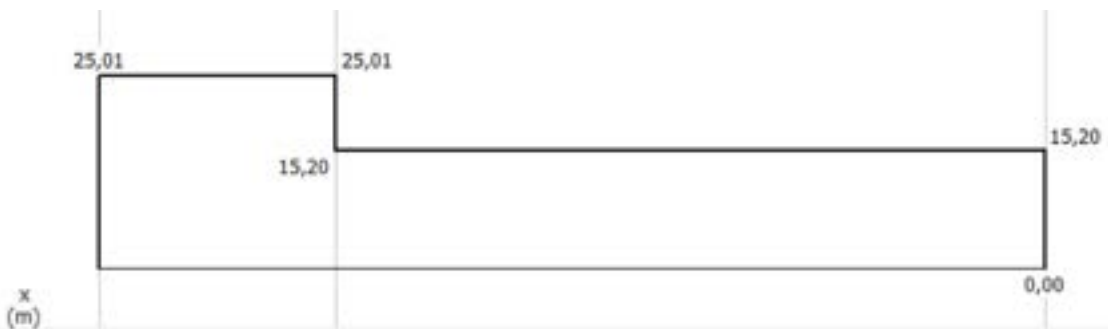


Ilustración 75-3: Diagrama esfuerzo cortante.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñía, D, 2022)

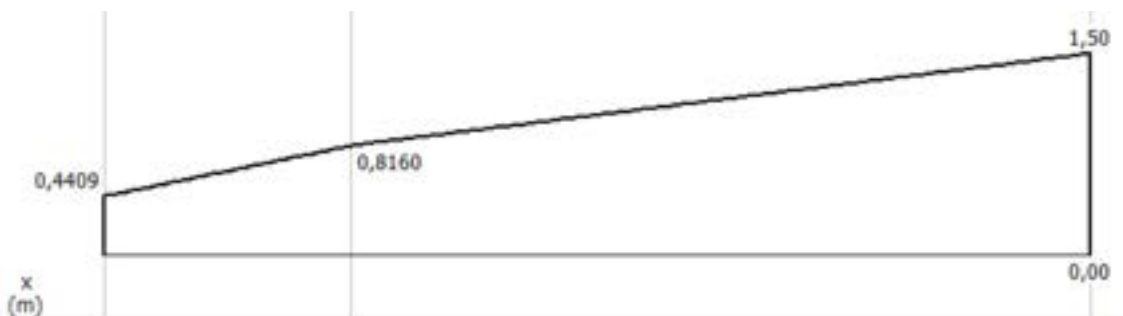


Ilustración 76-3: Diagrama de momento flector.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñía, D, 2022)

- **Cálculo de momento de inercia**

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^4 \quad (38)$$

Dónde:

I: Momento de inercia

r: Radio del eje

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.0175^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0,0175^4 = 73,66 \times 10^{-9} m^4$$

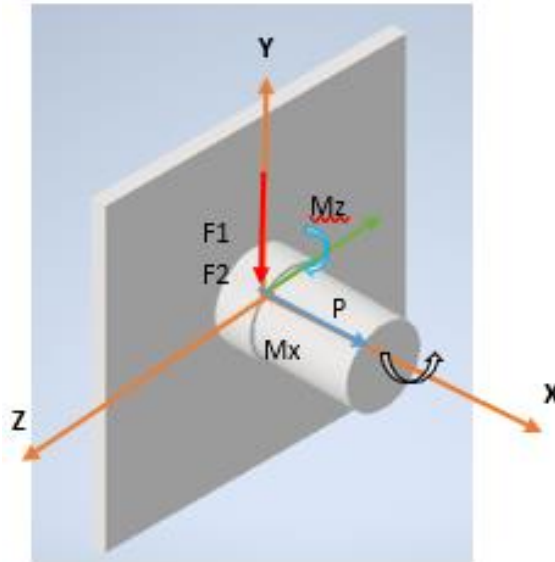


Ilustración 77-3: Diagrama de cuerpo libre del eje 6.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñá, D, 2022)

$$Mz = F1 \cdot L + F2 \cdot L$$

$$Mz = 9,81N \cdot 0,015m + 15,20N \cdot 0,060m$$

$$Mz = 1,059Nm$$

3.5.13.2. Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{Mz \cdot C}{I} \quad (39)$$

Donde:

Mz : Momento flector ($N \cdot m$)

C : Radio del eje (m)

I : Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{1,059 Nm \cdot 0,0175 m}{73,66 \times 10^{-9} m^4}$$
$$\sigma_A = 0,2515 MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A**

$$\tau = \frac{Mx}{J} \quad (40)$$

Donde:

Mx : Momento flector en el eje x ($N \cdot m$)

J : Momento de inercia (m^4).

$$\tau = \frac{15,3 Nm}{2I}$$
$$\tau = \frac{15,3 Nm}{2 \cdot (73,66 \times 10^{-9} m^4)}$$
$$\tau = 103,9 MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo de Von Misses**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (41)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : Esfuerzo principal de corte

$$\sqrt{0,2515 MPa^2 + 3(103,9 MPa^2)}$$
$$\sigma' = 179,96 MPa$$

3.5.13.3. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (42)$$

Dónde:

n: Coeficiente de seguridad (Adimensional).

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (Mpa)

σ : Esfuerzo de Von Misses (Mpa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37) ,”El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 GPa.).

$$n = \frac{670MPa}{179,96 Mpa}$$
$$n = 3,72$$

3.5.14. Tolerancias y ajuste geométricas

Es importante conocer las tolerancias y ajustes para la normalización de los elementos permitiendo dar un rango en las dimensiones de las piezas en caso de necesitar algún remplazo. Según la UNE-EN 20286-1:1996(ISO 286-1988) la cual estipula que las tolerancias tienen su determinada aplicación como se muestra en la tabla 13-3.

Tabla 13-3: Tolerancias según su aplicación.

IT 01 e IT0	Especial precisión.
IT 1 a IT 3	Calibres y piezas de gran precisión.
IT 4 a IT 11	Piezas o elementos que han de ajustar.
IT 12 a IT 18	Superficies libres

Fuente: (Organización Internacional de Normalización, 1996)

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

3.5.14.1. Tolerancias, ajuste eje y agujero.

Para poder interpretar las denominaciones utilizadas para ejes y agujeros debemos conocer el significado de cada denominación, como se indica en la ilustración 78-3.

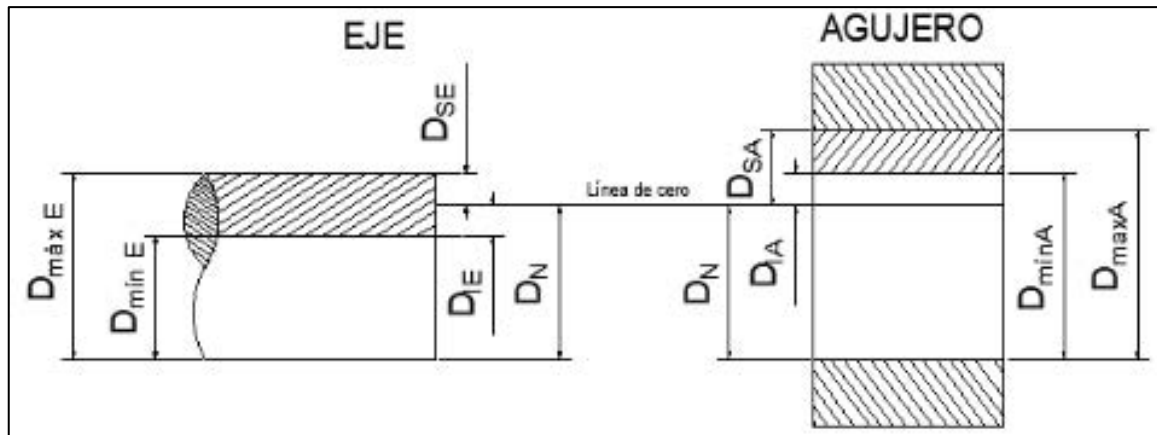


Ilustración 78-3: Denominación del eje y agujero para ajustes.

Fuente: (Barriga, 2022)

Dónde:

D_N = Diámetro máximo eje.

$D_{máx E}$ = Diámetro máximo del eje.

$D_{mín E}$ = Diámetro mínimo del eje.

$D_{I E}$ = Desviación inferior eje

$D_{S E}$ = Desviación superior eje

$D_{máx A}$ = Desviación máximo agujero

$D_{mín A}$ = Desviación mínimo agujero

$D_{I A}$ = Desviación inferior agujero

$D_{S A}$ = Desviación superior agujero

El eje tiene un pequeño mecanizado de longitud 20 mm con un diámetro de 32mm que va unido al hexágono mediante soldadura con una zona de tolerancia de IT8, IT9 según la norma antes indicada. Por lo cual se necesita un ajuste deslizante lo que significa una tolerancia para el agujero de H8 y para el eje h9 para poder determinar el juego máximo y mínimo entre el agujero y el eje.

$$D_{máx E} = D_N + D_{S E} \quad (43)$$

$$D_{mín E} = D_N + D_{I E} \quad (44)$$

$$D_{máx A} = D_N + D_{S A} \quad (45)$$

$$D_{mín A} = D_N + D_{I A} \quad (46)$$

$$J_{máx} = D_{máx A} - D_{I E} \quad (47)$$

$$J_{min} = D_{min A} - D_{máx E} \quad (48)$$

Donde:

$J_{máx}$ = Juego máximo

J_{min} = Juego mínimo

Según el Prontuario de Máquinas de Nicolas Laburu con la tolerancia h9 para el eje y H8 para el agujero cálculo de diámetro máximo y mínimo. La representación de ajuste es el siguiente:

$$32 \frac{h9}{H8}$$

Tolerancia h9 $32_{-0,062}^0$:

$$D_{máx E} = 32\text{mm} + 0 = 32 \text{ mm}$$

$$D_{min E} = 32\text{mm} - 0,062\text{mm} = 31,938 \text{ mm}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del agujero se tiene:

Tolerancia H8 $32_0^{0,039}$

$$D_{máx A} = 32\text{mm} + 0,027\text{mm} = 31,027 \text{ mm}$$

$$D_{min A} = 32\text{mm} + 0 = 32 \text{ mm}$$

A continuación, se realiza el cálculo del juego máximo y mínimo:

$$J_{máx} = 32,027\text{mm} - 31,938\text{mm} = 0,089 \text{ mm}$$

$$J_{min} = 35\text{mm} - 35\text{mm} = 0 \text{ mm}$$

Cálculo de tolerancia del eje 1 y 2 y el manguito de fijación, la representación de ajuste es el siguiente:

$$32 \frac{h7}{H6}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del eje se tiene:

Tolerancia h7 $32_{-0,025}^0$

$$D_{máx E} = 32\text{mm} + 0 = 32 \text{ mm}$$

$$D_{\min E} = 32\text{mm} - 0,025\text{mm} = 31,975 \text{ mm}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del agujero se tiene:

$$\text{Tolerancia H6 } 32_0^{0,016}$$

$$D_{\max A} = 32\text{mm} + 0,016\text{mm} = 32,016 \text{ mm}$$

$$D_{\min A} = 32\text{mm} + 0 = 32 \text{ mm}$$

A continuación, se realiza el cálculo del juego máximo y mínimo:

$$J_{\max} = 32,016\text{mm} - 31,975\text{mm} = 0,041 \text{ mm}$$

$$J_{\min} = 32\text{mm} - 32\text{mm} = 0 \text{ mm}$$

3.5.14.2. Cálculo de tolerancia del eje 1,2 y el manguito de fijación

El eje mecanizado donde va el manguito tiene un diámetro 31,75mm con una zona de tolerancia IT6, IT7 mediante esto podemos determinar la tolerancia de ajuste para el agujero H6 Y h7 para el eje, para su posterior cálculo del juego máximo y mínimo.

La representación de ajuste es el siguiente:

$$31,75 \frac{h7}{H6}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del eje, se tiene:

$$\text{Tolerancia h7 } 31,75_{-0,025}^0$$

$$D_{\max E} = 31,75\text{mm} + 0 = 31,75 \text{ mm}$$

$$D_{\min E} = 31,75\text{mm} - 0,025\text{mm} = 31,725 \text{ mm}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del agujero, se tiene:

$$\text{Tolerancia H6 } 31,75_0^{0,016}$$

$$D_{\max A} = 31,75\text{mm} + 0,016\text{mm} = 31,766 \text{ mm}$$

$$D_{\min A} = 31,75\text{mm} + 0 = 31,75 \text{ mm}$$

A continuación, se realiza el cálculo del juego máximo y mínimo:

$$J_{m\acute{a}x} = 31,766\text{mm} - 31,725\text{mm} = 0,041 \text{ mm}$$

$$J_{min} = 31,75\text{mm} - 31,75\text{mm} = 0 \text{ mm}$$

3.5.14.3. Cálculo de tolerancia de 3, 4, 5 eje y el manguito de fijación

Este cálculo será el mismo para todos los ejes ya que comparten el mismo diámetro que es de 40 mm, por lo cual se toma la zona de tolerancia igual que la anterior, la representación de ajuste es el siguiente:

$$40 \frac{h7}{H6}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del eje, se tiene:

Tolerancia h7 $40_{-0,025}^0$

$$D_{m\acute{a}x E} = 40\text{mm} + 0 = 40 \text{ mm}$$

$$D_{min E} = 40\text{mm} - 0,025\text{mm} = 39,975 \text{ mm}$$

Cálculo del diámetro máximo y mínimo del agujero, se tiene:

Tolerancia H6 $40_0^{0,016}$

$$D_{m\acute{a}x A} = 40\text{mm} + 0,016\text{mm} = 40,016 \text{ mm}$$

$$D_{min A} = 40\text{mm} + 0 = 40 \text{ mm}$$

A continuación, se realiza el cálculo del juego máximo y mínimo:

$$J_{m\acute{a}x} = 40,016\text{mm} - 39,975\text{mm} = 0,041 \text{ mm}$$

$$J_{min} = 40\text{mm} - 40\text{mm} = 0 \text{ mm}$$

3.5.15. Cálculo de la tensión admisible de trabajo del resorte

Los cálculos se basarán en los datos obtenidos, previo tanteo se considera $d = 2\text{mm}$, $L = 50\text{mm}$, $r = 10\text{mm}$, con una fuerza empírica de 27,79 kg que es la fuerza promedio de la mano, el material es acero templado con $Rc = 6000\text{kg/cm}^2$ y $G = 800000\text{kg/cm}^2$.



Ilustración 79-3: Modelado del resorte del mecanismo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

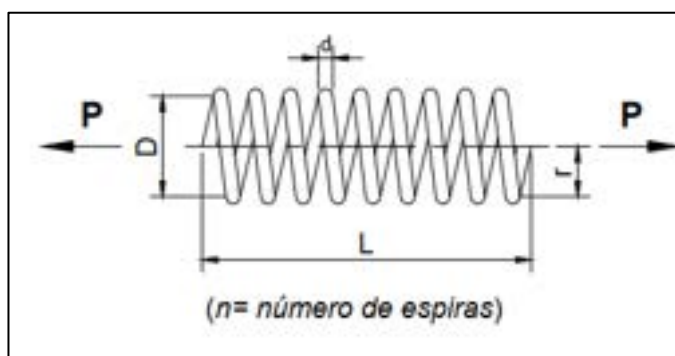


Ilustración 80-3: Parámetros de un resorte de sección redonda.

Fuente: (Shuguli Paredes, 2006)

$$P = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot Rc}{16 \cdot r} \quad (49)$$

Donde:

P = Carga del resorte

d^3 = Diámetro del hilo de sección redonda

Rc = Tensión de trabajo admisible

R = Radio del centro de gravedad

Para poder calcular la tensión de carga despejamos de la anterior formula:

$$Rc = \frac{16 \cdot r \cdot P}{\pi \cdot d^3}$$

$$Rc = \frac{16 \cdot 0,1cm \cdot 27,72Kg}{\pi \cdot 0,2^3cm \cdot 78}$$

$$R_c = 1764,71 \text{ kg/cm}^2 < 6000 \text{ kg/cm}^2$$

Obteniendo el dato R_c nos permite conocer que el resorte es óptimo para el trabajo dando un valor inferior a la tensión admisible del material.

3.5.15.1. Cálculo de número de espiras

$$n = \frac{L}{d} \quad (50)$$

n = número de espiras

L = Longitud del resorte

d = Diámetro del hilo del resorte

$$n = \frac{50 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}$$

$$n = 25 \text{ espiras}$$

Cálculo de la flexión del resorte

$$f = \frac{64 \cdot P \cdot n \cdot r^3}{G \cdot d^4} \quad (51)$$

Donde:

f = Flexión del resorte

d = Diámetro del hilo de sección redonda

P = Carga de trabajo

r = Radio del centro de gravedad

G = Módulo de elasticidad

$$f = \frac{64 \cdot 27,72 \text{ Kg} \cdot 25 \cdot 0,1 \text{ cm}^3}{800000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,1 \text{ cm}^4}$$

$$f = 0,55 \text{ cm}$$

3.5.16. Cálculo del torque de la palanca de ajuste

En este punto se calcula el torque que va a soportar la palanca de ajuste del mecanismo del módulo, teniendo datos previos como la fuerza aplicada $D = 25,4 \text{ mm}$ y $L = 130 \text{ mm}$



Ilustración 81-3: Diseño de la palanca del mecanismo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñá, D, 2022)

Cálculo de la fuerza

Para calcular la fuerza aplicada sobre la palanca del mecanismo del módulo de montaje y desmontaje de rodamiento debemos identificar el torque de una tuerca de 3/4 por catálogo, donde:

TORQUE en (Nm)	GRADO 2		GRADO 5		GRADO 8		INOX. 304	INOX. 316
	LUB.	SECO	LUB.	SECO	LUB.	SECO	SECO	SECO
1/4	6	7.5	9.5	12	13.5	17	8.5	9
5/16	12	15	20	25	28	35	15	16
3/8	22	27	35	44	50	63	27	28
7/16	35	44	55	70	80	100	42	44
1/2	53	67	85	110	120	150	58	61
9/16	75	95	125	155	175	225	77	81
5/8	105	135	170	215	240	300	125	131
3/4	190	240	300	375	425	550	173	169
7/8	190	240	490	625	700	835	263	275
1"	290	360	725	925	1050	1300	389	406
1.1/8	400	510	900	1150	1450	1850	560	586
1.1/4	570	725	1300	1650	2050	2600	709	740
1.1/2	990	1250	2250	2850	3600	4550	1204	1261

Ilustración 82-3: Tabla de los datos del torque en una tuerca.

Fuente: (Grollier, 2018)

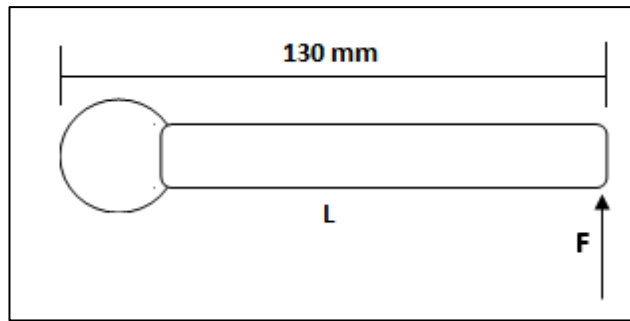


Ilustración 83-3: Representación de la fuerza aplicada a la palanca.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Se calcula a continuación:

$$\tau = F \cdot d \quad (52)$$

Donde:

T = Torque

F = Fuerza aplicada

d = Distancia de la palanca

$$F = \frac{190N \cdot m}{0,13m}$$

$$F = 1461,53N$$

3.5.16.1. Coeficiente de seguridad de la palanca de ajuste

Para poder calcular el coeficiente de seguridad, se debe tomar a la palanca como una viga en voladizo, con una $d = 13cm$ y $F = 750N$, este valor es un intermedio de fuerza total que se aplica en la palanca.



Ilustración 84-3: Diagrama de las cargas aplicadas a la palanca.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

$$\sum Fy = 0 \quad (53)$$

$$Ay + 750N = 0$$

$$Ay = -750N$$

$$\sum M = 0 \quad (54)$$

$$MA + 750N \cdot (0,13m) = 0$$

$$MA = -97,50N \cdot m$$

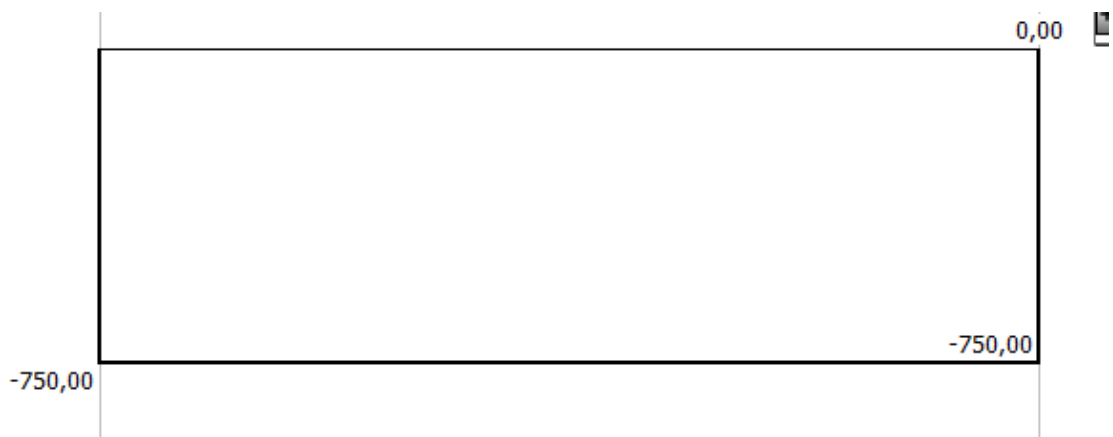


Ilustración 85-3: Diagrama de fuerza cortante de la palanca.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñá, D, 2022)

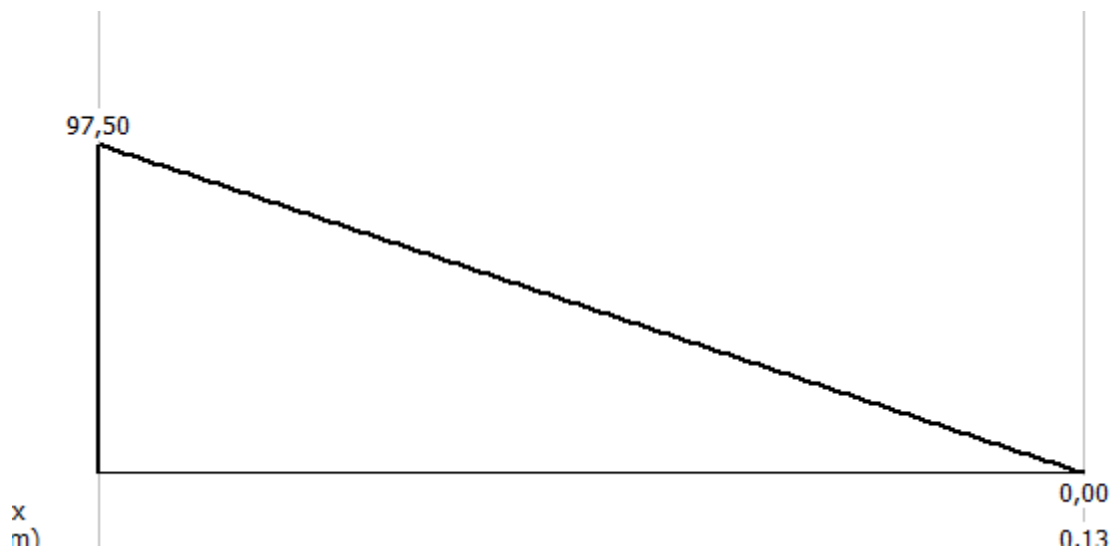


Ilustración 86-3: Diagrama de momento flector de la palanca.

Realizado por: (Azogue, C; Musuñá, D, 2022)

- **Cálculo del momento de inercia**

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^2 \quad (55)$$

Donde:

$I =$ Momento de inercia (m^4)

$r =$ Radio del eje

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.0952^4$$
$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.0952^4 = 64,51 \times 10^{-6} m^4$$

3.5.16.2. Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{M \cdot C}{I} \quad (56)$$

Donde:

$M_z =$ Momento flector en el eje z ($N \cdot m$)

$C =$ Radio del eje (m)

$I =$ Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{97,75 Nm \cdot 0,0952 m}{64,51 \times 10^{-6} m^4}$$
$$\sigma_A = 0,144 MPa$$

- **Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A**

$$\tau = \frac{Mx}{J} \quad (57)$$

Donde:

$M_x =$ Momento flector en el eje x ($N \cdot m$)

$I =$ Momento de inercia (m^4)

$$\tau = \frac{0 Nm}{2I}$$
$$\tau = \frac{0 Nm}{2 \cdot (64,51 \times 10^{-6} m^4)}$$

- **Cálculo del esfuerzo de Von Misses**

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (58)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : esfuerzo principal de corte

$$\sigma' = \sqrt{0,144MPa^2 + 3(0MPa^2)}$$

$$\sigma' = 0,0144Mpa$$

3.5.16.3. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (59)$$

Dónde:

n: Coeficiente de seguridad (Adimensional)

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (MPa)

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37) ,”El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 GPa.).

$$n = \frac{670MPa}{0,014Mpa}$$

$$n = 46,52$$

3.5.17. Cálculo del eje de mecanismo de apriete

EL eje donde va la palanca permite que tenga un ajuste del hexágono para cada puesto de trabajo, este eje tiene una $L = 17 \text{ cm}$ y un momento de $T = 97,75Nm$, este análisis se tomara al eje como una viga empotrada o en voladizo.



Ilustración 87-3: Diagrama de momentos del mecanismo de apriete

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

$$\sum Fy = 0 \quad (60)$$

$$Ay = 0$$

$$\sum M = 0 \quad (61)$$

$$MA + 97,50 \cdot (0,17m) = 0$$

$$MA = -16,575N \cdot m$$

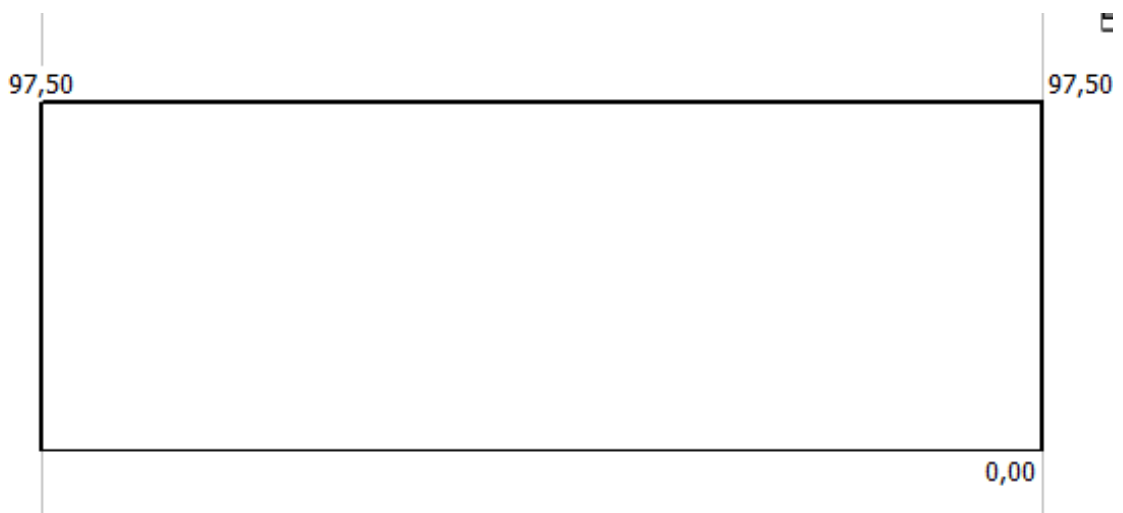


Ilustración 88-3: Diagrama momento flector

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

- **Cálculo del momento de inercia**

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot r^2 \quad (62)$$

Donde:

$I =$ Momento de inercia (m^4)

$r =$ Radio del eje

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.0127^4$$
$$I = \frac{\pi}{4} \cdot 0.0127^4 = 2,043 \times 10^{-8} m^4$$

Esfuerzo de tensión en el punto A

$$\sigma_A = \frac{M \cdot C}{I} \quad (63)$$

Donde:

$M_z =$ Momento flector en el eje z ($N \cdot m$)

$C =$ Radio del eje (m)

$I =$ Momento de inercia (m^4)

$$\sigma_A = \frac{16,575 Nm \cdot 0,0127 m}{2,043 \times 10^{-8} m^4}$$
$$\sigma_A = 10,30 MPa$$

Cálculo del esfuerzo cortante en el punto A

$$\tau = \frac{Mx}{J} \quad (64)$$

Donde:

$M_x =$ Momento flector en el eje x ($N \cdot m$)

$J =$ Momento polar de inercia (m^4)

$$\tau = \frac{0 Nm}{2I}$$
$$\tau = \frac{0 Nm}{2 \cdot (2,043 \times 10^{-8} m^4)}$$
$$\tau = 0 MPa$$

Cálculo del esfuerzo de Von Misses

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (65)$$

Dónde:

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

σ : Esfuerzo principal a flexión (MPa)

τ_{xy} : esfuerzo principal de corte

$$\sigma' = \sqrt{10,30MPa^2 + 3(0MPa^2)}$$

$$\sigma' = 10,30Mpa$$

3.5.17.1. Cálculo del coeficiente de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (66)$$

Dónde:

n: Coeficiente de seguridad (Adimensional)

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (MPa)

σ' : Esfuerzo de Von Misses (MPa)

Según (Ayala Alomoto y Pucha Severino 2016, p. 37) ,”El esfuerzo de fluencia del acero 7040 es de 670 GPa.).

$$n = \frac{670MPa}{10,30Mpa}$$

$$n = 65,04$$

3.6. Realización del plan de mantenimiento del módulo de montaje y desmontaje

Se realiza el plan de mantenimiento del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos en base a los principales elementos, donde se detalla la codificación de los equipos, la metodología de mantenimiento a utilizar, una norma referencial donde nos facilita todos los parámetros a considerar para un plan de mantenimiento efectivo. El cumplimiento del plan ayuda a activo físico a alargar su vida útil.

3.6.1. Codificación técnica de equipos

La codificación técnica se realiza según la (ISO 14224,2016), la cual facilita una organización, planificación y control de las actividades en donde estos activos intervengan, para realizar la codificación del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, se utiliza sus 6 niveles jerárquicos partiendo desde el nivel taxonómico de la empresa hasta la unidad de equipo, para la codificación del módulo se utilizará sus 4 niveles, como se detallan a continuación:

3.6.1.1. Codificación a nivel de planta

Este nivel hace referencia a la institución académica en donde se está llevando a cabo el Proyecto de Integración Curricular, se utiliza 6 caracteres alfabéticos

Tabla 14-3: Codificación a nivel de planta.

Planta	Código
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	ESPOCH

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

3.6.1.2. Codificación a nivel de área.

El siguiente nivel taxonómico descrito es el área donde está ubicado el módulo, para ello se ha considerado a la Facultad de Mecánica, se utilizará 2 caracteres alfabéticos.

Tabla 15-3: Codificación a nivel de área.

Área	Código
Facultad de Mecánica	ESPOCH_FM

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

3.6.1.3. Codificación a nivel de sistema

Este nivel hace referencia al laboratorio en donde los estudiantes podrán encontrar el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos. Para la taxonomía se utiliza 3 caracteres alfabéticos.

Tabla 16-3: Codificación a nivel de sistema.

Sistema	Código
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	ESPOCH_FM_LMC

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

3.6.1.4. Codificación a nivel de equipos.

En este último nivel hace referencia al sistema o equipo al cual se refiere y al número de equipos iguales pertenecientes al módulo de montaje y desmontaje de rodamientos. Para este nivel se utiliza 3 caracteres alfabéticos para el equipo y 2 caracteres numéricos para los equipos semejantes, en este caso va a ser el primero ya que en el laboratorio se cuenta con un módulo de las mismas características.

Tabla 17-3: Codificación a nivel de equipos.

Sistema	Equipo	Código
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.	ESPOCH_FM_LMC _MDR01


Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

3.6.2. Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) de los equipos.

La norma (UNE-EN 60812,2018) define al análisis modal de fallo y efecto (AMFE) como una metodología del mantenimiento que, por medio de un procedimiento sistemático de análisis, permite reconocer los modos de fallo potenciales, las causas y sus efectos en el funcionamiento del sistema. La metodología AMFE es considerada la más adecuada para utilizar en la fase de diseño y construcción de las máquinas o equipos, con la finalidad de determinar acciones que impidan los fallos, por esta razón se tomó en cuenta.

Para realizar la gestión del plan de mantenimiento preventivo del módulo de montaje y desmontaje de rodamiento se tomará en cuenta las actividades que están estandarizadas para realizar el mantenimiento de los equipos y máquinas, las actividades principales a considerar serán: la limpieza, lubricación, soldadura, aplicación de agentes anticorrosivos, entre otros. En el plan de mantenimiento preventivo se detalla el modo de falla del elemento, luego la actividad recomendada para recuperar la función principal del activo, también en el plan encontraremos los responsables de las actividades a realizar, cada actividad viene acompañada con su frecuencia y las herramientas, materiales que se van a utilizar para ejecutar esas tareas de mantenimiento. El cumplimiento de la planificación del mantenimiento ayuda al activo físico en este caso el módulo de montaje y desmontaje de rodamiento a conservar su ciclo de vida, las actividades de mantenimiento realizadas serán archivadas para lograr tener un historial de los elementos mantenibles del módulo.

Tabla 18-3: Análisis modal de fallo y efecto del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

		ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO		Versión: 001	
				Fecha de elaboración: 10-01-2023-	
				Fecha de revisión: 20-01-2023	
				Fecha de aprobación: 08-02-2023	
Elabora: Azogue Christopher, Musuña Daniel		Revisa: Ing. Jorge Buñay		Aprueba: Ing. Felix García	
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.					
Nombre del equipo: Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Código técnico: ESPOCH_FM_LMC_MDR01		
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas	
Montar rodamientos colocando el hexágono en sus 6 posiciones.	Hexágono trabado	Eje de rotación del hexágono sin lubricante.	Hexágono no puede colocar en una de las 6 posiciones	Realizar la lubricación del eje de rotación.	
	Mecanismo de apriete trabado	Tuerca del eje de rotación trabada	No se puede colocar el hexágono en la posición de trabajo deseada	Aplicación de WD-40 y revisión del estado de la rosca del eje de rotación	
	Bola del mecanismo no se enclava en una de las 6 posiciones de la parte inferior del hexágono	El resorte no da la suficiente presión a la bola para que la bola se enclave en su posición.	Posición incorrecta del hexágono y complicaciones al realizar el procedimiento de montaje.	Verificar el estado del resorte y dar más presión mediante el ajuste del prisionero	
	Ruedas del módulo trabadas	Falta de lubricación	El módulo no se pudo colocar en el área de trabajo.	Realizar la limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas.	
	Eje del hexágono con puntos de corrosión	Excesiva humedad en el laboratorio.	Fisura, rotura y desgaste abrasivo de la superficie.	Limpieza del eje y aplicación de agentes anticorrosivos.	

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

Los resultados detallados a continuación, se obtuvieron mediante el estudio de los requerimientos de construcción logrando implementar la metodología QFD la cual nos permite obtener la mejor opción de diseño antes de su construcción. El módulo de montaje y desmontaje de rodamiento se instaló en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica donde se realiza la práctica número 1 de montaje y desmontaje del rodamiento de rodillos a rótula 22208 mediante la técnica de manguito de fijación obteniendo la guía de laboratorio y su manual de operación. El módulo brinda ergonomía, seguridad y mantenibilidad a las personas que van a desarrollar las prácticas de montaje y desmontaje de rodamientos.

4.1. Resultados del diagrama de flujo de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

El anexo k se sistematiza de manera detallada y específica todos los procesos que se siguieron para la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, la obtención del módulo final se inició realizando un estudio de los requerimientos mediante la metodología QFD, esta metodología tiene como finalidad obtener la mejor alternativa de diseño de acuerdo a lo requerimientos del cliente antes de su construcción, cuando se obtuvo la mejor opción se procedió a diseñar los planos del módulo y seleccionar los materiales que se deben utilizar para construir el mismo

El diseño del módulo se divide en 3 mecanismo, el primero es la estructura de la mesa de trabajo los abatibles y las puertas, el segundo es el hexágono con sus respectivos ejes, y por último el mecanismo de apriete del hexágono, en cuanto a la construcción primero se realizó el corte de los perfiles para la estructura de la mesa y los perfiles de para las puertas del mismo, luego se procedió a cortar las caras del hexágono para realizar en cada cara una perforación de 32mm de diámetro, esta perforación se utilizó para soldar cada eje a las caras del hexágono, los ejes fueron mecanizados con sus respectivos diámetros, la medida de cada diámetro de los ejes se obtuvo tomando en cuenta los diámetros internos de cada rodamiento y el diámetro externo del manguito de fijación que correspondía a cada eje, la ilustración 89-4 muestra el flujograma del procedimiento de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

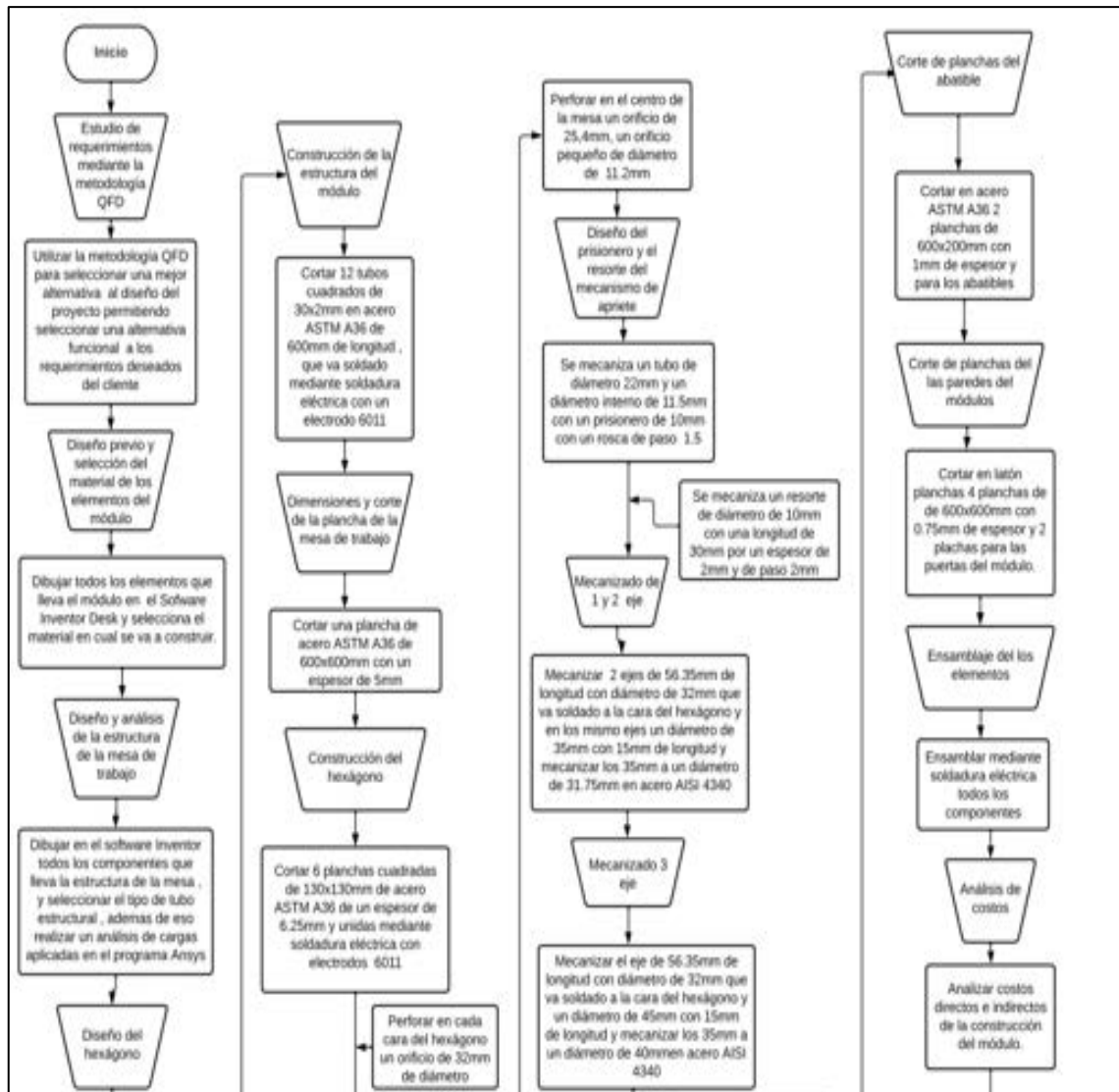


Ilustración 89-4: Procedimiento de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Para la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, en primer lugar debemos contar con los planes de diseño, por lo tanto para realizar los planos y obtener la mejor alternativa de diseño se realizó el estudio de los requerimientos utilizando una encuesta para conocer las necesidades de los estudiantes acerca de la ergonomía, precio y movilidad del módulo, luego para determinar la mejor alternativa de diseño se procedió a realizar un análisis con la casa de calidad, donde mediante una matriz de relación entre las necesidades y los requerimientos de diseño se determina la mejor alternativa de diseño, luego de realizar el análisis se define el diseño del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, los planos se realizaron un programada de dibujo asistido por computadora, la simulación de los de los elementos mecánicos para conocer su coeficiente de seguridad se realizó con el programa ANSYS.

4.2. Planificación de la construcción del módulo.

En la ilustración 90-4 se detalla cada actividad según la fecha estipulada para ser completada cada una de las tareas y en anexo C se encuentra la planificación completa de su construcción.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO											
Ingeniería en Mantenimiento Industrial											
Proyecto de construcción de módulo de montaje y desmontaje de rodamientos											
Realizado por: Daniel Musuña, Christopher Azogue											
ID	EDT	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart (Oct 2022 - Feb 2023)				
1	1	1 Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	\$810,00	47 días	lun 14/11/22	mié 25/1/23	[Bar chart showing task duration from Oct 2022 to Feb 2023]				
2	1.1	1.1 Metodología QFD	\$0,00	3 días	lun 14/11/22	mié 16/11/22	[Bar chart showing task duration]				
4	1.2	1.2 Diseño del módulo de montaje y desmontaje	\$0,00	2 días	mié 16/11/22	vie 18/11/22	[Bar chart showing task duration]				
7	1.3	1.3 Diseño del mecanismo de apriete del hexágono	\$0,00	4 días	vie 18/11/22	jue 24/11/22	[Bar chart showing task duration]				
12	1.4	1.4 Diseño de ejes	\$0,00	1 día	jue 24/11/22	vie 25/11/22	[Bar chart showing task duration]				
14	1.5	1.5 Diseño de los abanibles y diseño del puertas, paredes de los módulo	\$0,00	2 días	vie 25/11/22	mar 29/11/22	[Bar chart showing task duration]				
17	1.6	1.6 Ensamblaje de los elementos	\$0,00	5 días	mar 29/11/22	mar 6/12/22	[Bar chart showing task duration]				
23	1.7	1.7 Construcción del módulo	\$360,00	20 días	lun 5/12/22	mié 11/1/23	[Bar chart showing task duration]				
33	1.8	1.8 Análisis de costos fijos y variables	\$0,00	2 días	mié 11/1/23	vie 13/1/23	[Bar chart showing task duration]				
36	1.9	1.9 Pruebas de ajuste y tolerancias del montaje de rodamientos	\$0,00	4 días	vie 13/1/23	mié 18/1/23	[Bar chart showing task duration]				
38	1.10	1.10 Realización de guía de laboratorio y plan de mantenimiento	\$0,00	3 días	jue 19/1/23	mié 25/1/23	[Bar chart showing task duration]				

Ilustración 90-4: Planificación del diseño y construcción del módulo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3. Resultados de la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos

En este punto se especifica el proceso de construcción del módulo, se detalla los procesos de mecanizado, el tiempo construcción y montaje, en la ilustración 91-4 se observa el ensamblaje final del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

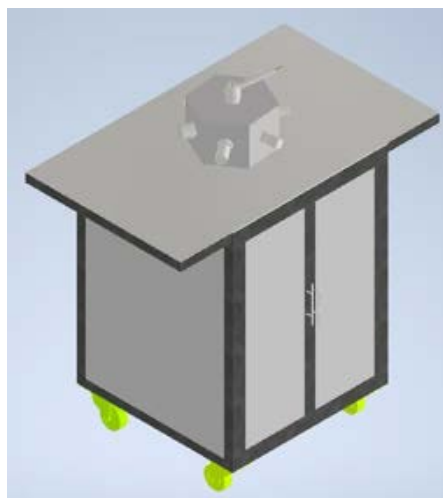


Ilustración 91-4: Ensamblaje final del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.1. *Procesos de mecanizado y tiempos de construcción*

El proceso de construcción del módulo consta de diferentes elementos a mecanizar, debido a la complejidad de construcción, se procedió a mecanizar cada elemento como se indica a continuación:

4.3.2. *Estructura del módulo*

Partimos desde el diseño de la estructura del módulo sus dimensiones son de 600x600x800mm como se indica en la ilustración, para la construcción de esta estructura se utilizó perfil de tubo cuadrado de acero ASTM A36 de 30x2mm, se cortó 8 perfiles de 600 mm ,4 perfiles de 800 mm y 3 perfiles de 20x2mm de longitud de 600mm, para posteriormente ensamblar por soldadura eléctrica como se indica en la ilustración 92-4 se observa de la estructura del módulo.



Ilustración 92-4: Construcción de la estructura del módulo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.3. *Plancha de acero*

El diseño de la plancha se indica en la ilustración 93-4, la plancha de acero es la parte fundamental de la estructura del módulo, donde va a estar el hexágono, siendo también la mesa de trabajo, para la construcción de esta plancha se utilizó acero ASTM A36 de 5mm, con las dimensiones de 600x600m como se muestra en la ilustración 93-4 donde también logramos visualizar la perforación de un diámetro de 25,4 mm por donde pasa el eje de rotación del hexágono lo cual permite al mismo girar en sus posiciones, la segunda perforación que se visualiza en la imagen es de un diámetro de 11 mm, en esta perforación va la bola la cual cumple con la función de enclavar al hexágono en sus 6 posiciones que tiene dependiendo la práctica que desea el usuario.

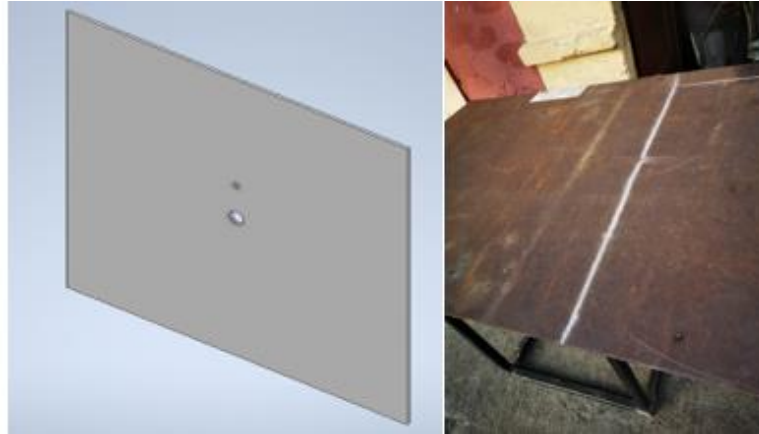


Ilustración 93-4: Construcción de la plancha de acero.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.4. *Construcción del Hexágono*

El diseño de la estructura del hexágono no fue complejo ya que es un hexágono de 130mm por lado, con orificios de 32mm de diámetro como se muestra en la ilustración 94-4. Para la construcción del hexágono se utilizó acero ASTM A36 de 6.25mm, por su difícil construcción se procedió a cortar 6 cuadrados de 130 mm x 130mm que posteriormente se realizó una soldadura uniando los 6 cuadrados y 2 hexágonos de 130mm por lado que viene a ser las tapas de la estructura del hexágono como se indica en la ilustración 87-4.

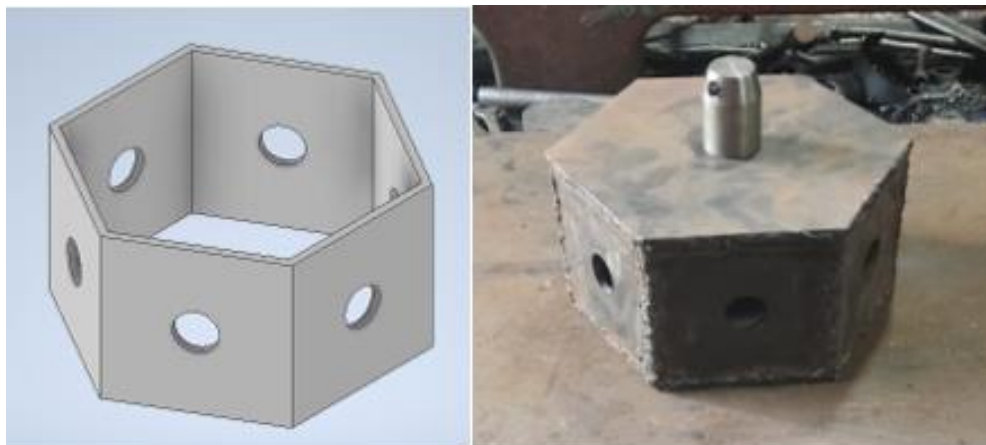


Ilustración 94-4: Construcción del hexágono

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.5. *Mecanismo de apriete*

Para el diseño del mecanismo de apriete se tomó como referencia al portaherramientas de un torno por su complejidad se hizo el diseño de cada elemento para un posterior ensamblaje, a continuación, los elementos del mecanismo del apriete:

4.3.5.1. Eje del mecanismo

El diseño del eje del mecanismo se muestra en la ilustración 95-4, para el mecanizado del eje se tomó las dimensiones del plano, se mecanizó en acero AISI 4130 un eje de diámetro de 24,40 mm y una longitud de 180mm, consta de una base cuadrada de 40x40mm y una rosca en el eje de 32mm de paso 1,5mm como se muestra en la ilustración 88-4.

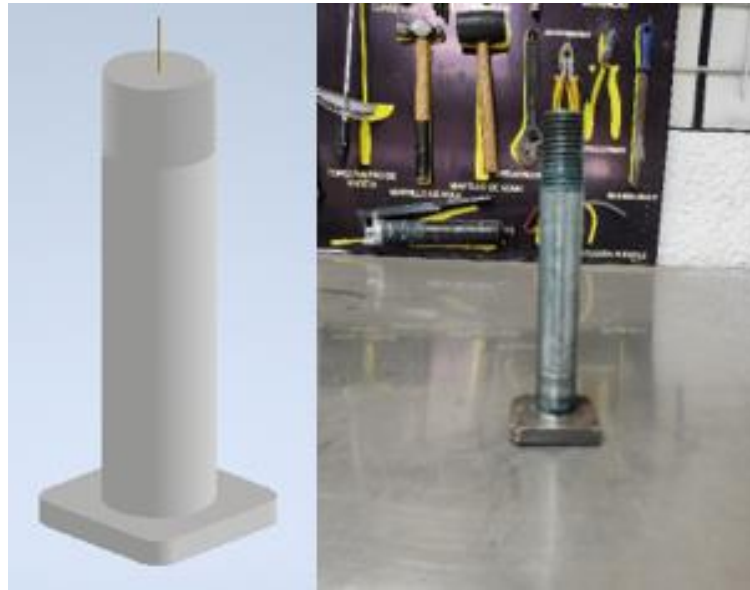


Ilustración 95-4: Construcción del eje del mecanismo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.5.2. Palanca de ajuste

El diseño de la palanca se hizo en 2 partes, la primera parte se diseñó la cabeza de la palanca donde se acopla al eje, y la segunda parte el eje de la palanca como se indica en la ilustración 96-4. Para el mecanizado de la cabeza de la palanca se utilizó un eje AISI 4130 de diámetro 50mm.



Ilustración 96-4: Construcción de la palanca de apriete.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

El mecanizado de la cabeza del eje consta una inclinación de 15 grados desde una altura de 30mm, con una rosca interna de diámetro de 25,4mm, de longitud 30mm de paso 1,5 mm, en la inclinación se realiza una rosca interna de diámetro de 18mm de paso 1.5mm como se indica en la ilustración 97-4.



Ilustración 97-4: Construcción de la tuerca del eje de mecanismo de apriete.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Para el mecanizado del eje de la palanca se utilizó acero AISI 4130 de diámetro de 18mm y una longitud de 130mm y una rosca de 10mm de paso 1.5.

4.3.6. *Mecanizado del sistema de enclavamiento*

Para el mecanizado de este sistema se realiza 6 perforaciones en la parte inferior del hexágono de diámetro 11,20mm y en el centro un orificio de 25,4mm como se muestra en la ilustración 98-4.

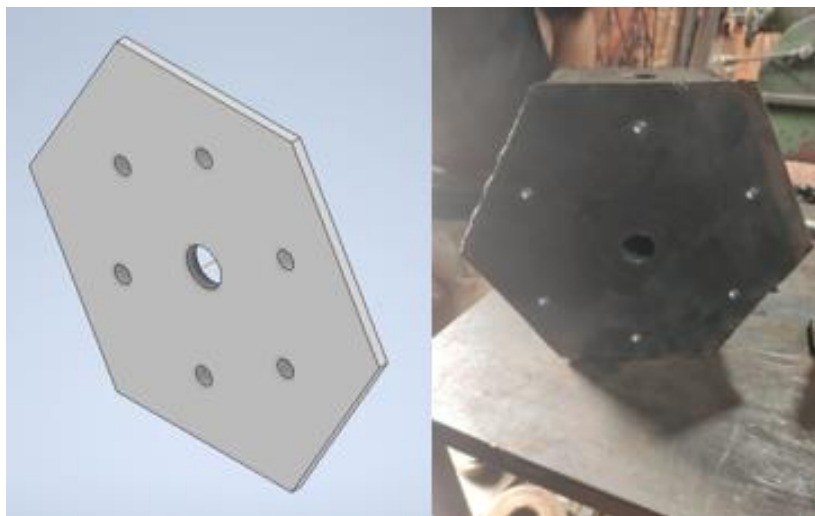


Ilustración 98-4: Mecanismo del sistema de enclavamiento del hexágono.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.7. *Mecanizado del resorte y el prisionero*

Para el mecanizado del resorte se utilizó acero SAE 1070 con un diámetro de 10mm, un espesor de 2mm con una longitud de 30mm, de paso de 2mm, como se indica en la ilustración 99-4.



Ilustración 99-4: Construcción del resorte del mecanismo de apriete.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

El prisionero se mecanizo en acero AISI 4130 con un diámetro de 10mm, longitud de 10mm este prisionero va en conjunto a un eje de 60mm, con un diámetro interno de 11,50mm y un externo de 22mm como se muestra en la ilustración 100-4

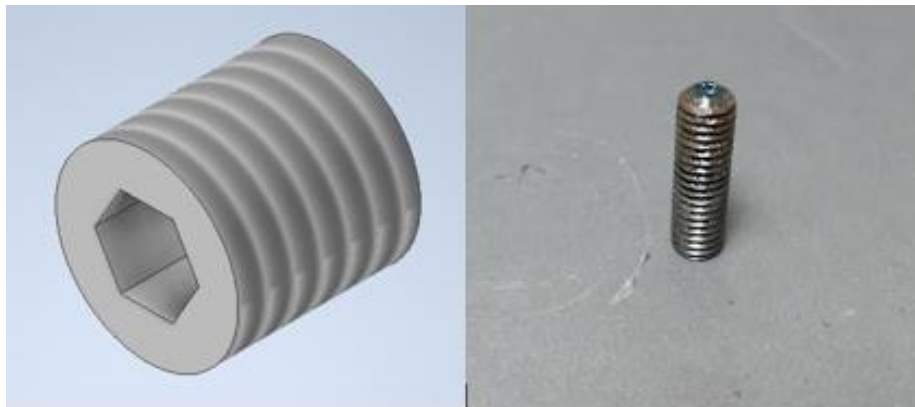


Ilustración 100-4: Prisionero del mecanismo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.8. *Mecanizado de ejes*

Para la construcción de los ejes se realizó planos en el programa inventor, la cual consta de 6 ejes que van unidas al hexágono, para la construcción de estos ejes se realizó de forma individual como se muestra a continuación.

4.3.8.1. Eje 1

El mecanizado se realiza en acero AISI 4130 un eje de 61.35mm de longitud con un diámetro inicial de 32mm y una longitud de 6.35mm, en el mismo eje a una distancia de 6.35mm, se mecaniza un eje de 35mm con una longitud de 15mm, y posteriormente un mecanizado con un diámetro de 31.75mm y una longitud de 40mm. En la ilustración 101-4 se observa el eje mecanizado.

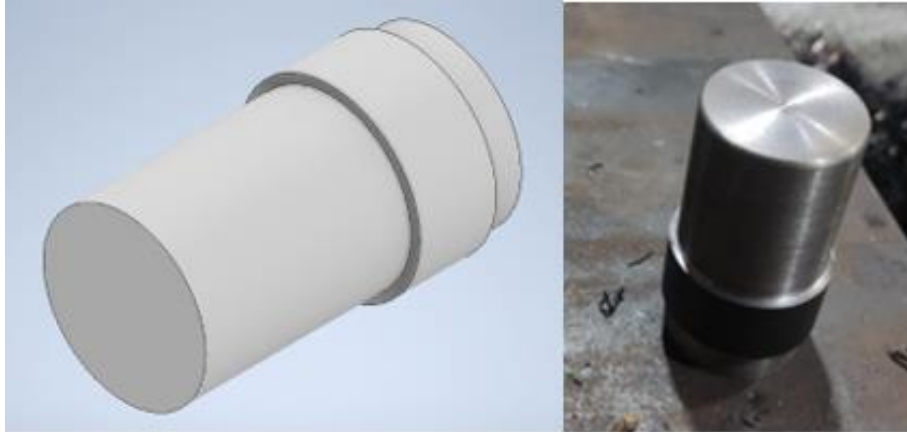


Ilustración 101-4: Mecanizado eje 1.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.8.2. Eje 2

Se mecaniza un eje de 56.35mm de longitud, con un diámetro inicial de 32mm y una longitud de 6.35mm, en el mismo eje a una distancia de 6.35mm, se mecaniza un eje de 35mm con una longitud de 15mm, y posteriormente un mecanizado con un diámetro de 31.75mm y una longitud de 35mm como se muestra en la ilustración 102-4.

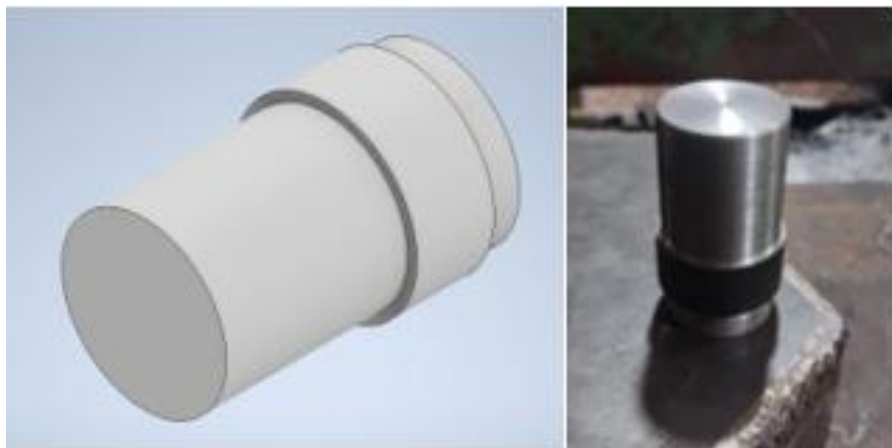


Ilustración 102-4: Mecanizado del eje 2

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.8.3. Eje 3 y 4

Se mecaniza un 2 eje de 56.35mm de longitud, con un diámetro inicial de 32mm y una longitud de 6.35mm, en el mismo eje a una distancia de 6.35mm, se mecaniza un eje de 45 mm con una longitud de 15mm, y posteriormente un mecanizado con un diámetro de 40mm y una longitud de 35mm, una rosca de paso 1.5 de longitud de 13mm como se muestra en la ilustración 103-4.

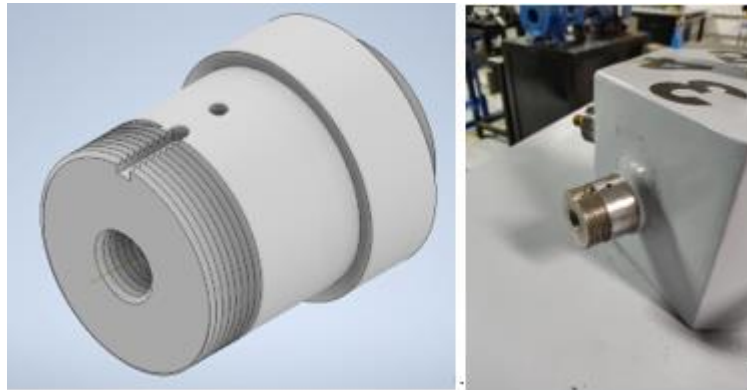


Ilustración 103-4: Mecanizado del eje 3.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

En los mismos ejes se realiza un agujero de 12mm de diámetro con una rosca interna de 24 mm y paso de 1.5, en la parte externa del eje de 35mm se realiza un agujero de 3mm a una distancia de 24mm como se muestra en la ilustración 104-4.

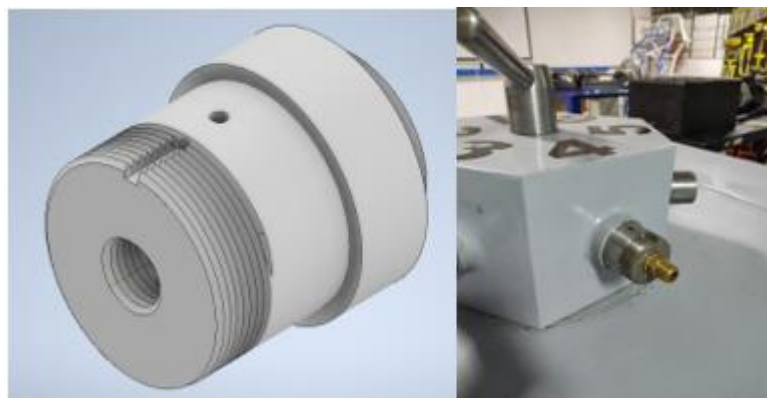


Ilustración 104-4: Mecanizado del eje 4

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.8.4. Eje 5

El mecanizado se realiza en acero AISI 4130 un eje de longitud de 46.35mm con un diámetro inicial de 32mm y una longitud de 6.35mm, en el mismo eje a una distancia de 6.35mm, se

mecaniza un eje de 45mm con una longitud de 15mm, y posteriormente un mecanizado con un diámetro de 40mm y una longitud de 25mm. En la ilustración 105-4 se observa el eje terminado.

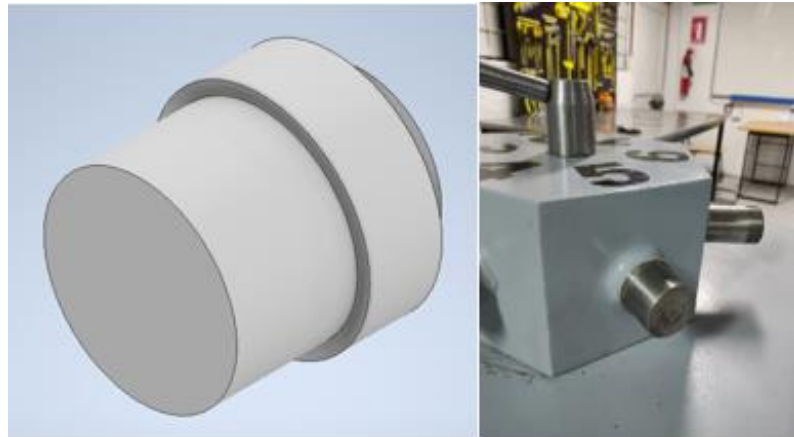


Ilustración 105-4: Mecanizado del eje 5.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.8.5. Eje 6

Se mecaniza un eje de 81.35mm de longitud, con un diámetro inicial de 32mm y una longitud de 6.35mm, en el mismo eje a una distancia de 6.35mm, se mecaniza un eje de 45mm con una longitud de 15mm, y posteriormente un mecanizado con un diámetro de 40mm y una longitud de 60mm como se muestra en la ilustración 106-4.

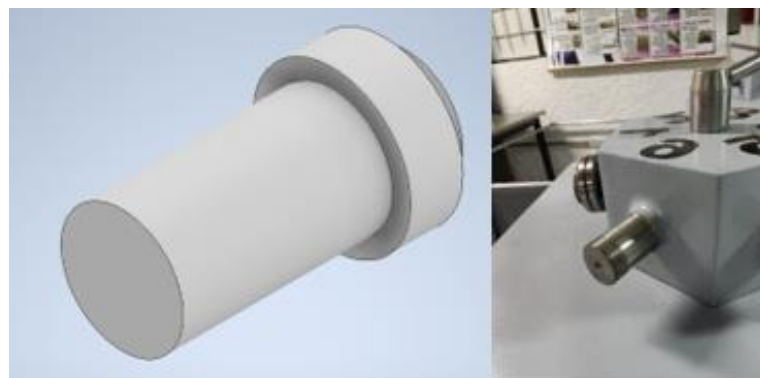


Ilustración 106-4: Mecanizado del eje 6.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.9. Construcción de abatibles

Se utiliza perfil cuadrado ASTM A36 de 20x2mm, se cortan 4 tubos de 200mm y 4 tubos de 600mm para la estructura del abatible, posteriormente se cortan 2 planchas de 200x600mm y ensambladas mediante soldadura eléctrica como se indica en la ilustración 107-4.



Ilustración 107-4: Construcción de los abatibles.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.10. Mecanismo de fijación del abatible

La construcción de este mecanismo se utilizó 4 platinas de 16mm en acero ASTM A36, la cual van montadas mediante un tornillo en cada abatible, permitiendo la fijación del abatible como se indica en la ilustración 108-4.



Ilustración 108-4: Mecanismo de fijación de los abatibles.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.11. *Construcción de puerta y paredes del módulo*

Para la construcción de las puertas se utilizó perfil cuadrado ASTM A36 de 20x2mm, se corta 4 tubos de 515mm y 4 tubos de 715mm para la estructura de las puertas como se muestra en la ilustración 109-4.



Ilustración 109-4: Construcción de las puertas del módulo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

La construcción de las paredes de módulo y de las puertas se utilizó latón de 0,75mm de espesor, para las paredes se cortó 3 planchas de 736.50x536.50mm con un doblado de 20, 75mm. Como se indica en la ilustración, para las paredes de las puertas 2 planchas de 730x536mm con un doblado de 20,75mm y 2 planchas 576x576mm que van a ser los estantes del módulo como se indica en la ilustración 110-4.






Ilustración 110-4: Construcción de las paredes del módulo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.12. Ensamblaje del módulo

Es la parte final de la construcción del módulo, se procede a unir todos elementos mediante soldadura por arco eléctrico se utilizando 5 libra de electrodo 6011, como se muestra a continuación en la tabla 19-4.:

Tabla 19-4: Mecanismos y elementos ensamblados del módulo.

ELEMENTO	ILUSTRACIÓN
Hexágono	
Mesa de trabajo	
Puertas	

CONTINUA

<p>Paredes</p>	
<p>Repisas</p>	
<p>Bisagras de puertas</p>	
<p>Bisagra de abatibles</p>	

CONTINUA

<p>Llantas</p>	
<p style="text-align: center;">ACCESORIOS</p>	
<p>Chapa</p>	
<p>Tiraderas</p>	
<p>Seguro</p>	

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.3.13. *Ensamblaje y pintura del módulo*

Se procede a montar todos los elementos, posteriormente realizar los acabados finales, en esta parte de la pintura se utilizó 1 litro de fondo, 1 litro de pintura sintética, lijas, 1/2 de masilla, teniendo un acabado final del módulo de montaje y desmontaje de rodamiento como se muestra en la ilustración 111-4



Ilustración 111-4: Pintura de fondo.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)



Ilustración 112-4: Módulo de montaje y desmontaje terminado:

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.4. Análisis de costos

En este punto se detalla los costos directos e indirectos para la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

4.4.1. Costos directos

Los costos directos son aquellos que están directamente vinculados a la construcción, desde el diseño hasta la obtención del módulo terminado, este tipo de costos abarca costos de materia prima, mecanizado, mano de obra, y transporte.

Tabla 20-4: Costos de materiales.

Costo de materia prima			
Descripción	Cantidad	Dimensión	Costo
Perfil tubo cuadrado ASTM A36	12	600x30x2mm	29,02
Perfil tubo cuadrado ASTM A36	4	600x20x2mm	11,67
Plancha de acero ASTM A36	1	600x600x5mm	10
Plancha de acero ASTM A36	2	600x200x1mm	9,5
Plancha de acero ASTM A36	1	650X260X6.35mm	8.5
Plancha de latón	3	736x536x0.7	13,5
Plancha de latón	2		9
Ejes AISI 4130	1	450x50mm	11,25
Eje AISI 4130	1	140mmx20mm	11,25
Tubo de acero ASTM A36	1	140x30mmx4mm	14.5
Tubo de Acero ASTM A36	1	60X22mm	12.5
Eje AISI 4130	1	15X20mm	11,25
Eje AISI 4130	1	200x30mm	11,25
Bisagras	8	50mmx30mm	3
Platinas	1	640x20x2mm	10
Pernos	2		2
Pintura y fondo	2lt	-	14
Masilla	0.5lt	-	8
Lijas	8		1,5
Llantas fijas	2	100mm	8
Llantas de giro	2	100mm	12
Electrodos	5 lb	6011	16
Costo materia prima			237.69
<i>Accesorios</i>			
Chapas	1	-	3.50
Tiraderas	2	-	4.00
Costos accesorios			7,50
Costo total de materia prima			245,19

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Tabla 21-4: Costos de Fabricación.

Costo de fabricación			
Horas	Actividad	Costo/hora	Total
2	Corte de tubos de la estructura	10	20
3	Corte de la plancha de acero	5	15
1	Corte de la plancha de latón	10	10
4	Mecanizado de ejes	10	40
1	Soldado de la estructura	10	10
1	Soldado del hexágono	10	10
1	Soldado de paredes y puerta	10	10
2	Soldado del mecanismo de apriete y ejes	10	20
1	Pintura	15	15
Costo total de fabricación			150

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

Tabla 22-4: Costos Totales.

<i>Descripción</i>	<i>Costo</i>
<i>Costo de materia prima</i>	245,19
<i>Costo de fabricación</i>	150
<i>Costo de rodamientos</i>	400
<i>Costo Directo total</i>	795.19

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.4.2. *Costos indirectos*

Estos costos no se encuentran relacionados de forma directa a la construcción del proyecto, este tipo de costo influye en el costo final, ya que influye en la inversión inicial, este tipo de costos abarcan todo lo relacionado con diseños, investigación, transporte e insumos en el proceso de fabricación.

4.4.3. *Costos de ingeniería*

Los costos de ingeniería conllevan todos los procesos de investigación, metodología y diseño de la máquina, esta actividad duro cuarenta horas, lo cual el costo ingenieril es de 10, con un total de 400 dólares.

Tabla 23-4: Costos indirectos totales.

<i>Descripción</i>	<i>Costo(usd)</i>
<i>Costo de ingeniería</i>	400
<i>Costo de transporte</i>	20
<i>Costo de insumo</i>	40
<i>Costo total</i>	460

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.4.4. *Costo total del módulo de montaje y desmontaje*

Una vez concluido el análisis de costos directos e indirectos se llega a la conclusión que el total de costos para la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos es de:

Tabla 24-4: Costos totales del módulo.

Costo total	
Descripción	Costo (usd)
Costo Directo	795.19
Costo Indirecto	460
Costo total del módulo	1255.19

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2022)

4.5. **Manual de usuario del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.**

Una vez construido del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos se procedió a colocar en el laboratorio de mantenimiento correctivo, por lo tanto se realizó el manual de usuario para operar de forma adecuada durante su respectiva practica de laboratorio, en el manual de operaciones se detalló con claridad cada paso el cual debe seguir el usuario para desarrollar el trabajo deseado, también se consideró la seguridad una parte fundamental la cual es la seguridad del operario antes de operar el módulo, en el anexo D se pueden encontrar el documento.

4.6. **Guía de laboratorio de la practica número 1 del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.**

Para el desarrollo de la guía de laboratorio la cual corresponde a la práctica de montaje y desmontaje de un rodamiento de rodillos a rótula 22208 EK sobre un manguito de fijación ajustando el juego por el método de reducción del juego, se basó en el manual de usuario para detallar las instrucciones de cada actividad la cual va a ser ejecutada por los estudiantes, luego se

detalló los equipos de protección personal y los equipos, herramientas a utilizar durante la práctica, en el mismo apartado encontramos la parte de toma y recolección de datos , esta sección es muy importante ya que ayuda al usuario a sacar sus conclusiones y recomendaciones de la práctica. En el anexo E se encuentra el documento de la guía del laboratorio realizada.

4.7. Plan de mantenimiento preventivo y correctico del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos

Luego de realizar las prácticas de montaje y desmontaje de rodamientos se establecieron tareas de mantenimiento preventivas con el objetivo de valorar y precautelar el funcionamiento del módulo, también se realizaron actividades de mantenimiento correctivas. En el documento realizado tanto para las actividades preventivas como correctivas se detallan la frecuencia de ejecución solo para el mantenimiento preventivo, luego se describe las personas responsables que están encargadas en realizar dichos trabajos, además, las herramientas y materiales que se necesitan. El plan de mantenimiento preventivo se muestra en el anexo F y plan de mantenimiento correctivo se muestra en el anexo H. En los anexos G y I, se describen cada una de las tareas propuestas en los planes de mantenimiento, la descripción detallada de estas tareas se realizó por medio de las MTS y las TIS.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Aplicando la metodología QFD se obtuvo la mejor alternativa de diseño que nos permitió solventar las necesidades del cliente (estudiante) llegando a un criterio ingenieril que garantiza un diseño de calidad antes de su construcción, mediante la casa de calidad permitió llegar a una perspectiva técnica y generar diversas propuestas de selección por lo cual la alternativa 2 fue la mejor opción tanto en funcionalidad y precio por su fácil construcción y obtención de la materia prima.

Se logro realizar la construcción del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos siguiendo la planificación realizada en el programa de Project, la cual describe cada actividad que se ejecutó con su respectiva fecha de cumplimiento, por lo tanto, genero un procedimiento ordenado optimizando el tiempo en la construcción de piezas no estandarizadas. Además, el uso del flujograma de montaje establece un proceso de ensamblado sistemático permitiendo al usuario acoplar todos los elementos de forma correcta y segura.

La guía de laboratorio de montaje y desmontaje del rodamiento 22208 EK sobre un manguito de fijación indica un procedimiento ordenado para la realización de la práctica, la cual detalla la forma adecuada de realizar la reducción del juego radial interno mediante el uso de los valores de calado recomendados según la tabla del fabricante para el rodamiento de rodillos a rótula, las pruebas realizadas al rodamiento arrojaron un juego radial interno de 0,025 mm antes de montar y después del montaje del rodamiento un juego radial interno de 0,02 mm.

Para realizar las prácticas de montaje y desmontaje de rodamientos en las 6 posiciones del hexágono, se realizó un manual de operación donde se describe las instrucciones de manejo para que el hexágono del módulo se coloque en cada posición. Para la seguridad del usuario se detalló el equipo de EPP's, por otro lado, se obtuvo un plan de mantenimiento preventivo y correctivo aplicando las MTS y las TIS para conservar el ciclo de vida del activo.

5.2. Recomendaciones

Estudiar diferentes metodologías de diseño para obtener una nueva alternativa de diseño para repotenciar el presente módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Utilizar las herramientas adecuadas para cada una de sus prácticas de este modo evitando daños prematuros al eje y a la pista interna del rodamiento

Realizar la lubricación del mecanismo de apriete (bola de acero, prisionero, eje de rotación, tuerca del eje de rotación, resorte) y la limpieza de cada uno de sus elementos de impurezas presentes en la superficie.

Estudiar sobre la manipulación de los rodamientos antes de ser montados y durante la ejecución de las prácticas de montaje y desmontaje cumpliendo cada uno de los pasos descritos para evitar errores al momento de la práctica.

Cumplir con el plan de mantenimiento preventivo y correctivo utilizando las hojas de las MTS y las TIS e ir registrando su historial de fallos.

Implementar un kit de herramientas que contenga llaves, llaves de tubo, copas, destornilladores, llaves de gancho, tuerca hidráulica, santiago, galgas, para facilitar el proceso de ejecución de las diferentes prácticas.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, M. y CASTRO, H.C. Revisión bibliográfica de la metodología Quality Function Deployment aplicada en el sector de servicios. [en línea], 2020. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16212/3/HERRERA_POLAR_GON_RE V.pdf.

ANDRADE FARIAS, O.R. Selección adecuada de rodamientos, poleas y fajas en maquinarias procesadoras de arroz. En: Accepted: 2019-12-02T15:16:16Z, *Universidad Nacional de Trujillo* [en línea], 2019. [Consulta: 21 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15225>.

ALVITRES VIGO, Sebastian Perkins y RAMOS CHACON, Henry Asuncion. *Diseño de una prensa hidráulica semi-automática de 20 toneladas para el desmontaje y montaje de rodamientos para el taller automotriz ASIS SAC.* Trujillo, Perú : s.n., 2022.

AYALA ALOMOTO, E.D. y PUCHA SEVERINO, O.M. *Análisis fractográfico del recubrimiento metálico overlay depositado mediante proceso smaw en acero aisi 4130 y evaluado según código asme sección IX.* Tesis de Licenciatura. S.l.: Quito. 2016.

CHOLANGO GAVILANES, A.I. y ZAPATA CAUTULLIN, J.A. *Determinar la resistencia a la tracción y dureza del acero AISI/SAE 4340, tratado térmicamente por temple a 860 °C y revenido a 280 °C, 320 °C Y 380 °C* [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica salesiana, Quito. 2020. [Consulta: 1 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19191>.

DÍAZ, M.F. y CASTILLO RODRIGUEZ, D. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO PERFILES ESTRUCTURALES* [en línea], 2019, [Consulta: 11 diciembre 2022]. Disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m5/Perfiles_estructurales_2019-1.pdf.

GARCÍA SIMARRO, María Paz. *Modelado, simulación y control de un gemelo digital de una máquina de montaje de rodamientos.* 2020.

GASCA, E.A.R., TORRES, E. de J.C. y CORTÉS, C.A.P. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA QFD EN EL DESARROLLO DE UNA IMPRESORA 3D. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)* [en línea], 2016, vol. 2, no. 28, [Consulta: 6 noviembre 2022]. ISSN 2500-8625. DOI 10.24054/16927257.V28.N28.2016.289. Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcta/article/view/289>.

GRUPO SKF. Daño de rodamientos y analisis de falla. *SKF* [En línea], 2017, [Consulta: 19 de noviembre 2022]. PUB BU/I3 17186 ES.

GUANGAXI CASTILLO, P. del C. Obtención de una base de datos de vibración, temperatura, energía y ultrasonido de la evolución de los modos de fallos en rodamientos [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Mantenimiento Industrial, Riobamba, Ecuador. 2022. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16958>.

ISO 14224:2016. *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.*

JIMÉNEZ, R.R. Desarrollo y calificación de un procedimiento de soldadura en servicio de accesorio para tanque bajo diseño API650 y requerimientos de ASME sección IX con el proceso de soldadura SMAW [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Libre, Facultad de Ingeniería, Instituto de posgrados, Bogotá D.C. 2017. [Consulta: 20 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10944>.

KRYNKE, M. y ULEWICZ, R. Analysis of the influence of slewing bearing mounting on their static load capacity. *Transportation Research Procedia*, 2019, vol. 40, ISSN 2352-1465. DOI 10.1016/J.TRPRO.2019.07.105.

LAZARO ALEMÁN, W.E. y MANRIQUE GALDOS, F.Y. Propuesta de una metodología para incrementar la productividad del proceso de abastecimiento para una empresa de construcción utilizando Building Information Modeling (BIM) y la herramienta Quality Function Deployment. En: Accepted: 2022-07-25T23:17:56Z, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)* [en línea], 2022, [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660416>.

OLMEDO SÁNCHEZ-ÉLEZ, J. Generador automático de rodamientos en Solid Edge a partir de sus parámetros normalizados. 2018.

PANTOJA, M. y ORTEGA, J. ANÁLISIS DE LA CORROSIÓN OCASIONADA POR SALES FUNDIDAS EN UN ACERO ASTM A36 RECUBIERTO POR UNA ALEACIÓN NÍQUEL-ALUMINIO. *repositorio.utp.edu.co* [en línea], 2022, [Consulta: 13 junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/1d3ee7dd-d4a4-4f12-95e8-133075fbe15e/content>.

RINGEGNI, P. *Mecanismos y elementos de máquinas mecanismos y sistemas de aeronaves*. S.l.: La Plata: Universidad nacional de la Plata. 2020.

Schaeffler Technologies AG & Co. KG. *Manual de montaje* [Blog], 2018. [2 de Octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.schaeffler.es/es/novedades-y-prensa/biblioteca-digital/publications/?tab=mediathek-pub&uid=72256684&subfilter=app:dc;language-vid:2036;language-pub:2036;mediatyp-pub:all;referencetyp-pub:0>.

SHUGULI PAREDES, C.J. Construcción de una prensa hidráulica manual para el montaje y desmontaje de rodamientos rígidos de bolas con diámetro interior desde 20 mm hasta 30 mm [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Escuela de formación Tecnológica, S.l.: QUITO/ EPN/ 2007. [Consulta: 18 diciembre 2022]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1540>.

SKF. ¿Por qué SKF? Rodamientos de rodillos a rótula SKF Explorer para aplicaciones vibratorias. *SKF* [en línea], 2014. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub42/Images/0901d1968030c9b7-Why-SKF---SKF-Explorer-spherical-roller-bearings-for-vibratory-applications---06551_1-ES_tcm_42-155279.pdf.

SKF. Rodamientos de rodillos a rótula SKF Explorer Optimizados para lograr un superior rendimiento de campo. *SKF* [en línea], 2017. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub42/Images/0901d196805fd4e2-SKF-Explorer-spherical-roller-bearings---15500_3-ES-2017_tcm_42-291902.pdf.

SKF. Rodamientos. *SKF* [en línea]. Suecia, 2019.[Consulta: 24 octubre 2022]. Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf

UNE-EN 60812:2018. *Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE)*.

ZACIPA PINILLA, F. Implementación del método de análisis de falla a rodamiento de doble rodillo a rotula. *En: Accepted: 2019-07-16T17:48:46Z* [en línea], 2019. [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en: <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1855>.

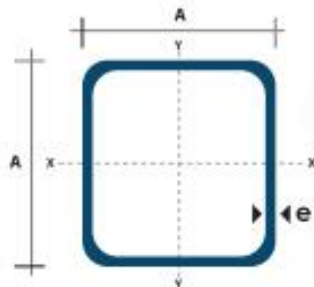
ANEXOS

ANEXO B: CATALOGO DE PERFILES DE ACERO CUADRADO DIPAC.

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.16	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

ANEXO C: PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

id	EDT	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin	tri 4, 2022 oct	nov	dic	tri 1, 2023 ene	feb
1	1	1 Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	\$810,00	47 días	lun 14/11/22	mié 25/1/23					
2	1.1	1.1 Metodología QFD	\$0,00	3 días	lun 14/11/22	mié 16/11/22					
3	1.1.1	1.1.1 Estudio de requerimientos del módulo	\$0,00	3 días	lun 14/11/22	mié 16/11/22					
4	1.2	1.2 Diseño del módulo de montaje y desmontaje	\$0,00	2 días	mié 16/11/22	vie 18/11/22					
5	1.2.1	1.2.1 Diseño de la estructura de la mesa de trabajo	\$0,00	1 día	mié 16/11/22	jue 17/11/22					
6	1.2.2	1.2.2 Diseño del hexágono	\$0,00	1 día	jue 17/11/22	vie 18/11/22					
7	1.3	1.3 Diseño del mecanismo de apriete del hexágono	\$0,00	4 días	vie 18/11/22	jue 24/11/22					
8	1.3.1	1.3.1 Diseño del eje del mecanismo	\$0,00	1 día	vie 18/11/22	lun 21/11/22					
9	1.3.2	1.3.2 Diseño de la palanca de ajuste	\$0,00	1 día	lun 21/11/22	mar 22/11/22					
10	1.3.3	1.3.3 Diseño del prisionero y roscas	\$0,00	1 día	mar 22/11/22	mié 23/11/22					
11	1.3.4	1.3.4 Diseño del resorte	\$0,00	1 día	mié 23/11/22	jue 24/11/22					
12	1.4	1.4 Diseño de ejes	\$0,00	1 día	jue 24/11/22	vie 25/11/22					

Proyecto: tesis espoch Fecha: mié 18/1/23	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

Página 1

id	EDT	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin	tri 4, 2022 oct	nov	dic	tri 1, 2023 ene	feb
13	1.4.1	1.4.1 Diseño de los 6 ejes	\$0,00	1 día	jue 24/11/22	vie 25/11/22					
14	1.5	1.5 Diseño de los abatibles y diseño del puertas, paredes de los módulo	\$0,00	2 días	vie 25/11/22	mar 29/11/22					
15	1.5.1	1.5.1 Diseño de la estructura del abatible	\$0,00	1 día	vie 25/11/22	lun 28/11/22					
16	1.5.2	1.5.2 Diseño de puertas y paredes del módulo	\$0,00	1 día	lun 28/11/22	mar 29/11/22					
17	1.6	1.6 Ensamblaje de los elementos	\$0,00	5 días	mar 29/11/22	mar 6/12/22					
18	1.6.1	1.6.1 Ensamblaje del los componentes de la estructura de la mesa	\$0,00	1 día	mar 29/11/22	mié 30/11/22					
19	1.6.2	1.6.2 Ensamblaje del hexágono y los ejes	\$0,00	1 día	mié 30/11/22	jue 1/12/22					
20	1.6.3	1.6.3 Ensamblaje del mecanismo de apriete	\$0,00	1 día	jue 1/12/22	vie 2/12/22					
21	1.6.4	1.6.4 Ensamblaje de la mesa trabajo	\$0,00	1 día	vie 2/12/22	lun 5/12/22					

Proyecto: tesis espoch Fecha: mié 18/1/23	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

Página 2

Id	EDT	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin	tri 4, 2022	nov	dic	tri 1, 2023	ene	feb
22	1.6.5	1.6.5 Ensamblaje total del los elementos	\$0,00	1 día	lun 5/12/22	mar 6/12/22						
23	1.7	1.7 Construcción del módulo	\$360,00	20 días	lun 5/12/22	mié 11/1/23						
24	1.7.1	1.7.1 Construcción de la estructura de la mesa	\$80,00	2 días	lun 5/12/22	mié 7/12/22						
25	1.7.2	1.7.2 Construcción del hexágono	\$30,00	2 días	mié 7/12/22	vie 9/12/22						
26	1.7.3	1.7.3 Construcción del mecanismo de apriete	\$20,00	3 días	vie 9/12/22	mié 14/12/22						
27	1.7.4	1.7.4 Mecanizado de los ejes	\$40,00	2 días	mié 14/12/22	vie 16/12/22						
28	1.7.5	1.7.5 Construcción de los abatibles	\$20,00	2 días	vie 16/12/22	mar 20/12/22						
29	1.7.6	1.7.6 Construcción de las puerta y paredes del módulo	\$100,00	3 días	mar 20/12/22	vie 23/12/22						
30	1.7.7	1.7.7 Ensamblaje del los elementos	\$45,00	3 días	vie 23/12/22	vie 6/1/23						
31	1.7.8	1.7.8 Pintado del módulo	\$20,00	2 días	vie 6/1/23	mar 10/1/23						

Proyecto: tesis epoch Fecha: mié 18/1/23	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
	Hito inactivo		solo fin			

Id	EDT	Nombre de tarea	Costo	Duración	Comienzo	Fin	tri 4, 2022					tri 1, 2023	
							oct	nov	dic	ene	feb		
32	1.7.9	1.7.9 Engrasado de los elementos de apriete del módulo	\$5,00	1 día	mar 10/1/23	mié 11/1/23							
33	1.8	1.8 Análisis de costos fijos y variables	\$0,00	2 días	mié 11/1/23	vie 13/1/23							
34	1.8.1	1.8.1 Análisis de costos fijos	\$0,00	1 día	mié 11/1/23	jue 12/1/23							
35	1.8.2	1.8.2 Análisis de costos variables	\$0,00	1 día	jue 12/1/23	vie 13/1/23							
36	1.9	1.9 Pruebas de ajuste y tolerancias del montaje de rodamientos	\$0,00	4 días	vie 13/1/23	mié 18/1/23							
37	1.9.1	1.9.1 Prueba de ajuste de montaje y desmontaje	\$0,00	4 días	vie 13/1/23	mié 18/1/23							
38	1.10	1.10 Realización de guía de laboratorio y plan de mantenimiento	\$0,00	5 días	jue 19/1/23	mié 25/1/23							
39	1.10.1	1.10.1 Guía de laboratorio	\$0,00	2 días	jue 19/1/23	vie 20/1/23							
40	1.10.2	1.10.2 Plan de mantenimiento	\$0,00	3 días	lun 23/1/23	mié 25/1/23							

Proyecto: tesis espoeh Fecha: mié 18/1/23	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha límite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

ANEXO D: MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE.

1. MANUAL DE USUARIO



Ilustración 1-1: Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

El presente manual de usuario del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos para que los estudiantes del laboratorio de mantenimiento correctivo dispongan de la información necesaria para realizar la práctica de laboratorio de forma adecuada.

Los estudiantes van a tener la información de las tareas de mantenimiento y sus respectivos repuestos del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos

Precauciones

- Usar el equipo de protección personal (EPP).
- Antes de iniciar el ensayo colocar los seguros en las llantas delanteras del módulo.
- Verificar que los seguros de los abatibles estén puestos.
- Verificar que el mecanismo de apriete funcione correctamente.

Manual de operación

El presente manual de operación contiene una secuencia de pasos a seguir donde se indica como ejecutar cada uno de ellos, con el fin de realizar una práctica de laboratorio didáctica, para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

1. Utilizar el equipo de protección personal (EPP).
 - Mandil
 - Guantes
 - Gafas de protección visual
 - Protectores auditivos
 - Botas industriales
2. Verificar que las partes móviles del mecanismo de apriete del módulo estén lubricadas, en el caso de no estar se debe lubricar cada una de ellas.
3. Verificar que los seguros de las ruedas delanteras del módulo estén puestos como se muestra en la ilustración 2-1.



Ilustración 2-1: Colocación de seguros llantas delanteras.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

4. Alzar los abatibles del módulo para que el usuario el cual manipula del módulo tenga una aérea de trabajo más amplia.
5. Verificar que los seguros de los abatibles del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos estén colocados correctamente.
6. Verificar que las herramientas, llave de gancho, extractor de poleas, bomba hidráulica, rodamientos, manguitos de fijación, tuercas y arandelas a utilizar estén disponibles para realizar su respectiva practica logrando, el estudiante debe comprobar que las herramientas estén en óptimas condiciones.



Ilustración 3-1: Herramientas para el montaje y desmontaje de rodamientos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

7. Con la palanca del mecanismo de apriete desenroscar (girar la palanca en sentido antihorario) hasta que el hexágono pueda girar libre sobre su eje de rotación.

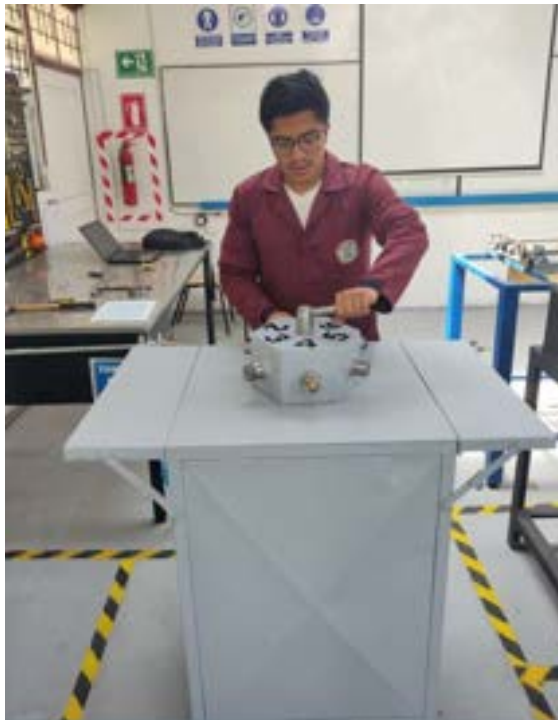


Ilustración 4-1: Giro antihorario de la palanca de apriete.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

8. Colocar el hexágono en una de las 6 posiciones, según corresponda la practica a realizar como se muestra en la ilustración 5-1. A continuación se detallan cada posición del hexágono a que practica hace referencia.

- **POSICION 1:** Practica de montaje y desmontaje de rodamiento de rodillos a rótula mediante manguito de fijación por el método de reducción del juego
- **POSICIÓN 2:** Practica de montaje y desmontaje de rodamiento de bolas a rodillos sobre un manguito de desmontaje ajustando el juego por el método de reducción del juego
- **POSICIÓN 3:** Practica de montaje y desmontaje de rodamiento de rodillos a rótula sobre un eje cónico mediante técnicas hidráulicas ajustando el juego axial.
- **POSICIÓN 4:** Practica de montaje y desmontaje de rodamiento de bolas a rótula sobre un eje cónico mediante inyección de aceite.
- **POSICIÓN 5:** Práctica de montaje y desmontaje de rodamiento de bolas mediante un extractor (Santiago).
- **POSICIÓN 6:** Practica de montaje y desmontaje de rodamiento de rodillos cónicos dispuestos espalda con espalda con el ajuste del juego

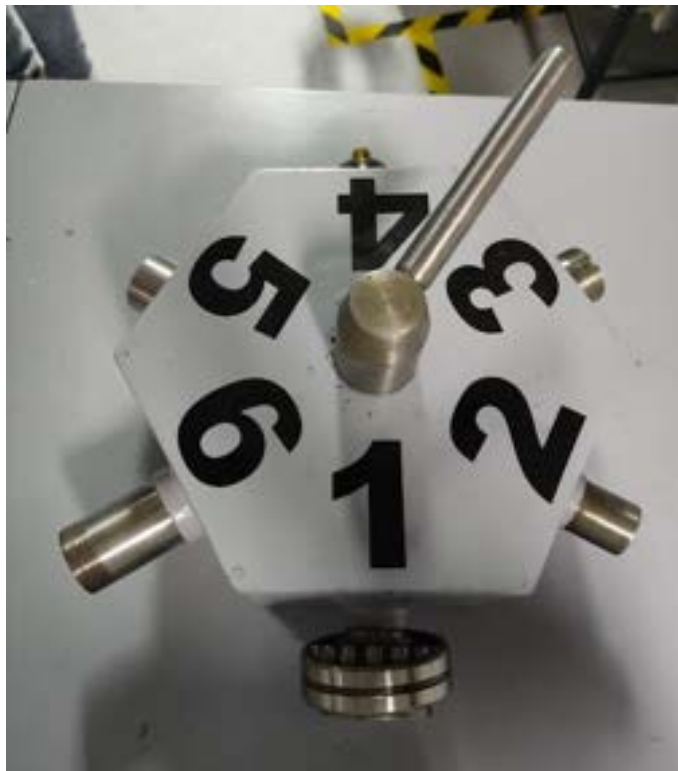


Ilustración 4-1: Hexágono con sus 6 posiciones para el montaje.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

9. Realizar el apriete con la palanca de ajuste del mecanismo (girar la palanca en sentido horario) hasta que el hexágono este fijo en la posición escogida. (no tenga juego).



Ilustración 5-1: Giro Horario de la palanca de ajuste.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

10. Limpieza del eje a utilizar de cualquier suciedad que se presente en su superficie.
11. Realizar la respectiva guía de laboratorio correspondiente a la posición del hexágono en la que se encuentre



ANEXO E: GUÍA DE LABORATORIO DEL MONTAJE Y DESMONTAJE DEL RODAMIENTO DE RODILLOS A RÓTULA 22208 EK SOBRE UN MANGUITO DE FIJACIÓN.

GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: “MONTAJE Y DESMONTAJE DE UN RODAMIENTO DE RODILLOS A RÓTULA 22208 EK SOBRE UN MANGUITO DE FIJACIÓN AJUSTANDO EL JUEGO POR EL MÉTODO DE REDUCCIÓN DEL JUEGO RADIAL INTERNO.”

1. DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: FECHA DE ENTREGA:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Describir el procedimiento del montaje y desmontaje de un rodamiento de rodillos a rótula 22208 EK sobre un manguito de fijación ajustando el juego por el método de reducción de juego

2.2. Objetivo específico

- Identificar los elementos y piezas a utilizar durante la práctica de montaje y desmontaje de rodamiento.

- Describir el procedimiento de montaje del rodamiento 22208 EK sobre el manguito de fijación
- Comprobar el ajuste correcto de la tuerca de fijación mediante el método de reducción del juego.
- Describir el procedimiento de desmontaje del rodamiento 22208 EK.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Rodamiento de rodillos a rótula

Los rodamientos de rodillos a rótula se utilizaban en aplicaciones a cargas elevadas, velocidades moderadas y riesgo de alineación, en la ilustración 1-3 se observa un rodamientos de rodillos a rotula el cual el ámbito de aplicación se ha ido aumentando en el sector industrial como, por ejemplo: en las turbinas eólicas, sector marino, sector de producción como azucareras, entre otras industrias, los rodamientos de este tipo tienen una gran capacidad de carga mayor que los hacen aptos para aplicaciones de resistencia de fatiga prolongada con cargas elevadas (Zacipa Pinilla 2019, p. 31).



Ilustración 1-3: Rodamiento de rodillos a rótula.

Fuente: (SKF, 2019, p.23)

3.2. Montaje y desmontaje de rodamientos

El montaje y desmontaje se basa en diferentes aspectos tales como condiciones de trabajo (es importante estudiar la estructura del rodamiento y el orden con el que se montan los diferentes componentes durante la fase de trabajo), tratamientos de rodamientos antes del montaje(tales

como aceites anticorrosivos y los conservantes de rodamientos son compatibles y miscibles con aceites y grasas a base de aceite mineral, es necesario eliminar la protección anticorrosiva de los agujeros cónicos del rodamiento antes del montaje para asegurar un asiento fijo y seguro del rodamiento en el eje o casquillo, Limpieza durante el montaje(es imprescindible proteger los rodamientos ante suciedad y humedad , la mínima suciedad puede provocar daños en las pistas , es importante el lugar de montaje esté libre de polvo y completamente seco, de igual forma la limpieza del eje, partes adyacentes (Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2018 p.66).

3.3. Manguito de fijación

Es una pieza similar a un buje que cuando es ajustada con la tuerca cierra el manguito y se ajusta al eje (Zacipa Pinilla, 2019, p.32).

Continuar el desarrollo del marco teórico con la información necesaria para sustentar la practica a realizar

4. INSTRUCCIONES

La práctica de laboratorio se desarrollará mediante el cumplimiento secuencial de los siguientes pasos:

- Se comprueba que el módulo de montaje y desmontaje este operativo
- Realizar una limpieza del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.
- Se verifica que los seguros de las llantas delanteras estén puestos correctamente como se muestra en la ilustración 2-4.



Ilustración 2-4: Colocación de los seguros de las llantas delanteras.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la colocación de los seguros de las llantas

- Se procede a alzar los abatibles del módulo verificando que su seguro este puesto como se muestra en la ilustración 3-4.



Ilustración 3-4: Seguros de los abatibles colocados.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de los seguros de los abatibles colocados

- Verificar que se cuente con las herramientas, materiales y equipos necesarios para la práctica número 1, la ilustración 4-4 se observa todas herramientas necesarias para la práctica.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de las herramientas y rodamiento a utilizar en la practica

- Colocar el hexágono en la posición número 1 correspondiente a esta práctica, en la ilustración 4-4 se observa la posición de la práctica.



Ilustración 4-4: Posición 1 de la práctica.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la posición 1 correspondiente a la practica

- Procedemos a quitar el seguro de la arandela de retención con la ayuda de la punta y el martillo.



Ilustración 5-4: Retiro del seguro de la arandela de fijación.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de proceso de retiro del seguro de la arandela de fijación

- Procedemos a quitar la tuerca de fijación utilizando la llave de gancho como se indica en la ilustración 6-4.



Ilustración 6-4: Golpeo con el martillo sobre la llave de gancho.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del golpeo con el martillo sobre la llave de gancho

- Para desmontar el rodamiento enroscamos la tuerca de fijación y colocamos la punta en la parte de pista interna trasera del rodamiento, damos golpes con el martillo hasta lograr liberar el rodamiento del eje como se indica en la ilustración 7-4.



Ilustración 7-4: Forma de golpeo para liberar el rodamiento.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del golpe en la pista interna del rodamiento para liberarlo

- Procedemos a desmontar la tuerca de fijación, el rodamiento y el manguito de fijación, la ilustración 8-4 indica el orden de desmontaje de las piezas.



Ilustración 8-4: Orden de desmontaje de las piezas.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del procedimiento de desmontar la tuerca de fijación, rodamiento y el manguito

- Para el montaje del rodamiento realizamos la limpieza del eje.
- Procedemos a montar el manguito de fijación en el eje, tomando en cuenta que la ranura quede para la parte superior como se observa en la ilustración 9-4.



Ilustración 9-4: Posición de montaje del manguito de fijación.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la posición del manguito con la ranura hacia arriba

- Con las galgas procedemos a medir el juego inicial entre la pista exterior del rodamiento 22208 EK y los rodillos antes de montarlo, la ilustración 10-4 indica la posición en la cual se hace la medida.



Ilustración 10-4: lugar de medición del juego en el rodamiento.
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la medición del juego radial interno del rodamiento antes de ser montado

- Con el valor del juego radial inicial nos dirigimos a la tabla de reducción del juego recomendadas por el fabricante como se indica en la ilustración 11-4.

Valores de calado recomendados para rodamientos de rodillos a rótula y rodamientos toroidales CARB con agujero cónico

Diámetro del agujero		Reducción del juego radial interno		Distancia de calado axial				Ángulo de apriete de la tuerca de fijación
d				Conicidad 1:12		Conicidad 1:30		Conicidad 1:12
más de	hasta incl.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	α
mm		mm		mm				°
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1 000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	1 120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	1 250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	1 400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	1 600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	1 800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

Válido únicamente para ejes de acero macizo y aplicaciones generales.

Ilustración 11-4: Valores de la tabla de reducción del juego radial interno.
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

- Según la tabla del fabricante la reducción del juego radial interno para el diámetro interno de 40 mm del rodamiento será de 0,020 hasta 0,025 como se observa en la ilustración 11-4.
- Procedemos a montar el rodamiento sobre el manguito de fijación, tomando en cuenta la posición adecuada de la parte cónica de la pista interna del rodamiento como se observa en la ilustración 12-4.



Ilustración 12-4: Parte cónica del rodamiento de rodillos a rótula.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

**En este cuadro coloque una imagen o ilustración del rodamiento
identificando la parte cónica de la pista interna**

- Procedemos a enroscar la tuerca de fijación en el manguito de fijación dando un apriete con la llave de gancho como se observa en la ilustración 13-4.



Ilustración 13-4: Apriete de la tuerca de fijación con la llave de gancho.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

- Realizamos la medición del juego radial una vez hecho el montaje como se observa en la ilustración 14-4.



Ilustración 14-4: Medición del juego radial cuando está montado el rodamiento.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la medición del juego radial interno cuando está montado el rodamiento

- Comprobamos el valor medido con las galgas para ver si está dentro del rango de la reducción del juego radial según las tablas, en el caso que no esté ajustar con la llave de gancho la tuerca y comprobar el valor.
- Si el valor del juego radial está dentro de los parámetros desenroscar la tuerca y montar la arandela de retención. En la ilustración 15-4 se observa el proceso de montaje.



Ilustración 15-4: Montaje de la arandela de fijación

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del montaje de la arandela de fijación

- Procedemos a enroscar la tuerca de fijación dando el apriete correspondiente como se observa en la ilustración 16-4.



Ilustración 16-4: Apriete de la tuerca de fijación.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del montaje del apriete de la tuerca de fijación

- Procedemos a colocar el seguro de la arandela de retención con la ayuda de una punta y un martillo como se observa en la ilustración 17-4.



Ilustración 17-4: Colocación del seguro de la arandela de fijación.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

5. Actividades por desarrollar

Las actividades o etapas en forma secuencial para el desarrollo de la práctica se indican de la siguiente manera:

5.1. Observación y recomendación de instrumentos y equipos

5.1.1. Equipos de protección personal

- Guantes
- Gafas de seguridad
- Botas industriales
- Mandil

5.1.2. Equipos y Herramientas

- Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.
- Martillo
- Punta
- Llave de gancho






- Rodamientos de rodillos a rótula 22208 k
- Manguito de fijación HE 308
- Arandela de retención MB 8
- Tuerca de fijación KM 8
- Galgas
- Tabla física de valores de calado recomendados por el fabricante

En este cuadro coloque una imagen o fotografía de los equipos y materiales utilizados en esta práctica de laboratorio

En este cuadro coloque una imagen o fotografía de los equipos y materiales utilizados en esta práctica de laboratorio

5.2. Manejo de instrumentos y equipos

(Describir secuencialmente el manejo del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, pasos empleados)

5.3. Toma y recolección de datos

(Describir secuencialmente como se extrajo los datos de la reducción del juego radial interno del rodamiento)



.....



.....



.....



.....



.....

5.4. Análisis e interpretación de resultados

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de los resultados de la medida del juego radial interno antes de montar el rodamiento

(Realizar un análisis del juego radial interno del rodamiento antes de ser montado)

.....
.....

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de los resultados de la medida del juego radial interno después de montar el rodamiento

(Realizar un análisis del juego radial interno del rodamiento después de ser montado)

.....
.....

5.5. Observaciones

1. ¿Se puede utilizar para esta práctica un rodamiento de rodillos a rotula cilíndrico sí o no? Justifique su respuesta.

.....
.....

2. ¿Cuáles son las aplicaciones del rodamiento de rodillos a rotula 22208 EK?

.....
.....

3. ¿Como identificar el diámetro interno del rodamiento según su designación?

.....
.....

4. ¿Cuál es la ventaja de realizar el montaje y desmontaje de rodamiento mediante la reducción del juego radial?

.....
.....

5. ¿A que corresponde la letra que viene acompañada a los números de la designación del rodamiento?

.....
.....

6. Conclusiones

(Describir en forma lógica las conclusiones a las que llegó usted con la realización de esta práctica)

.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. Recomendaciones

(Describir en forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica)

.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Bibliografía

ZACIPA PINILLA, F., 2019. Implementación del método de análisis de falla a rodamiento de doble rodillo a rotula. En: Accepted: 2019-07-16T17:48:46Z [en línea], [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en: <https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1855>.

Schaeffler Technologies AG & Co. KG. 2018. Manual de montaje. [En línea] 2 de Octubre de 2018.

.....
.....


LÍDER DE EQUIPO

**ING. FÉLIX GARCÍA
DOCENTE**

ANEXOS







Colocar las ilustraciones o documentos correspondientes a la práctica realizada.

ANEXO F: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MODULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

		TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS		Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2023-
				Fecha de revisión: 20-01-2023
				Fecha de aprobación: 08-02-2023
Elabora: Azogue Cristopher, Musuña Daniel		Revisa: Ing. Jorge Buñay		Aprueba: Ing. Felix García
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Modulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Código técnico: ESPOCH-FM-LC-MDR01	
Modo de falla	Tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas para utilizar
Hexágono trabado	Realizar la lubricación del eje de rotación.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, Waipe, Grasa, Juego de llaves de Hexágonos.
Mecanismo de apriete trabado	Aplicación de WD-40 y revisión del estado de la rosca del eje de rotación	Trimestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de Herramientas, Galgas, juego de llaves de Hexágonos
Bola del mecanismo no se enclava en una de las 6 posiciones de la parte inferior del hexágono	Verificar el estado del resorte y dar más presión mediante el ajuste del prisionero	Semanal	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, juego de llaves de hexágonos, Waipe.
Ruedas del módulo trabadas	Realizar la limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas.	Mensual	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, Waipe, Grasa.
Eje del hexágono con puntos de corrosión	Limpieza del eje y aplicación de agentes anticorrosivos.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, Waipe, splays técnicos.

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

ANEXO G: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS.

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)														
Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación		Realizada por:		Azogue Christopher, Musuña Daniel								
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		217 min		Fecha:		16/01/2023								
Nombre de la operación		Equipo/subsistema		Página:		1 de 1								
Mantenimiento Preventivo		Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos												
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)														
Base de conocimientos				Capacitación /entrenamiento										
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Correctivo</td></tr> </table>				Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas	Mantenimiento Correctivo	<table border="1"> <tr><td>Capacitación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el uso de herramientas</td></tr> </table>				Capacitación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el uso de herramientas
Mantenimiento industrial														
Seguridad industrial														
Manejo de herramientas														
Mantenimiento Correctivo														
Capacitación en procesos de gestión														
Capacitación en riesgos														
Entrenamiento en el uso de herramientas														
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros))		Total, de tiempo de ciclo (Año, mes, semana)						
	1	Realizar la lubricación del eje de rotación.	MP_MDR 1	Según TIS	10,00	A	4	40,00						
	2	Aplicación de WD-40 y revisión del estado de la rosca.	MP_MDR 2	Según TIS	15,00	A	4	60,00						
	3	Verificar el estado del resorte y dar más presión mediante el ajuste del prisionero	MP_MDR 3	Según TIS	12,00	S	1	12,00						
	4	Realizar la limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas	MP_MDR 4	Según TIS	25,00	M	1	25,00						
	5	Limpieza del eje y aplicación de agentes anticorrosivos.	MP_MDR 5	Según TIS	20,00	A	4	80,00						
Total, de tiempo (min)								217,00						
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo										
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio									
30/01/2023	Ing. Jorge Buñay	Ing. Félix García												

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 1 de 5	MP_MDR1		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Realizar la lubricación del eje de rotación			Fecha de Realización	24/01/2023	Realizada por:	Azogue Cristopher, Musuña Daniel		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad	<input type="checkbox"/> Crítico	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos	<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos	<input type="checkbox"/> Medio ambiente	Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos										10 min
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input type="checkbox"/>	1	Uso de los EPP's		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento						
		2	Ubicar la palanca de ajuste del mecanismo de apriete del módulo.		Identificar la palanca de ajuste del eje de rotación del hexágono, luego desenroscar hasta lograr retirar la palanca						
	<input type="checkbox"/>	3	Retirar el eje de rotación		Procedemos a abrir las puertas del módulo y por la parte inferior del hexágono retiramos el eje						
		4	Procedemos a lubricar el eje de rotación		Realizamos la lubricación del eje con grasa						
					Por la parte inferior del Hexágono colocamos el eje de rotación (precautelar que la base del eje de rotación este colocada en la posición adecuada						
					Girar la palanca en sentido horario para ajustarlo en el eje de rotación						
Bloque de Firmas					Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García							
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023							




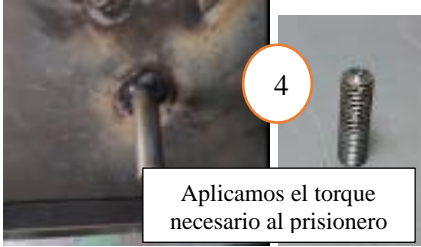
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 2 de 5	MP_MDR2		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Aplicación de WD-40 y revisión del estado de la rosca.			Fecha de Realización		24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	☒	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo estándar 15 min	
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos											
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
	☒	1	Uso de los EPP's		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento							
		2	Ubicar la palanca de ajuste del mecanismo de apriete del módulo.		Identificar la palanca de ajuste del eje de rotación del hexágono.							
		3	Aplicamos el Splay WD-40 y retiramos el eje		Procedemos a colocar el splay WD-40 alrededor de la parte inferior de la palanca de apriete (esperar un tiempo de 2 a 3 min luego de colocar el splay)							
	○				Desenroscamos la palanca de fijación, luego abrimos las puertas del módulo para retirar el eje de rotación por la parte inferior del Hexágono							
		4	Revisar el estado de la rosca del eje de rotación		Con las galgas verificamos la altura de la rosca y e paso de la rosca el cual debe ser de 1,5 mm (si todas las medidas están correctas colocar el eje de rotación)							
					Por la parte inferior del Hexágono colocamos el eje de rotación (precautelar que la base del eje de rotación este colocada en la posición adecuada Enroscar la palanca de ajuste en el eje de rotación							
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno		Revisa		Aprueba								
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García								
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023								

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 3 de 5	MP_MDR3		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Verificar el estado del resorte y dar más presión mediante el ajuste del prisionero.			Fecha de Realización	24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	☒	▽	○	◇	□	🌐	Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos				Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio en los pasos	Medio mbient	12 min
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
☒	1		Uso de los EPP's.		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento		   				
	2		Ubicar la palanca de ajuste del mecanismo de apriete del módulo.		Identificar la palanca de ajuste del eje de rotación. Luego desenroscamos la palanca de fijación						
□	3		Retirar el eje de rotación		Procedemos a retirar el eje de rotación por la parte inferior. Luego retiramos el hexágono para logrando dejar visibles la bola del mecanismo						
	4		Retirar el prisionero, bola y resorte del mecanismo		Por la parte inferior de la mesa del hexágono retiramos el prisionero utilizando las llaves hexagonales, luego con la ayuda de una punta empujamos el resorte hasta que salga por la parte superior de la mesa.						
	5		Procedemos a dar más presión al resorte		Procedemos a colocar el resorte por la parte inferior del mecanismo, luego colocamos la bola y enroscamos el prisionero. Colocamos el hexágono en su posición indicada, luego proceder colocando el eje de rotación (tomar en cuenta que la base del eje solo se posiciona adecuadamente en una posición). Por último, con la ayuda de las llaves hexagonales realizamos el apriete correcto de la bola del mecanismo.						
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García							
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023							










Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

MP_MDR4		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
Página 4 de 5	Tarea: 4	Descripción de la tarea: Realizar la limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas.			Fecha de Realización	24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel			
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatorio en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatorio en los pasos	 Medio mbient	Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos										25 min
P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
			 1. Uso de los EPP's		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento		  				
			2 Colocar en posición horizontal el módulo		Primero cerramos las puertas del módulo y verificamos que el hexágono este fijo para luego colocar el módulo en posición horizontal						
			 3 Retirar las ruedas.		Con la caja de herramientas destornillamos los pernos de las 4 ruedas para retirar cada una de las ruedas						
			4 Realizar la limpieza de impurezas.		Procedemos a limpiar con el waípe los rodamientos de las llantas quitando las impurezas presentes en la pista interna y externa de cada una de las llantas						
			5 Lubricación de los rodamientos de las llantas		Colocamos la grasa por todos los rodamientos de las ruedas del módulo. Luego con la caja de herramientas procedemos a colocar las ruedas en cada pata del módulo.						
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García							
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023							


Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

MP_MDR5		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
Página 5 de 5	Tarea: 5	Descripción de la tarea: Limpieza del eje y aplicación de agentes anticorrosivos			Fecha de Realización	24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel			
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatorio en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatorio en los pasos	 Medio mbient	Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos										20 min
P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
			1 Uso de los EPP's.		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento		   <div data-bbox="1550 1027 1823 1104" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">La aplicación del splay se realiza en los 6 ejes</div>				
			2 Ubicar las ruedas delanteras del modulo		Identificar las ruedas delanteras del módulo y luego procedemos a colocar el seguro de las ruedas giratorias						
			3 Limpiar la superficie de los 6 ejes.		Procedemos con el waipe a limpiar la superficie cilíndrica de cada uno de los 6 ejes retirando impurezas, corrosión y agentes externos.						
			4 Aplicación de Splay Técnico.		Aplicar el espray zinc por toda la superficie de los 6 ejes, luego retirar los seguros de las llantas delanteras del módulo.						
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Firma		Ing. Jorge Buñay	Ing. Félix García							
	Fecha		31/01/2023	01/02/2023							







Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

ANEXO H: PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

	TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2023-
			Fecha de revisión: 20-01-2023
			Fecha de aprobación: 08-02-2023
Elabora: Azogue Christopher, Musuña Daniel	Revisa: Ing. Jorge Buñay	Aprueba: Ing. Felix García	
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.			
Nombre del equipo: Modulo de montaje y desmontaje de rodamientos		Código técnico: ESPOCH-FM-LC-MDR01	
Modo de falla	Tarea	Responsable	Instrumentos o herramientas para utilizar
Resorte del mecanismo de apriete no realiza la presión a la bola del mecanismo	Reemplazo del resorte.	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, Waipe, juego de llaves de hexágonos.
Ruedas del módulo atascadas	Reemplazo de las ruedas	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, Waipe, Soldadora SMAW, ruedas con numeración 9703.
Bisagras de las puertas trabadas.	Reemplazo de las bisagras de las puertas	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de herramientas, Waipe, amoladora con disco de corte, bisagras, soldadora SMAW.
Prisionero del mecanismo aislado.	Reemplazo del prisionero.	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de Herramientas, Waipe, Prisionero, Juego de llaves de hexágonos.
La chapa del módulo no gira.	Reemplazo de la chapa.	Encargado del laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Caja de Herramientas, Waipe. Chapa.





Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

ANEXO I: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS.

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)												
Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel								
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		155 min	Fecha:	16/01/2023								
Nombre de la operación		Equipo/subsistema	Página:	1 de 1								
Mantenimiento Correctivo.		Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos										
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)												
Base de conocimientos			Capacitación /entrenamiento									
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Correctivo</td></tr> </table>			Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas	Mantenimiento Correctivo	<table border="1"> <tr><td>Capacitación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el uso de herramientas</td></tr> </table>			Capacitación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el uso de herramientas
Mantenimiento industrial												
Seguridad industrial												
Manejo de herramientas												
Mantenimiento Correctivo												
Capacitación en procesos de gestión												
Capacitación en riesgos												
Entrenamiento en el uso de herramientas												
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Total, de tiempo de ciclo de tarea (min)							
	1	Reemplazo del resorte del mecanismo de apriete.	MC_MDR1	Según TIS	20,00							
	2	Reemplazo de las ruedas	MC_MDR2	Según TIS	60,00							
	3	Reemplazo de las bisagras de las puertas	MC_MDR3	Según TIS	40,00							
	4	Reemplazo del prisionero del mecanismo de apriete	MC_MDR4	Según TIS	20,00							
	5	Reemplazo de la chapa del módulo	MC_MDR5	Según TIS	15,00							
Total, de tiempo (min)					155,00							
Bloque de firma			Historial de cambios en el trabajo									
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio							
30/01/2023	Ing. Jorge Buñay	Ing. Félix García										


Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 1 de 5	MC_MDR1		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Reemplazo del resorte del mecanismo de apriete.			Fecha de Realización		24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/> Critico	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos	<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos	<input type="checkbox"/> Medio ambiente	Tiempo estándar	
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos										20 min	
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
			1 Uso de los EPP's.		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento		   					
			2 Ubicar la palanca de ajuste del mecanismo de apriete del módulo.		Identificar la palanca de ajuste del eje de rotación. Luego desenroscamos la palanca de fijación							
			3 Retirar el eje de rotación		Procedemos a retirar el eje de rotación por la parte inferior							
					Luego retiramos el hexágono para logrando dejar visibles la bola del mecanismo							
			4 Retirar el prisionero, bola y resorte del mecanismo		Por la parte inferior de la mesa del hexágono retiramos el prisionero utilizando las llaves hexagonales, luego con la ayuda de una punta empujamos el resorte hasta que salga por la parte superior de la mesa.							
			5 Reemplazo del resorte nuevo		Procedemos a colocar el resorte nuevo por la parte inferior del mecanismo, luego colocamos la bola y enroscamos el prisionero.							
					Colocamos el hexágono en su posición indicada, luego proceder colocando el eje de rotación (tomar en cuenta que la base del eje solo se posiciona adecuadamente en una posición).							
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno		Revisa		Aprueba								
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García								
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023								

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 2 de 5	MC_MDR2		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Reemplazo de las ruedas.			Fecha de Realización	24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	☒	▼	○	◇	☐	🌐	Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos				Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio en los pasos	Medio ambiente	60 min
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	☒	1	Uso de los EPP's.		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento						
		2	Colocar en posición horizontal el módulo.		Primero cerramos las puertas del módulo y verificamos que el hexágono este fijo para luego colocar el módulo en posición horizontal						
		3	Cortar los puntos de suelda de las ruedas del módulo.		Con la caja de herramientas destornillamos los pernos de las 4 ruedas para retirar cada una de las ruedas, luego colocamos el disco de corte en la amoladora y realizamos el corte de los puntos de suelda de las ruedas.						
		4	Retirar las ruedas y limada de la superficie.		Con la ayuda de una playo retiramos las ruedas y luego realizamos la limpieza con la amoladora de las 4 áreas donde van a ser soldadas las ruedas						
	🌐	5	Soldar las 4 ruedas al módulo		Utilizando la soldadora SMAW y con un electrodo 6011 procedemos a soldar las 4 ruedas en la parte inferior del módulo (recordar que las ruedas giratorias y con seguros van en la parte delantera del módulo).						
					Procedemos a limpiar los puntos de suelda y con la amoladora pulimos los puntos de suelda para tener un mejor acabado superficial.						
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García							
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023							




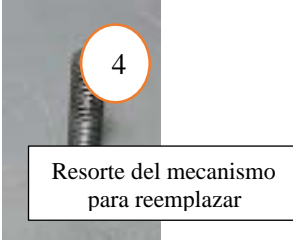
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 3 de 5	MC_MDR3		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Reemplazo de las bisagras de las puertas.			Fecha de Realización		24/01/2023		Realizada por:		Azogue Christopher, Musuña Daniel
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	☒	▽	○	◇	□	🌐	Tiempo estándar	
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos				Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio en los pasos	Medio ambiente	40 min	
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso de los EPP's		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento							
		2	Ubicar la chapa del modulo		Identificar la chapa del módulo y luego procedemos con la llave abrir el seguro.							
		3	Ubicar las bisagras de las puertas		Identificamos las bisagras de las puertas y luego colocamos el disco de corte en la amoladora.							
					Procedemos a encender la amoladora para realizar el corte de los puntos de suelda de las bisagras.							
		4	Retirar las bisagras y limpiar la superficie		Con la ayuda de una playo retiramos las bisagras y luego realizamos la limpieza con la amoladora de las 4 áreas donde van a ser soldadas las bisagras.							
		5	Soldar las nuevas bisagras de las puertas		<p>Utilizando la soldadora SMAW y con un electrodo 6011 procedemos a soldar las 4 bisagras en la parte lateral del módulo (recordar que las bisagras van soldadas en el mismo lugar donde se las retiro).</p> <p>Procedemos a limpiar los puntos de suelda y con la amoladora pulimos los puntos de suelda para tener un mejor acabado superficial.</p>							
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno		Revisa		Aprueba								
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García								
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023								

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 4 de 5	MC_MDR4		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo					
	Tarea: 4		Descripción de la tarea: Reemplazo del prisionero del mecanismo de apriete.			Fecha de Realización		24/01/2023		Realizada por:		Azogue Christopher, Musuña Daniel	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		<input type="checkbox"/> Seguridad <input type="checkbox"/> Critico		<input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos		<input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos <input type="checkbox"/> Medio ambiente		Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos												20 min
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
	<input type="checkbox"/>	1	Uso de los EPP's		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento		   						
		2	Ubicar la palanca de ajuste del mecanismo de apriete del módulo.		Identificar la palanca de ajuste del eje de rotación. Luego desenroscamos la palanca de fijación								
		3	Retirar el eje de rotación		Procedemos a retirar el eje de rotación por la parte inferior. Luego retiramos el hexágono para logrando dejar visibles la bola del mecanismo								
	<input type="checkbox"/>	4	Retirar el prisionero, bola y resorte del mecanismo		Por la parte inferior de la mesa del hexágono retiramos el prisionero utilizando las llaves hexagonales, luego con la ayuda de una punta empujamos el resorte hasta que salga por la parte superior de la mesa.								
		5	Reemplazo del nuevo prisionero.		Procedemos a colocar el resorte por la parte inferior del mecanismo, luego colocamos la bola por la parte superior y enroscamos el nuevo prisionero con el juego de llaves hexagonales. Colocamos el hexágono en su posición indicada, luego proceder colocando el eje de rotación (tomar en cuenta que la base del eje solo se posiciona adecuadamente en una posición). Por último, enroscamos la palanca de ajuste.								
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno		Revisa		Aprueba									
1	Firma	Ing. Jorge Buñay		Ing. Félix García									
	Fecha	31/01/2023		01/02/2023									

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Página 5 de 5	MC_MDR5		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 5		Descripción de la tarea: Reemplazo de la chapa del módulo			Fecha de Realización	24/01/2023	Realizada por:	Azogue Christopher, Musuña Daniel		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/> Critico	<input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos	<input checked="" type="checkbox"/> Calidad	<input checked="" type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los pasos	<input checked="" type="checkbox"/> Medio ambiente	Tiempo estándar
	Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos										15 min
	P	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Uso de los EPP's		El estudiante debe colocarse el EPP antes de empezar a realizar una acción de mantenimiento.		  				
		2	Ubicar la chapa del modulo		Identificar la chapa del módulo y luego procedemos con las llaves abrir el seguro.						
		3	Ubicar la tuerca de la parte posterior de la chapa.		Identificamos la tuerca de chapa y procedemos a desenroscar por medio de una llave logrando retirar la chapa.						
	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Cambio de la nueva chapa.		Primero retiramos la tuerca de la chapa nueva para luego colocar la chapa en el orificio de la puerta y procedemos a enroscar la tuerca						
		5			Realizamos el ajuste adecuado a la chapa y luego colocaremos las llaves en su lugar, por último, colocamos el seguro en la puerta.						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno		Revisa	Aprueba								
1	Firma	Ing. Jorge Buñay	Ing. Félix García								
	Fecha	31/01/2023	01/02/2023								

Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

ANEXO J: ENCUESTA Y ANÁLISIS PARA LOS REQUERIMIENTOS DE LA CASA DE CALIDAD DE LA METODOLOGÍA QFD.

ENCUESTA DEL DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS

La presente encuesta busca recopilar información sobre los requerimientos para el análisis de la metodología QFD y así obtener un diseño adecuado del módulo.

La encuesta es anónima y voluntaria, si esta de acuerdo en participar de esta encuesta proceda con responder las siguientes preguntas

1. Para la construcción de este módulo se toman factores importantes, tales como gastos en materiales entre otras, ¿usted considera que el módulo deber ser?
 - Económico con un diseño versátil
 - Costoso con un diseño complejo
 - Otros factores

2. ¿Usted considera que el módulo debe ser móvil dentro del laboratorio de Mantenimiento Correctivo?
 - Si
 - No

3. Se considera el peso del módulo para poder trasladar a otro laboratorio, ¿según su criterio indique el tipo de peso?
 - Liviano
 - Pesado

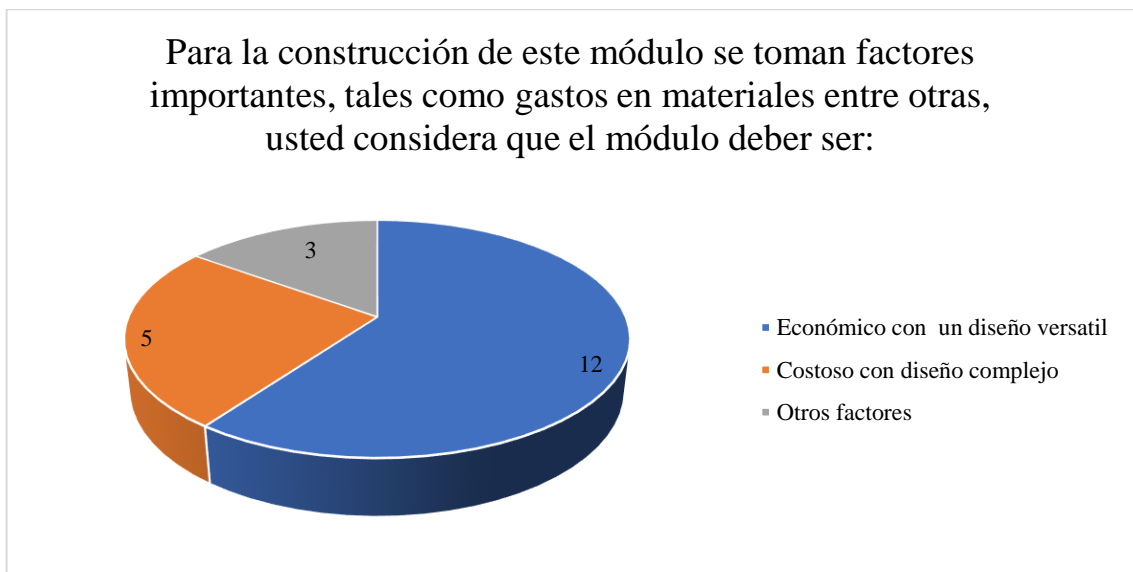
4. Según las dimensiones del diseño, ¿el módulo debe tener un espacio requerido dentro del laboratorio de Mantenimiento Correctivo?
 - Si
 - No

5. Para la utilización del módulo, ¿este debe ser?
- Ergonómico
 - Sin normas de seguridad
 - Ninguna norma
6. ¿Con respecto a las practicas, el estudiante debe seguir el manual de operación del módulo?
- Si
 - No
7. ¿En cuanto a la calidad de construcción y diseño del módulo se debe seguir normas de construcción y diseño?
- Si
 - No
8. ¿Se debe implementar planes de mantenimiento preventivo y correctivo para el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos?
- Si
 - No

ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

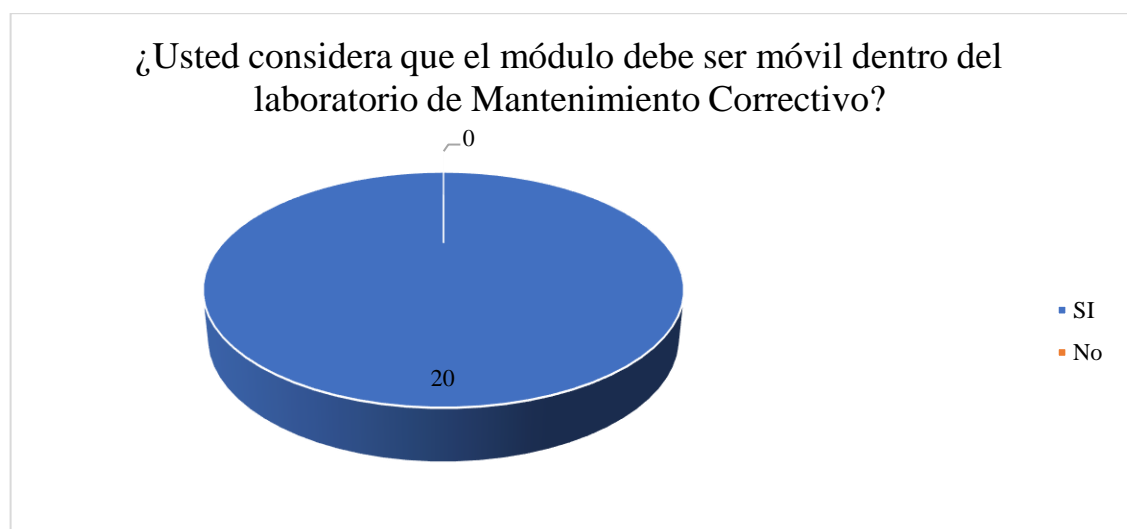
Resultados de los datos arrojados luego de realizar la encuesta a los estudiantes de la carrera de mantenimiento industrial

A continuación, se detalla los valores obtenidos para la pregunta número 1 de la encuesta, en la cual los datos obtenidos de una muestra de 20 estudiantes, nos indica que 12 estudiantes prefieren un diseño económico y versátil, 5 estudiantes un diseño costoso y complejo, 3 estudiantes recomiendan otros factores.



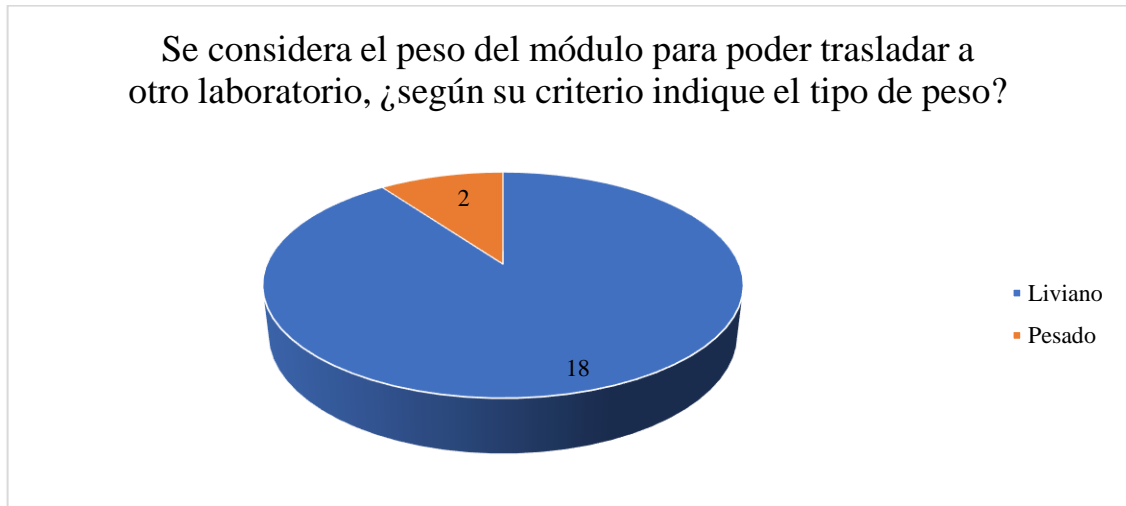
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Los datos arrojados para la pregunta 2 de una muestra de 20 estudiantes, nos indica que el total de los estudiantes prefieren una construcción del módulo el cual sea móvil dentro del laboratorio.



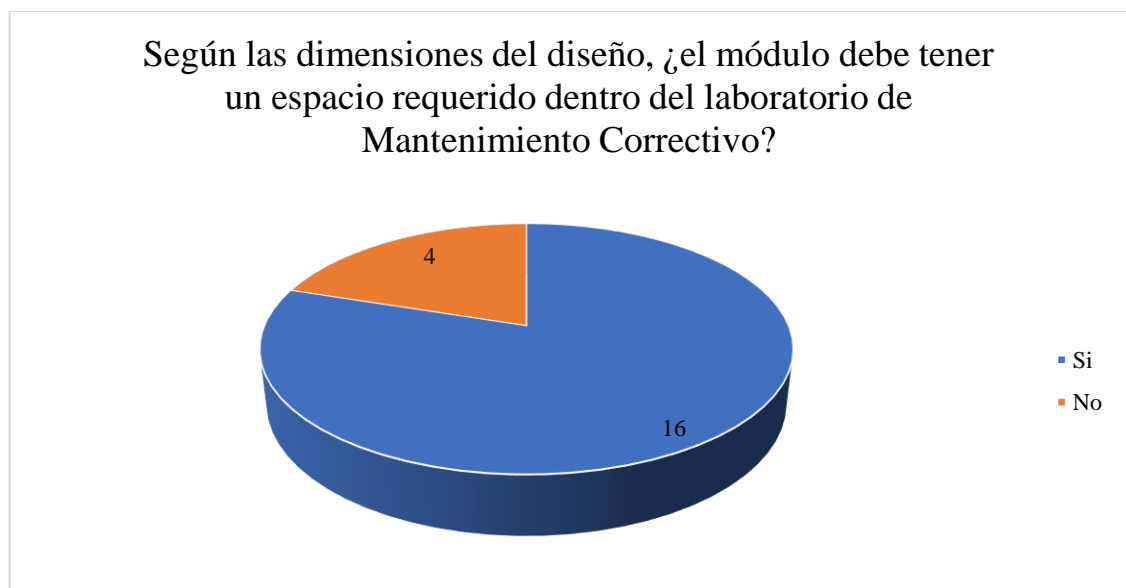
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

La pregunta 3 de una muestra de 20 estudiantes indica que los 18 estudiantes recomiendan que sea un módulo de características livianas y solo 2 estudiantes prefieren que sea pesado su construcción



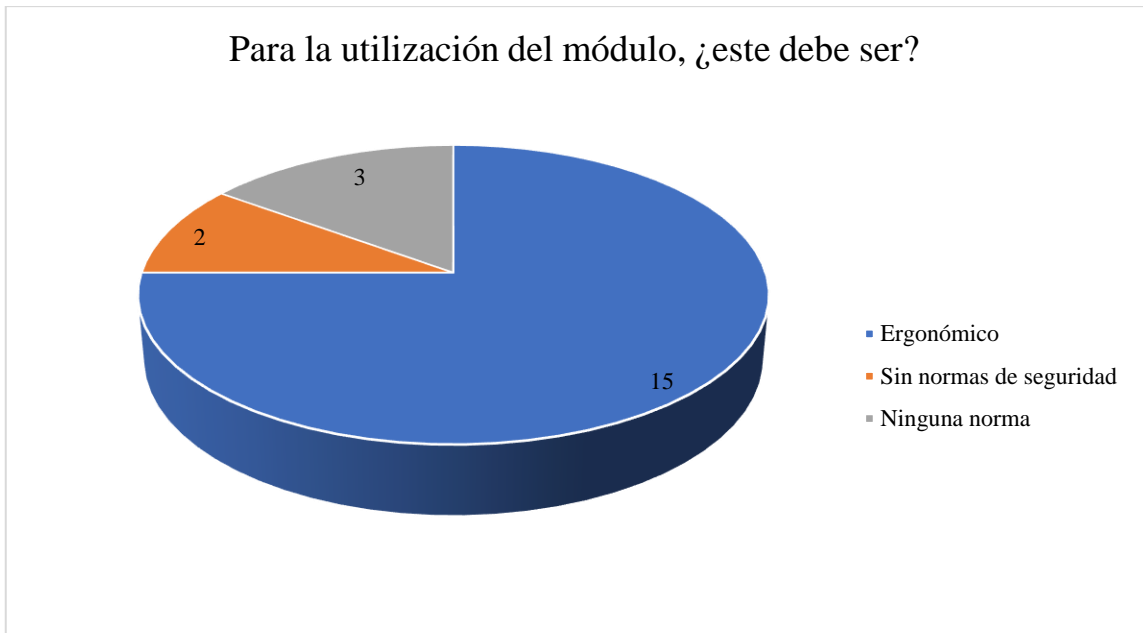
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Los datos arrojados de una muestra de 20 estudiantes para la pregunta 4, nos indica que 16 estudiantes prefieren un espacio requerido dentro del laboratorio para el módulo y los 4 estudiantes no lo prefieren



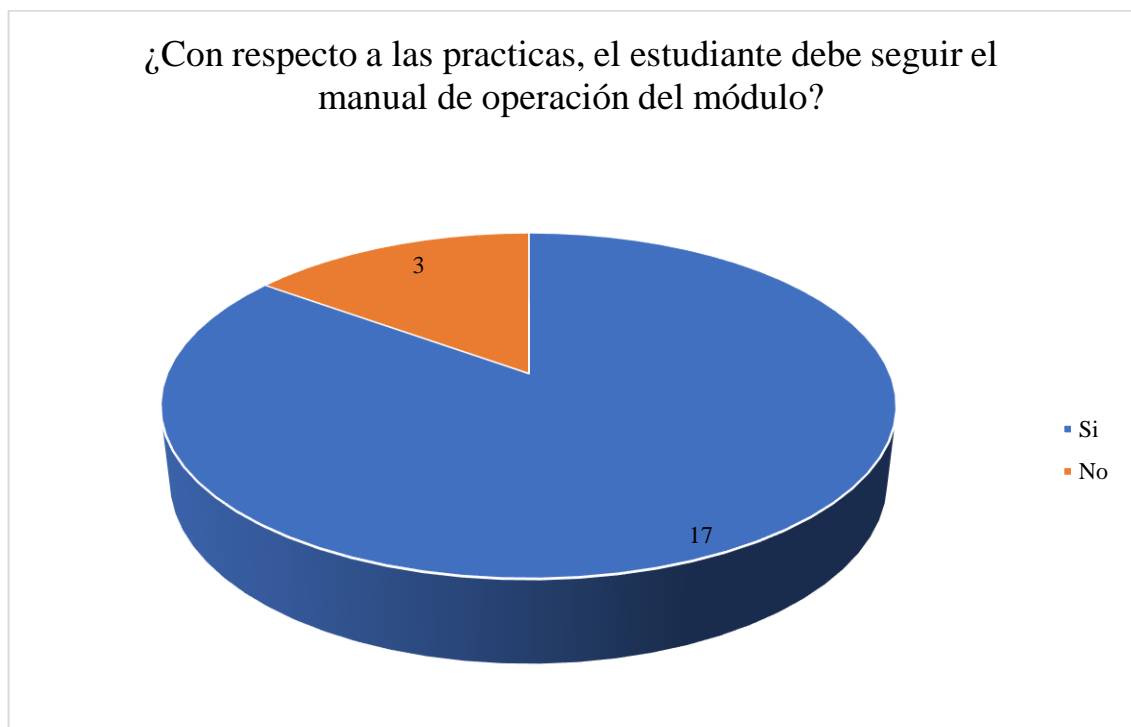
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

La pregunta 5 arroja los siguientes resultados, 15 estudiantes respondieron que el módulo debe ser ergonómico, de 3 estudiantes su respuesta fue sin normas de seguridad y los 2 últimos estudiantes respondieron que no debe cumplir ninguna norma



Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

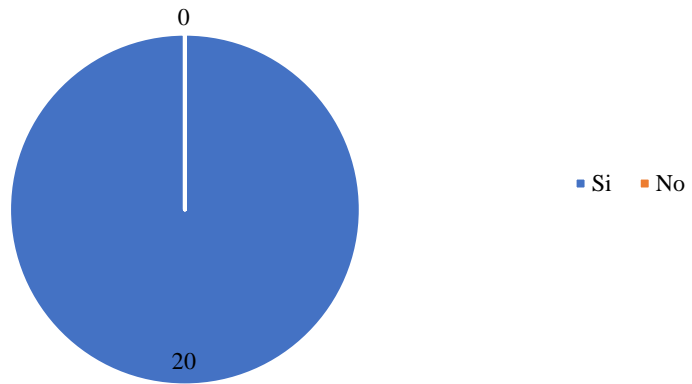
Los datos arrojados para la pregunta 6 de una muestra de 20 estudiantes, nos indica que 17 estudiantes deciden seguir el manual de operación para ejecutar las prácticas y los últimos 3 no deciden seguir las instrucciones del manual.



Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

Los resultados arrojados de la pregunta 7 indica que el total de los estudiantes de una muestra de 20 prefieren un módulo con todas sus normas de construcción y diseño

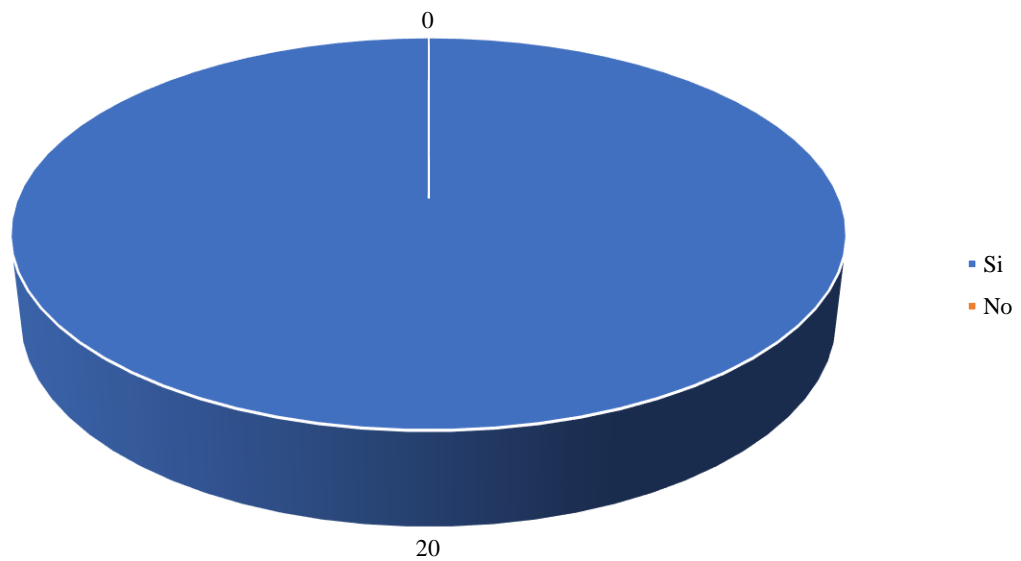
¿En cuanto a la calidad de construcción y diseño del módulo se debe seguir normas de construcción y diseño?



Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

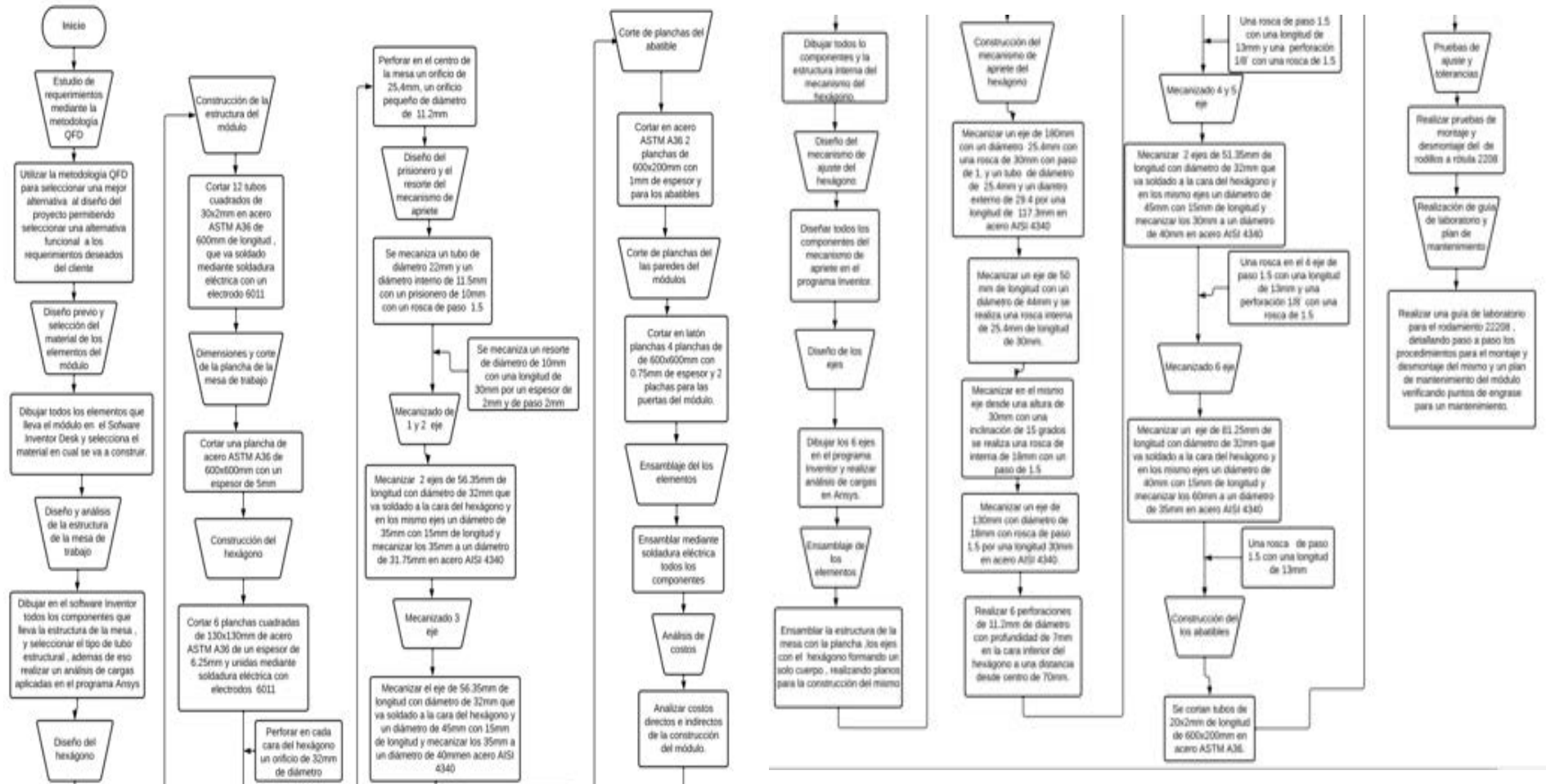
Para el mantenimiento preventivo y correctivo del módulo la muestra de 20 estudiantes dio los resultados que el total de los estudiantes recomiendan el mantenimiento preventivo y correctivo.

¿Se debe implementar planes de mantenimiento preventivo y correctivo para el modulo de montaje y desmontaje de rodamientos?



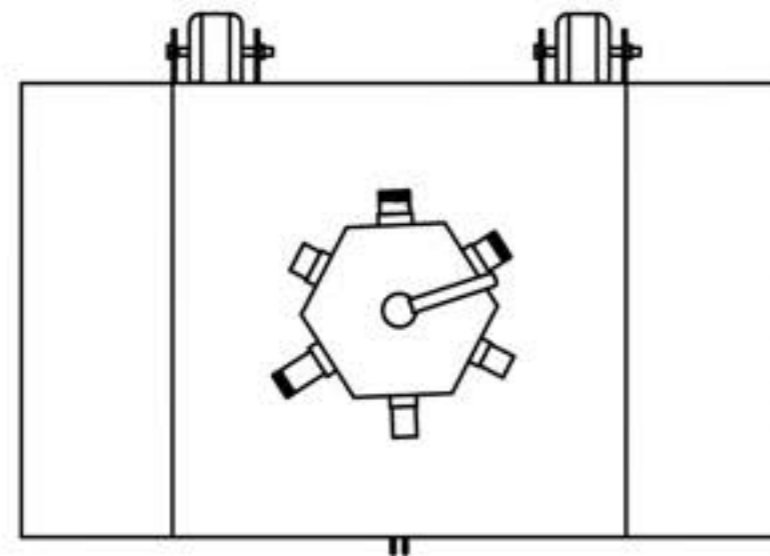
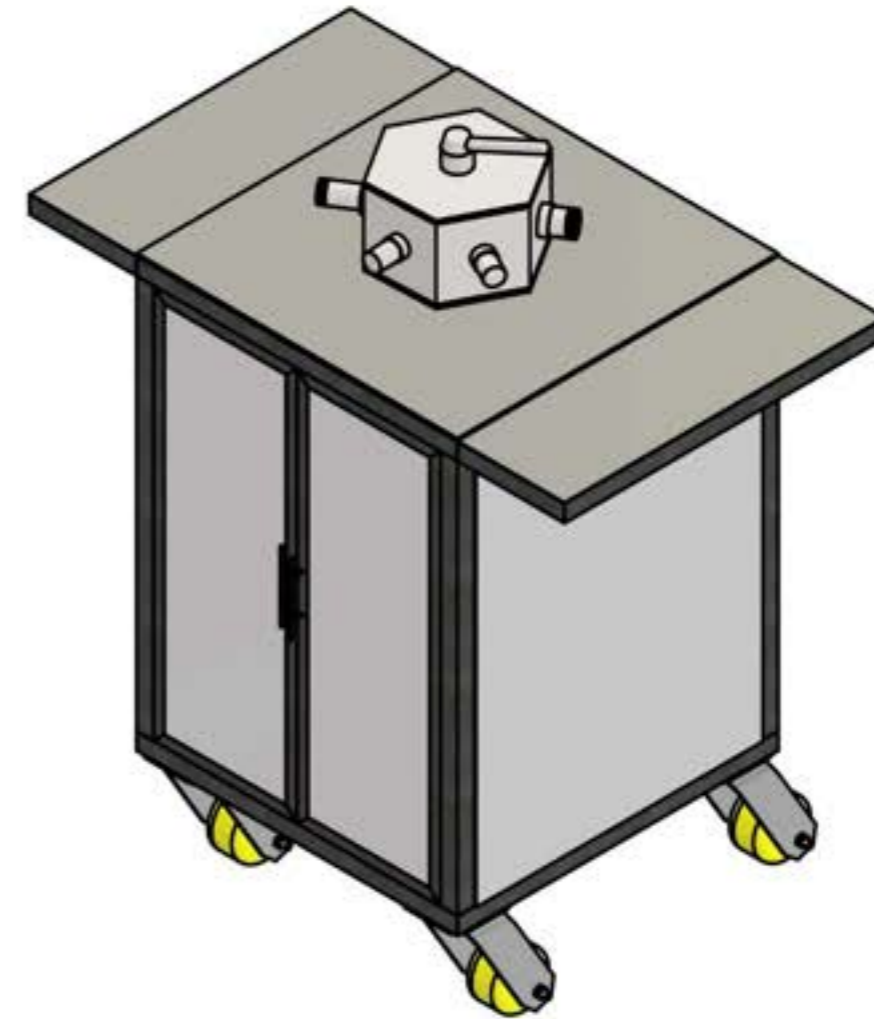
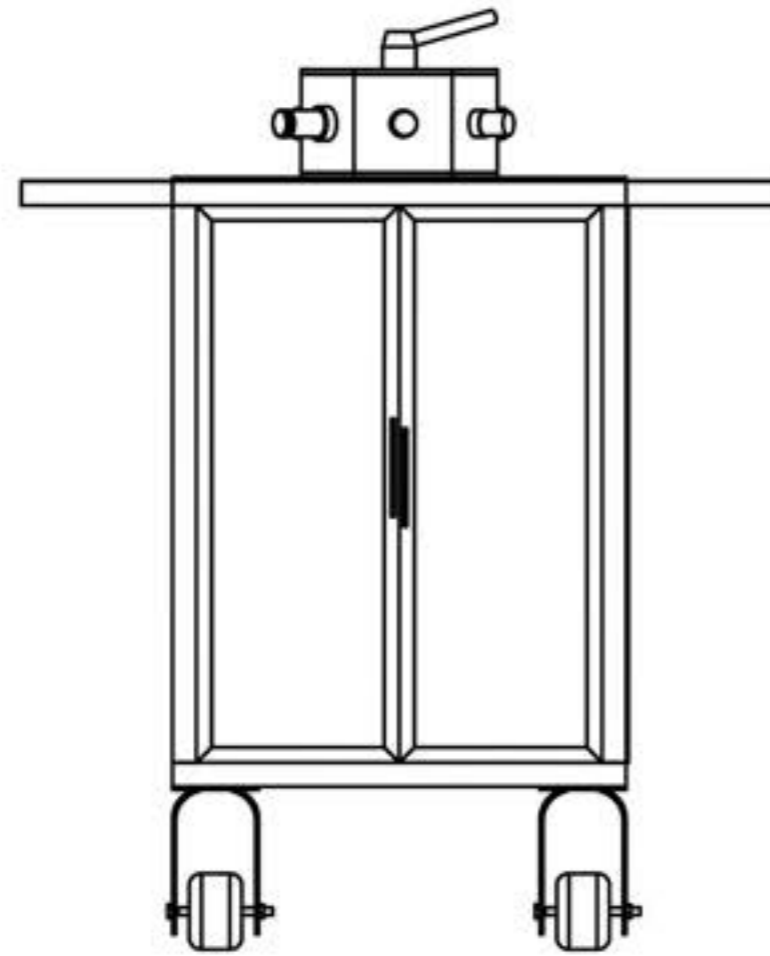
Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

ANEXO K: PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS

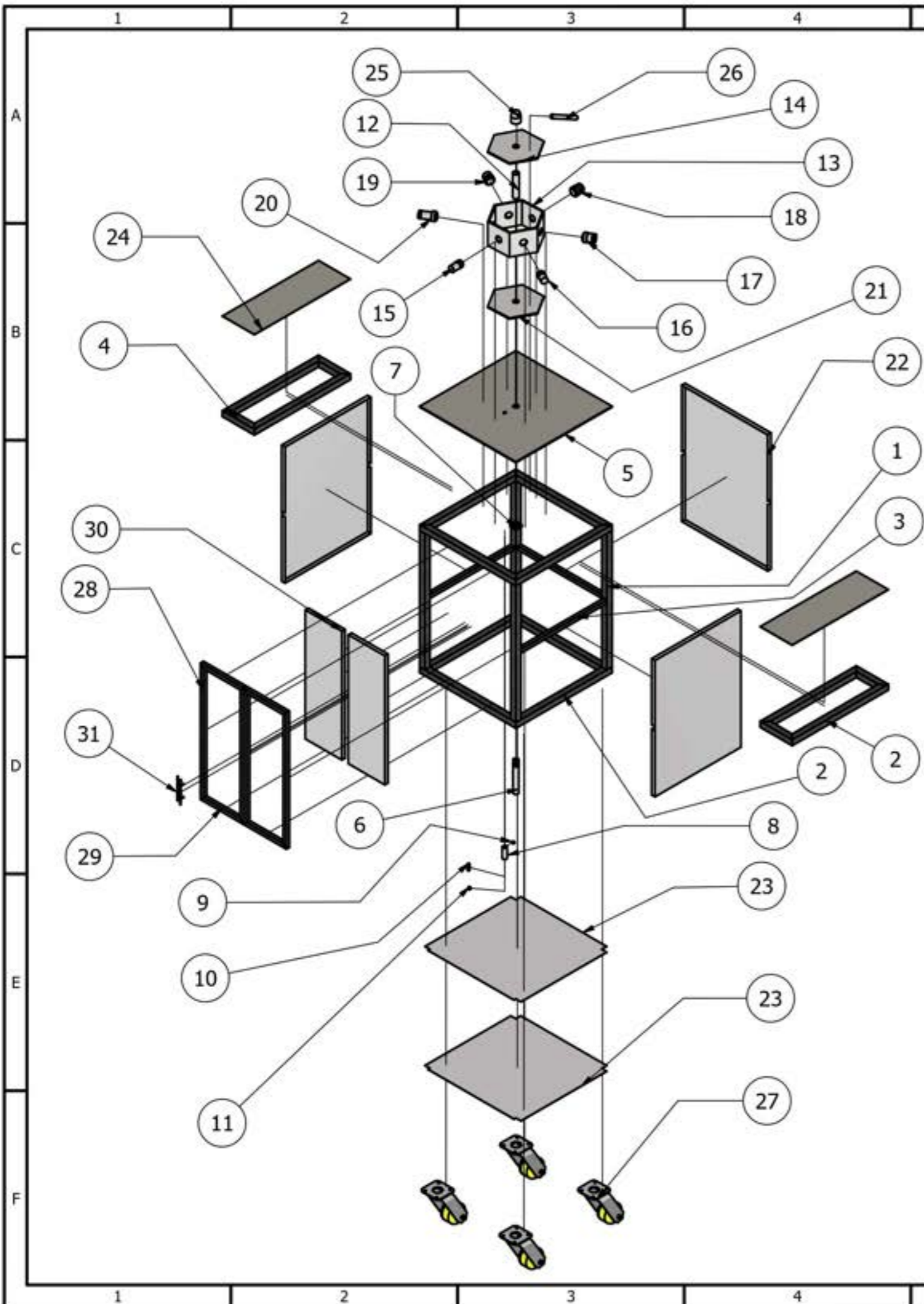


Realizado por: (Azogue, C; Musuña, D, 2023)

ANEXO L: PLANOS DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.

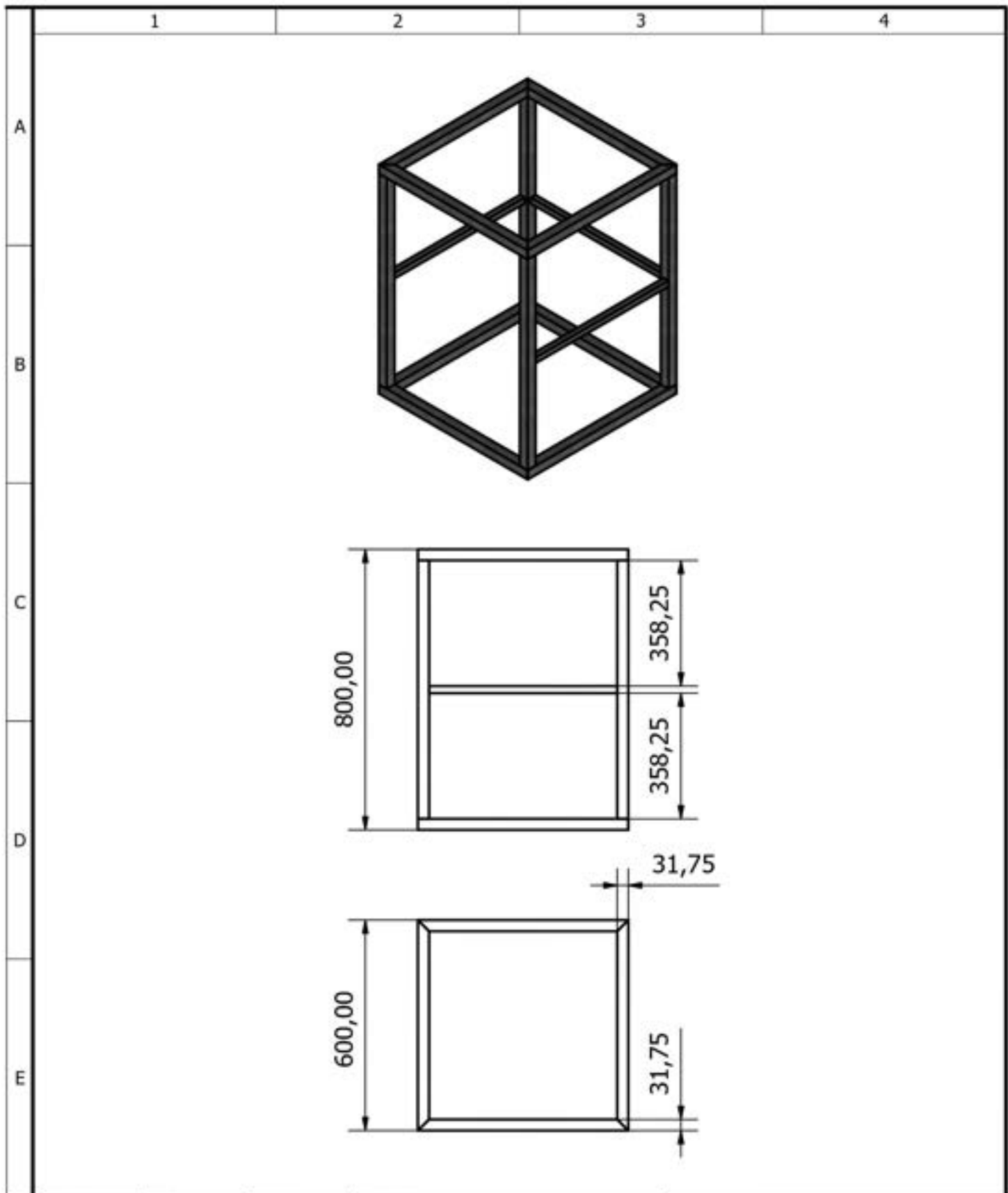


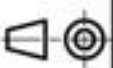



N° Láminas: 1 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: cristopher.azogue@epoch.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:								Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS						1 : 10					
Proyectó:	Azogue, C. Morales, D.		03/01/2023					Materiales:							
Dibujó:	Azogue, C. Morales, D.		03/01/2023					Nombre del archivo:							
Revisó:	Ing. García, F.		03/01/2023					Módulo de montaje y desmontaje de rodamientos							
Aprobó:	Ing. Cheto, S.		03/01/2023												

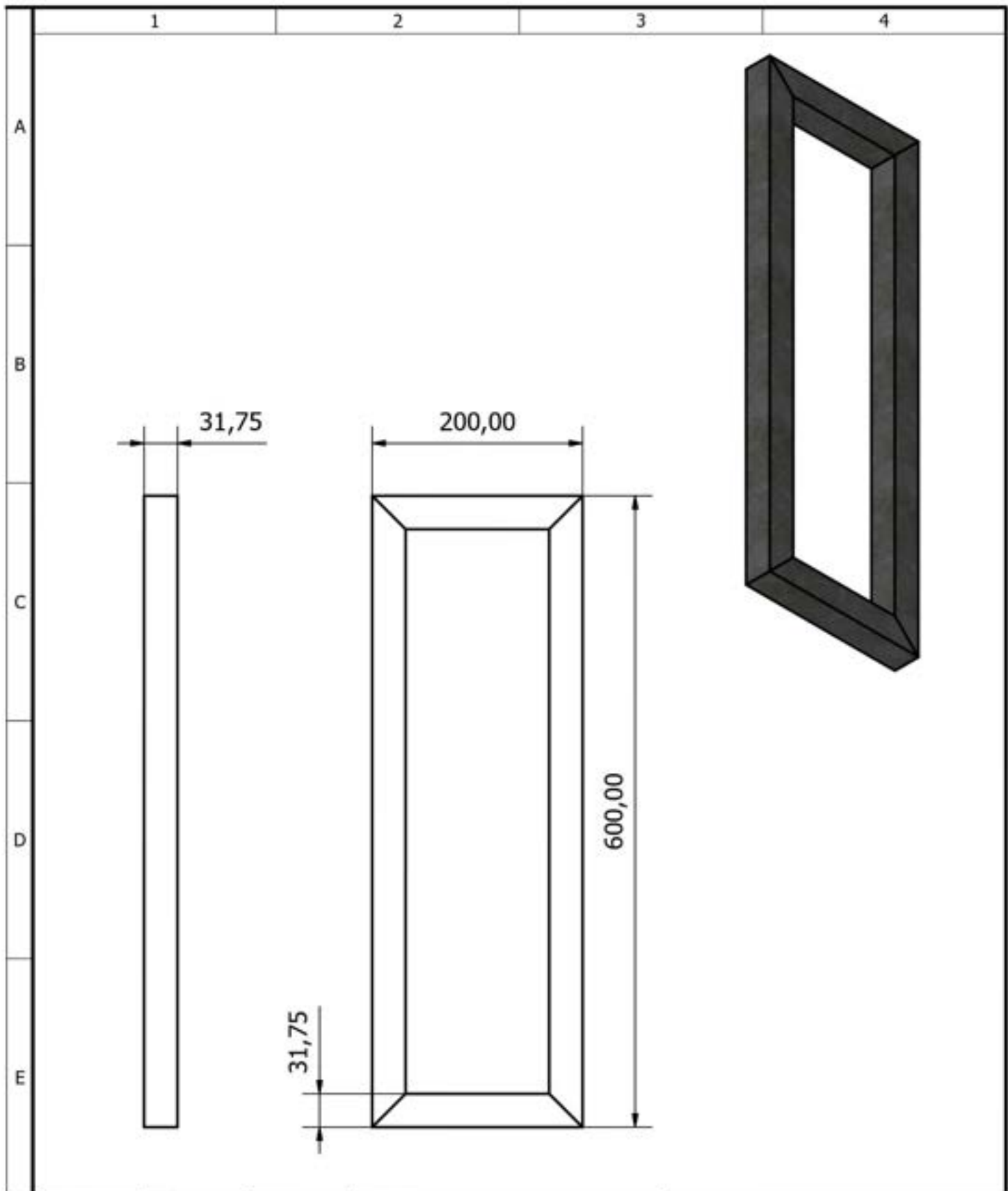


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	4	Perfil cuadrado de la estructura	Acero ASTM A36
2	12	Perfil cuadrado de la estructura	Acero ASTM A36
3	3	Perfil cuadrado de las repisas	Acero ASTM A36
4	4	Perfil cuadrado de los abatibles	Acero ASTM A36
5	1	Plancha cuadrada (mesa)	Acero ASTM A441
6	1	Eje del mecanismo	Acero AISI 4130
7	1	Base del eje del mecanismo	Acero AISI 4130
8	1	Cilindro del mecanismo de apriete	Acero AISI 4130
9	1	Bola del mecanismo de apriete	Acero AISI 4130
10	1	Resorte	Acero AISI 4130
11	1	Prisionero	Acero AISI 4130
12	1	Cilindro del eje del mecanismo	Acero AISI 4130
13	1	Hexágono	Acero ASTM A36
14	1	Parte superior del hexágono	Acero ASTM A36
15	1	Eje numero 1	Acero AISI 4130
16	1	Eje numero 2	Acero AISI 4130
17	1	Eje numero 3	Acero AISI 4130
18	1	Eje numero 4	Acero AISI 4130
19	1	Eje numero 5	Acero AISI 4130
20	1	Eje numero 6	Acero AISI 4130
21	1	Parte superior del hexágono	Acero ASTM A36
22	3	Paredes de la estructura de la mesa	Acero ASTM A572
23	2	Division de las repisas de la mesa	Acero ASTM A572
24	2	Plancha de los abatibles	Acero ASTM A36
25	1	Tuerca del eje de mecanismo	Acero AISI 4130
26	1	Eje de la palanca	Acero AISI 4130
27	4	Llantas del módulo	ABS Plastic
28	4	Perfil cuadrado de las puertas	Acero ASTM A36
29	4	Perfil cuadrado de las puertas	Acero ASTM A36
30	2	Paredes de las puertas	Acero ASTM A572
31	2	Tiraderas	Aluminio

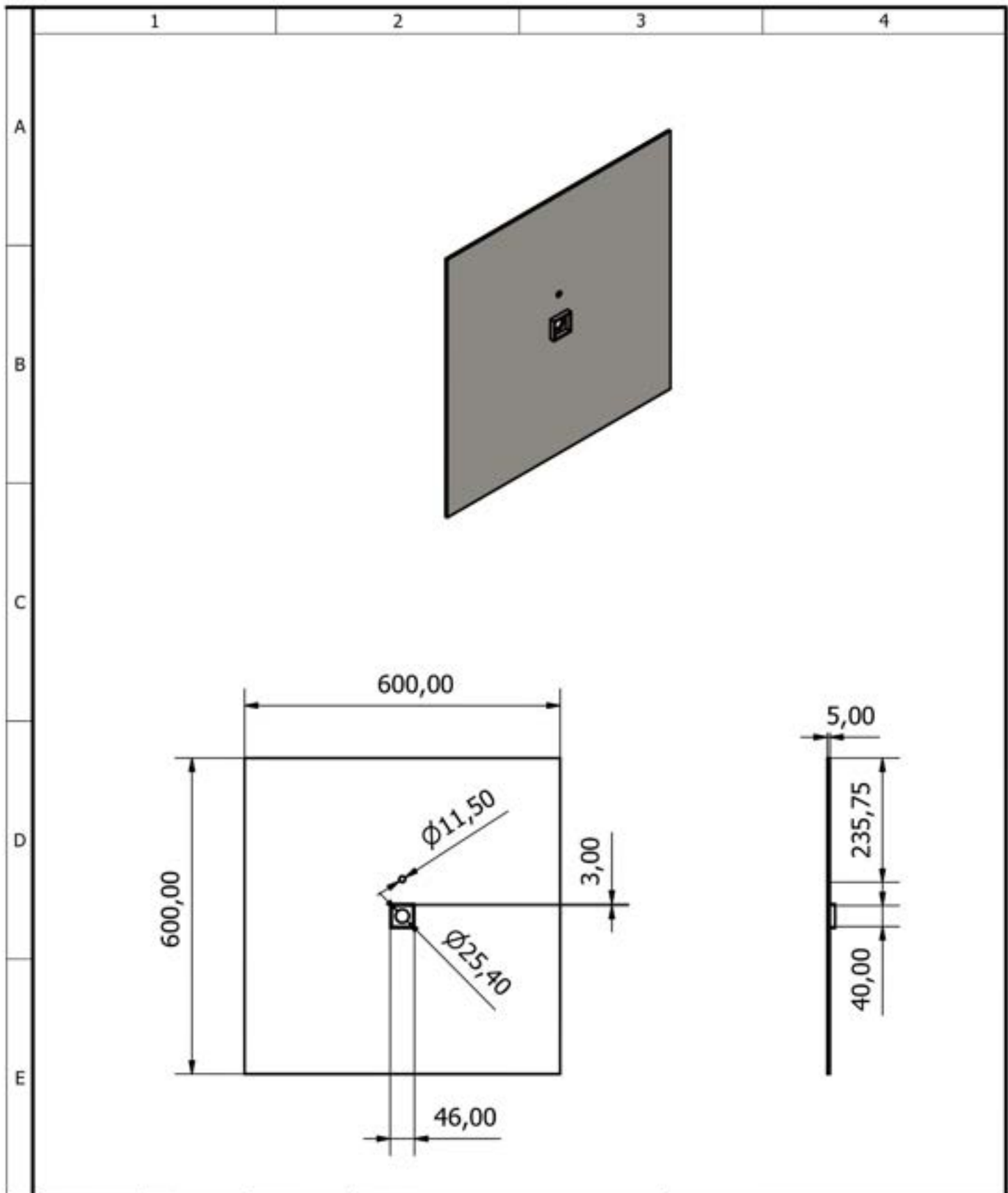
N° Láminas: 2 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: cristopher.azogae@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación: VISTA EXPLOSIONADA DEL MÓDULO DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS							
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales: Nombre del archivo: Vista explosionada módulo de montaje y desmontaje de rodamientos				1 : 20			
Proyectó:	Azogae, C. Moisés D.		09/01/2023								
Dibujó:	Azogae, C. Moisés D.		03/06/2023								
Revisó:	Ing. García, F.		03/06/2023								
Aprobó:	Ing. Chito, S.		03/06/2023								



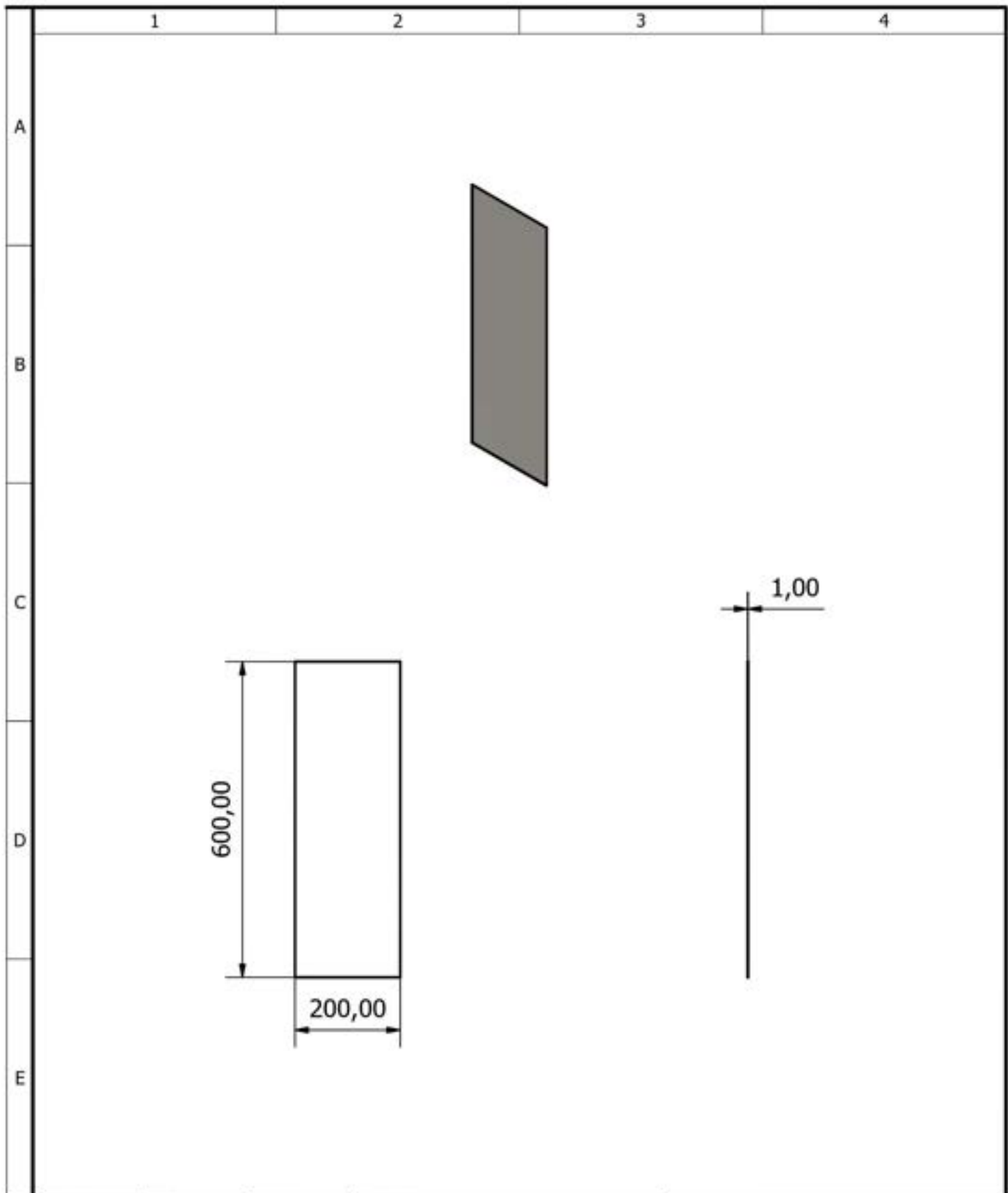
N° Láminas: 3 de 27	N° Hojas: 27	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH				
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				FACULTAD DE MECÁNICA				
Denominación: Estructura de la mesa				CARRERA DE INGENIERÍA DE				
				MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
				Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro	
					± 0,03 [mm]	1 : 15		
				Materiales: Acero ASTM A36				  
Nombre del archivo: Estructura de la mesa								
Dato:	Nombre:	Firma:	Fecha:					
Proyectó:	Ampar. C. Manoela D.		02/01/2023					
Dibujó:	Ampar. C. Manoela D.		02/01/2023					
Revisó:	Ing. García F.		02/01/2023					
Aprobó:	Ing. Cloto S.		02/01/2023					



N° Láminas: 4 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL													
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro			
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		Estructura de los abatibles				± 0,03 [mm]		1 : 5							
Proyectó:		Azogue, C. Mendoza, D.				03/01/2023						Materiales:		Acero ASTM A36							
Dibujó:		Azogue, C. Mendoza, D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Estructura de los abatibles							
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023															
Aprobó:		Ing. Coto, S.				03/01/2023															

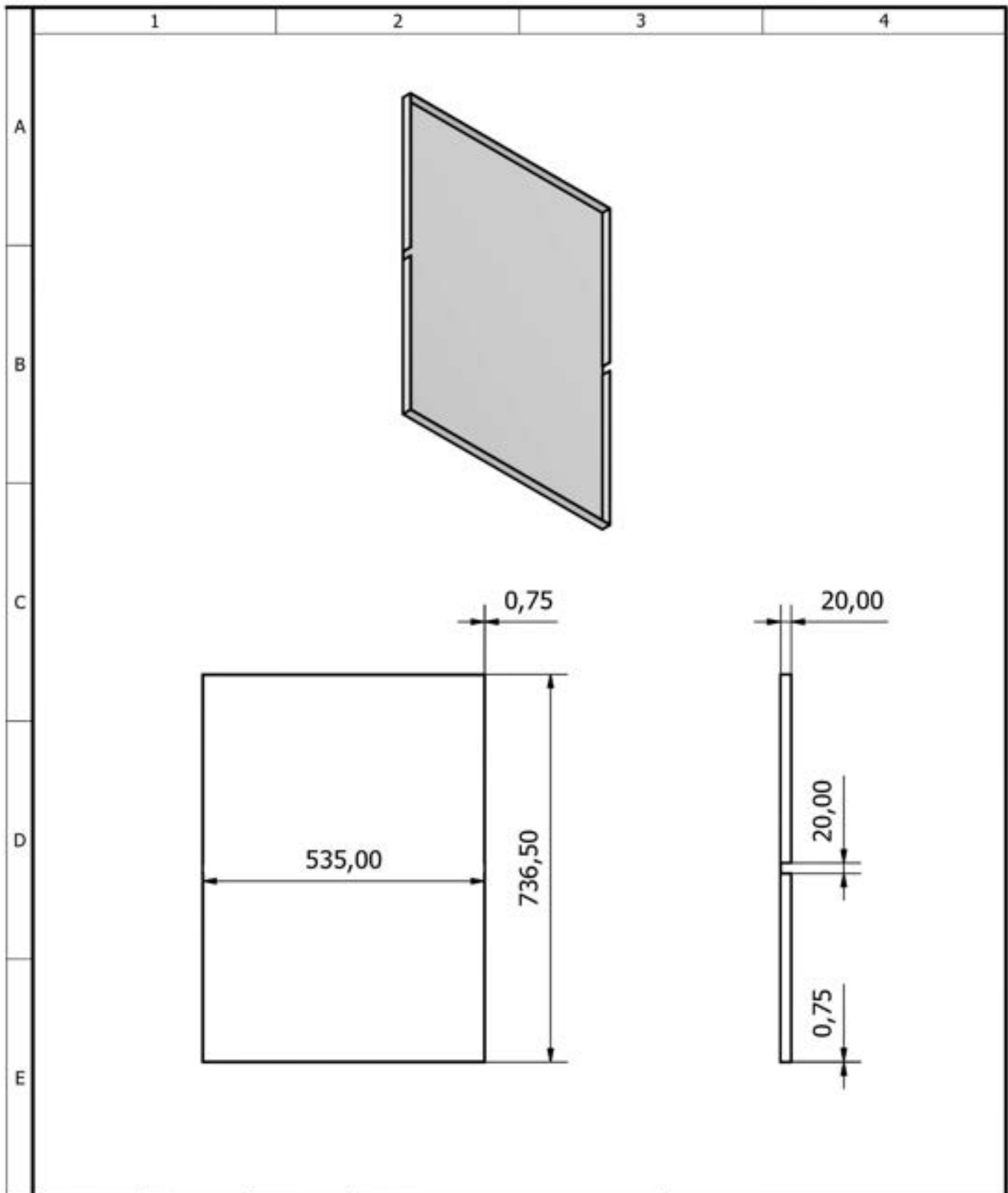


N° Láminas: 5 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Dato:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PLANCHA DE LA MESA				± 0,03 [mm]		1 : 10					
Proyectó:		Ampar. C. Manoela D.				03/01/2023						Materiales:		Acero ASTM A36					
Dibujó:		Ampar. C. Manoela D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Plancha de la mesa					
Revisó:		Ing. García F.				03/01/2023													
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023													

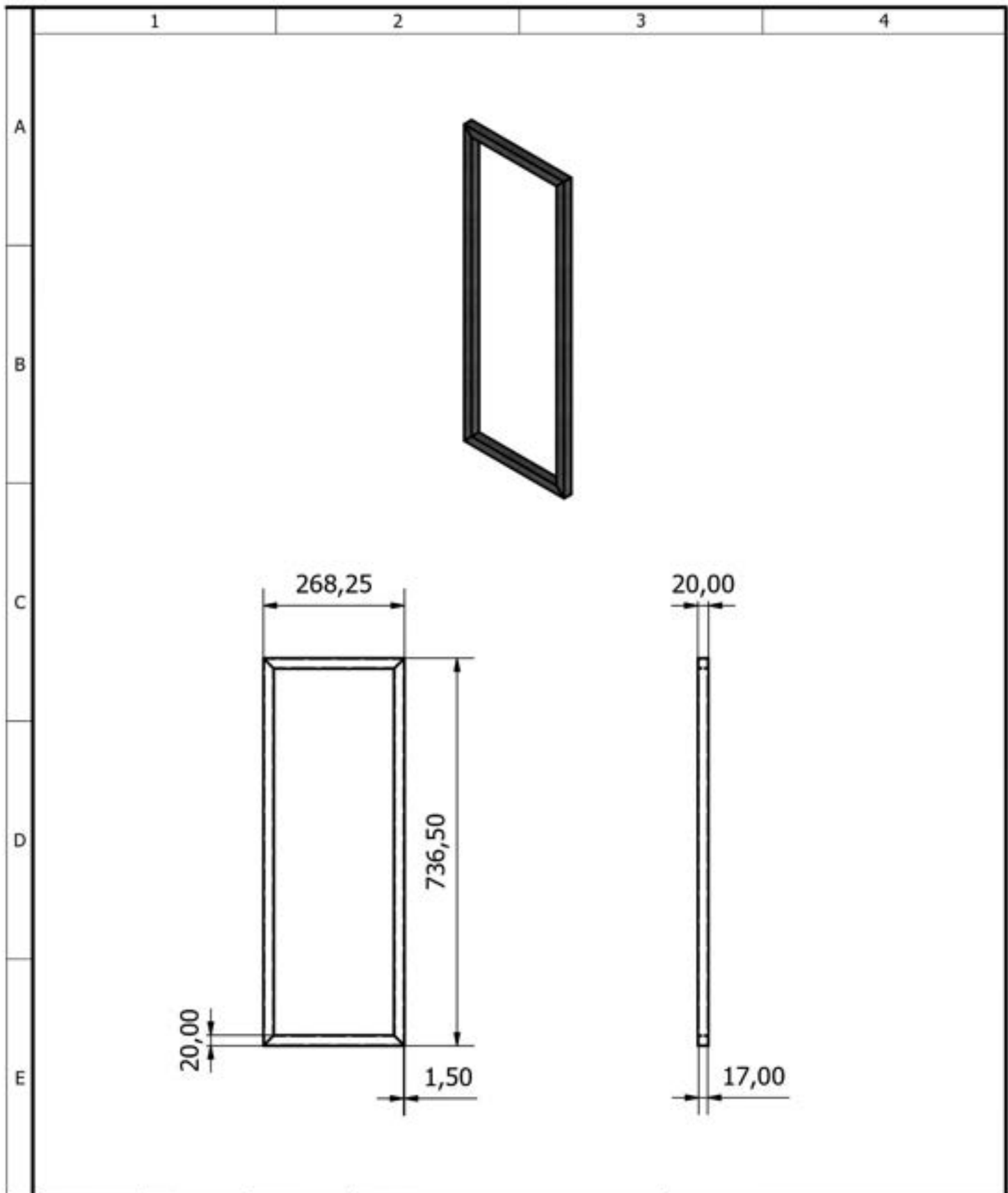



N° Láminas: 6 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PLANCHA DE LOS ABATIBLES				± 0,03 [mm]		1 : 10					
Proyectó:		Azogue, C. Manuela, D.				03/01/2023						Materiales:		Acero ASTM A36					
Dibujó:		Azogue, C. Manuela, D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Plancha de los abatibles					
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023													
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023													

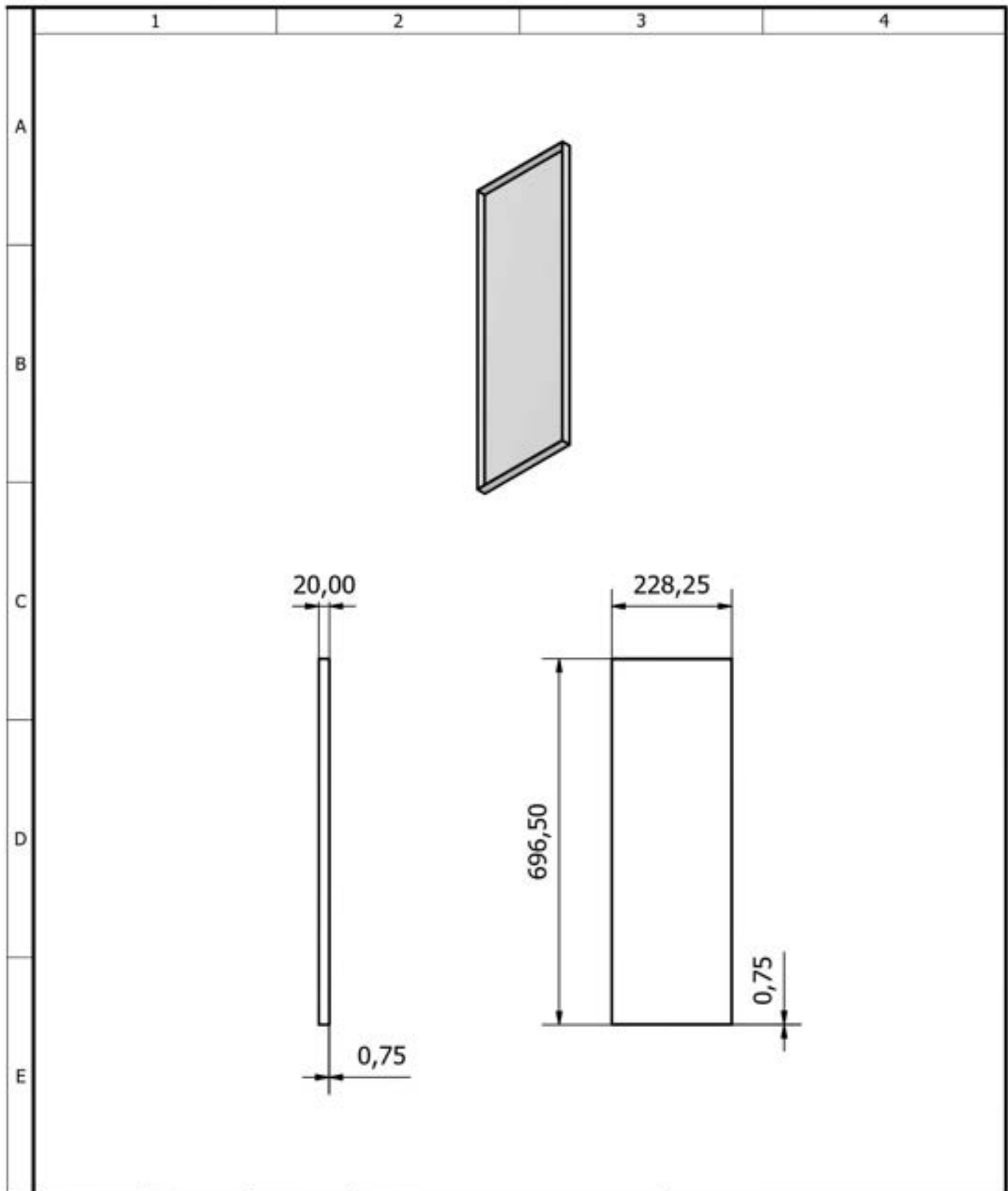




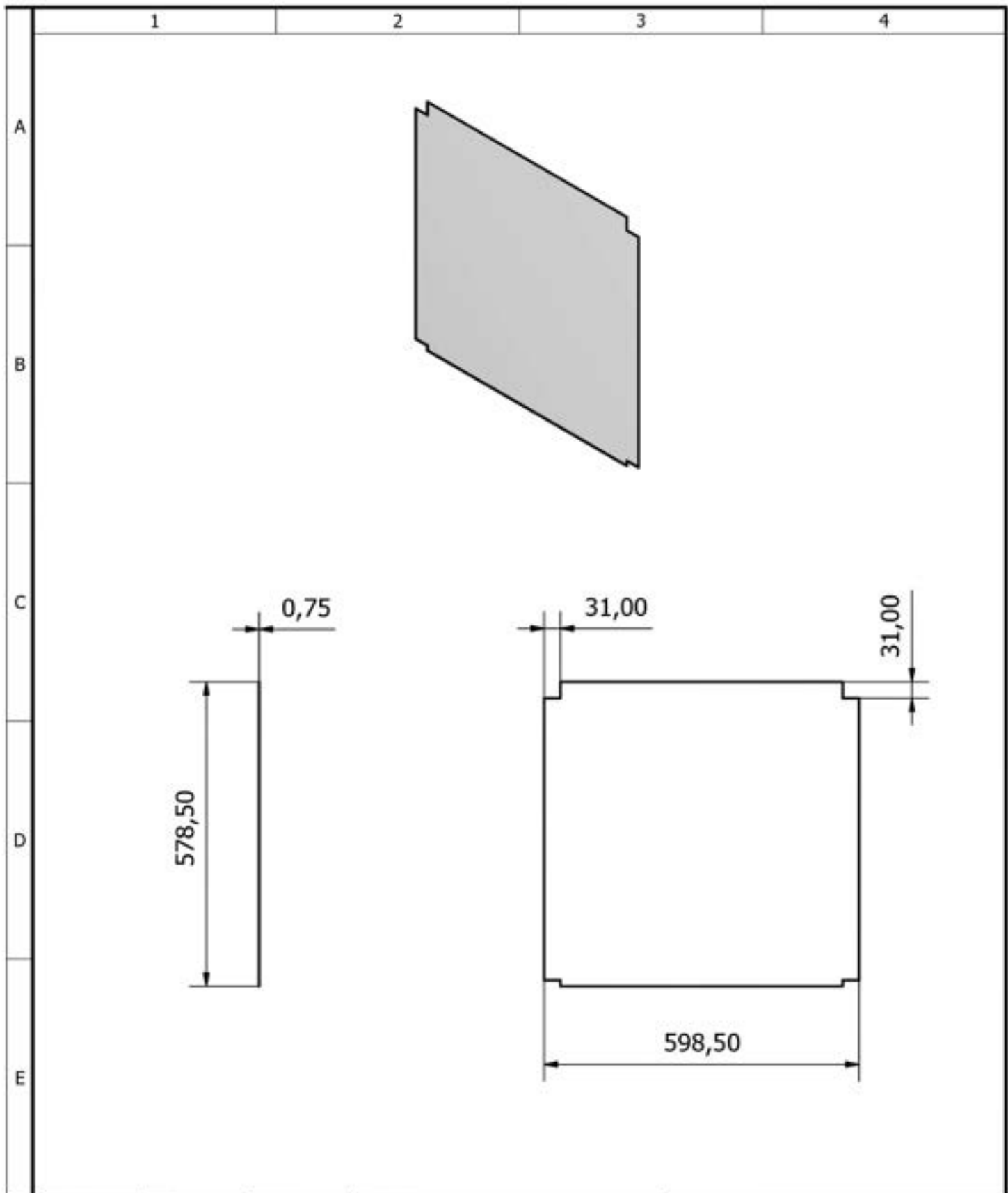
N° Láminas: 7 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PAREDES DE LA ESTRUCTURA DE LA MESA				± 0,03 [mm]		1 : 10					
Proyectó:		Ampar, C. Manoela, D.				03/01/2023						Materiales:		Acero ASTM A572					
Dibujó:		Ampar, C. Manoela, D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Paredes de la estructura de la mesa					
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023													
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023													



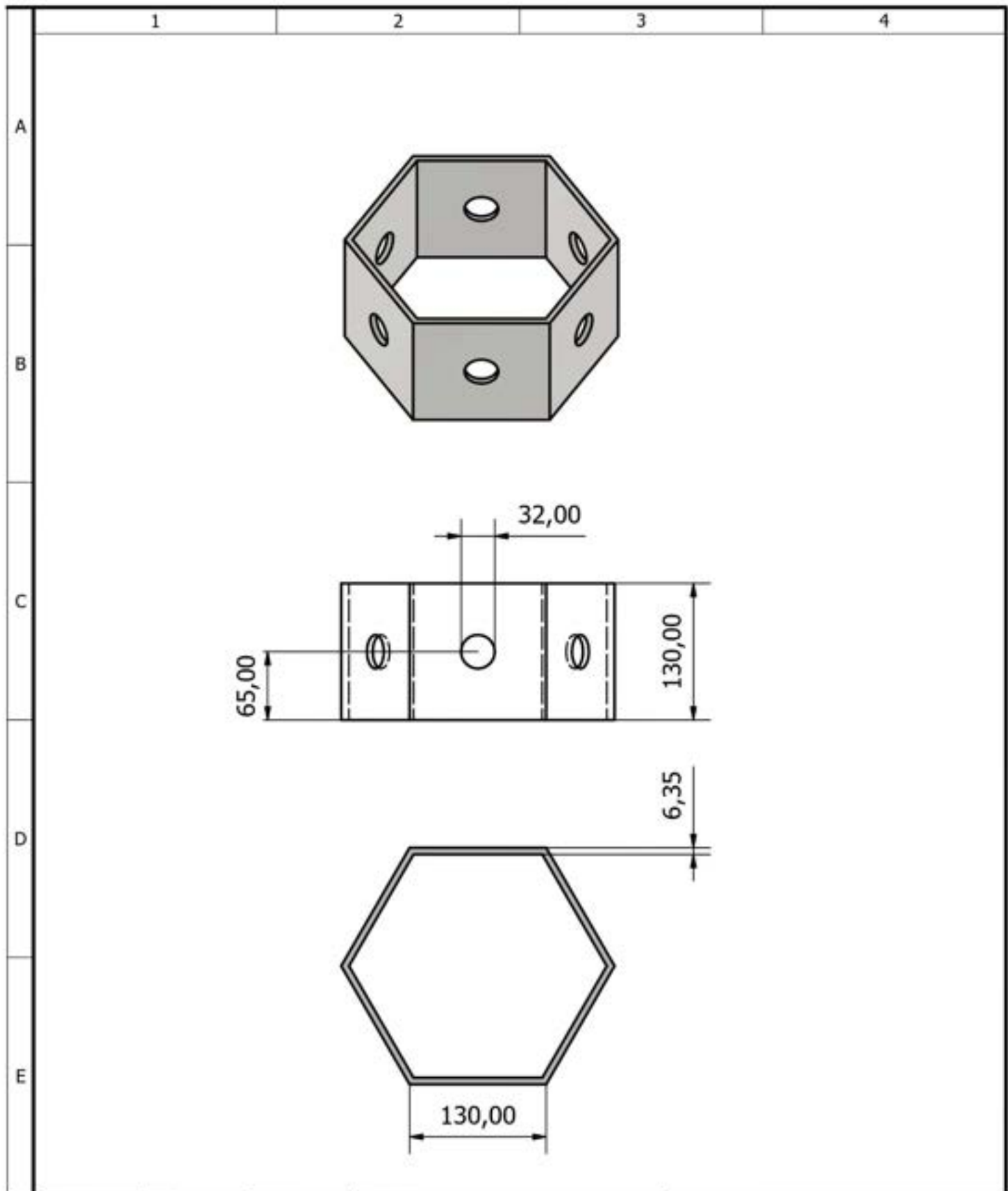
N° Láminas: 8 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH			
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación: ESTRUCTURA DE LAS PUERTAS				FACULTAD DE MECÁNICA			
								CARRERA DE INGENIERÍA DE			
								MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Datos:		Nombre:						Firma:		Fecha:	
Proyectó:		Azogue, C. Manuela, D.				03/01/2023				± 0,03 [mm]	
Dibujó:		Azogue, C. Manuela, D.				03/01/2023				1 : 10	
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023		Materiales:			
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023		Nombre del archivo:			
								Estructura de las puertas			



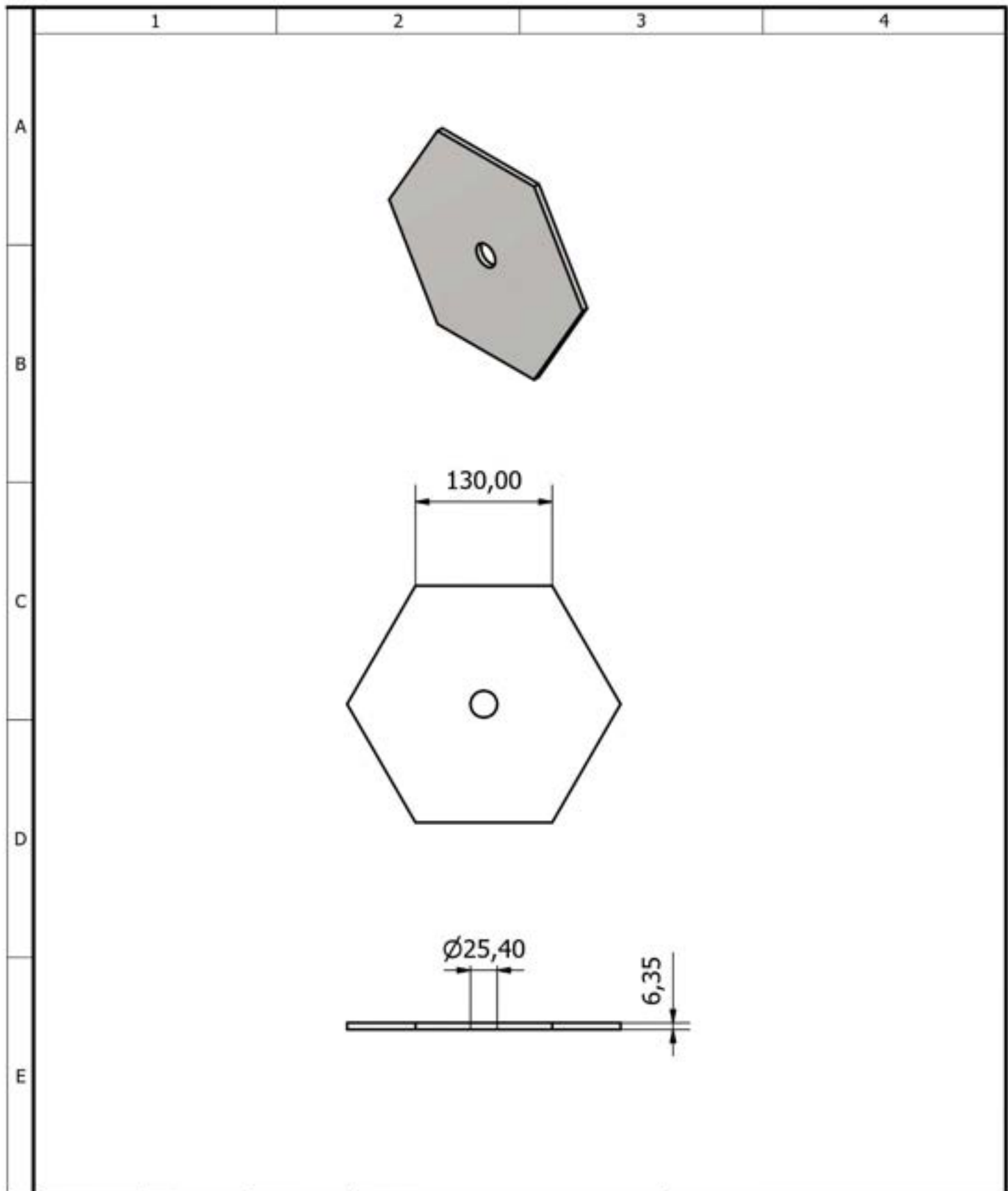
N° Láminas: 9 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)
Datos:		Nombre:	Firma:	Fecha:		PAREDES DE LAS PUERTAS DE LA MESA				± 0,03 [mm]	1 : 10	
Proyectó:		Arque. C. Masola D.		03/01/2023				Materiales:				
Dibujó:		Arque. C. Masola D.		03/01/2023				Nombre del archivo:		Paredes de las puertas de la mesa		
Revisó:		Ing. García F.		03/01/2023								
Aprobó:		Ing. Cloto S.		03/01/2023								

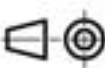



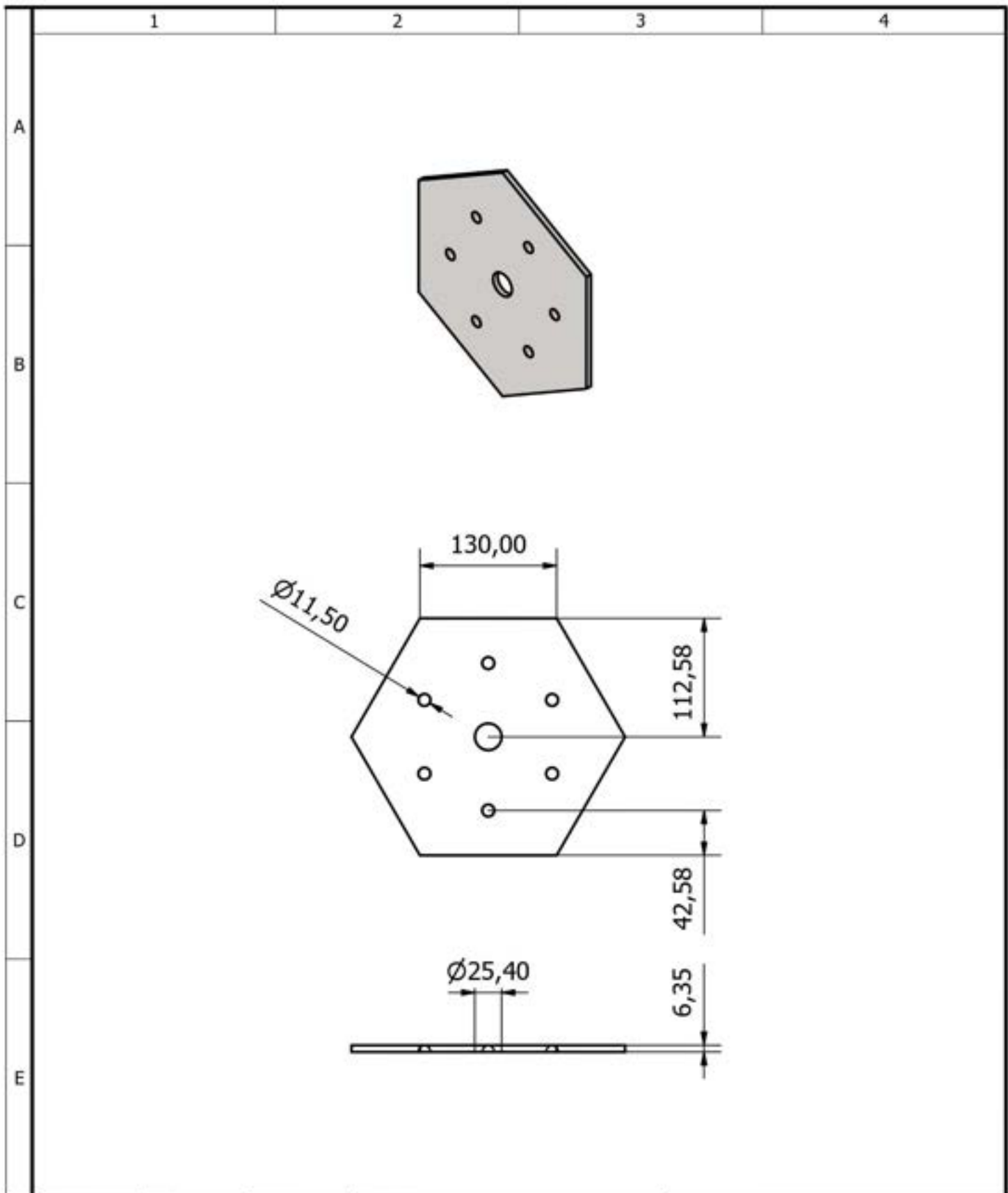
N° Láminas: 10 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL								
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia	Escala	Registro
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		DIVISIÓN DE LAS REPISAS								
Proyectó:		Azogue, C. Manuela, D.				03/01/2023						± 0,03 [mm]		1 : 10		
Dibujó:		Azogue, C. Manuela, D.				03/01/2023										
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023										
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023		Materiales:								
						Nombre del archivo:		Acero ASTM A572								
						División de las repisas										



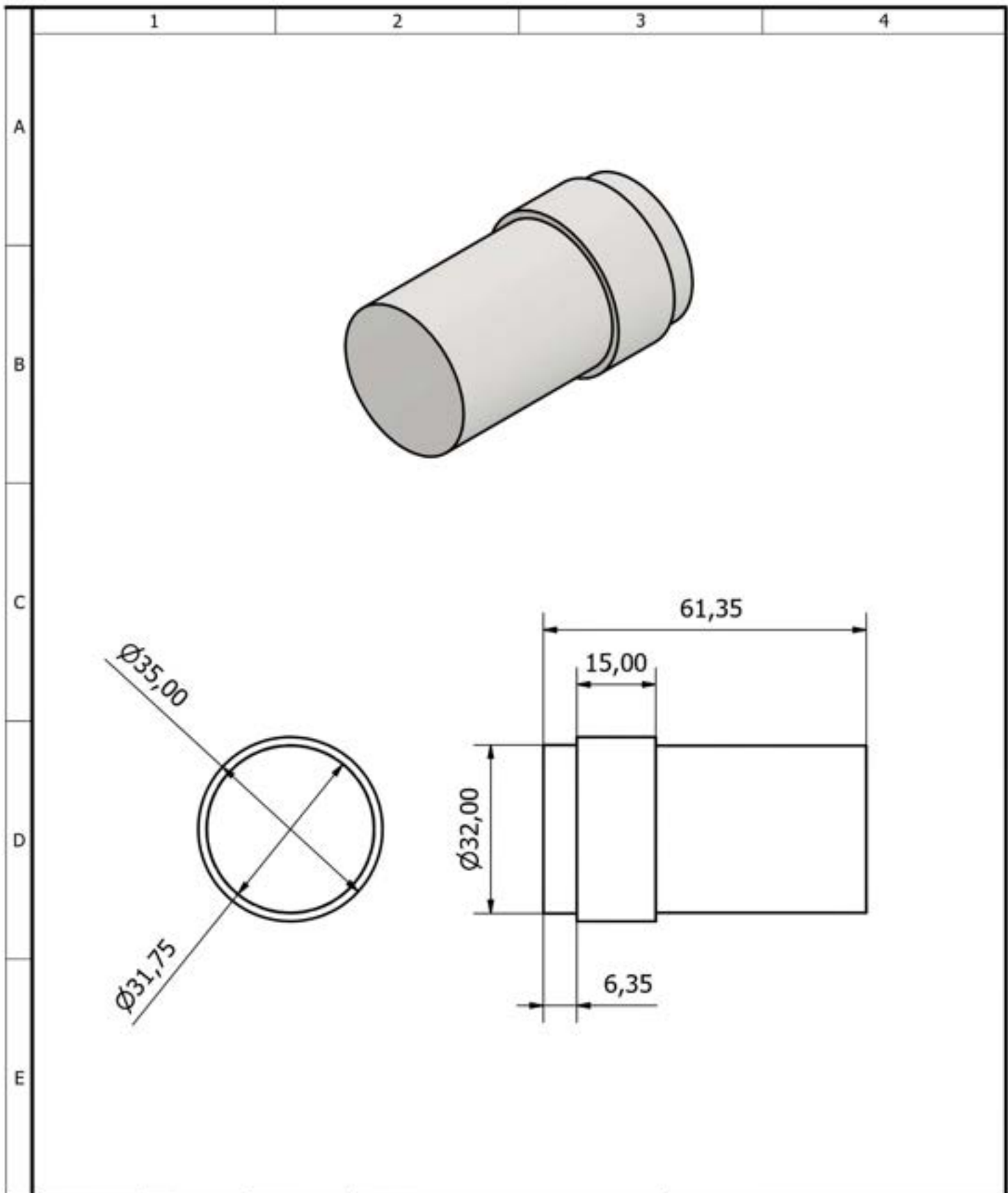
N° Láminas: 11 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		HEXÁGONO				± 0,03 [mm]		1 : 5			
Proyectó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023						Materiales:					
Dibujó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023						Acero ASTM A36					
Revisó:		Ing. García F.				03/01/2023		Nombre del archivo:									
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023		Hexágono									



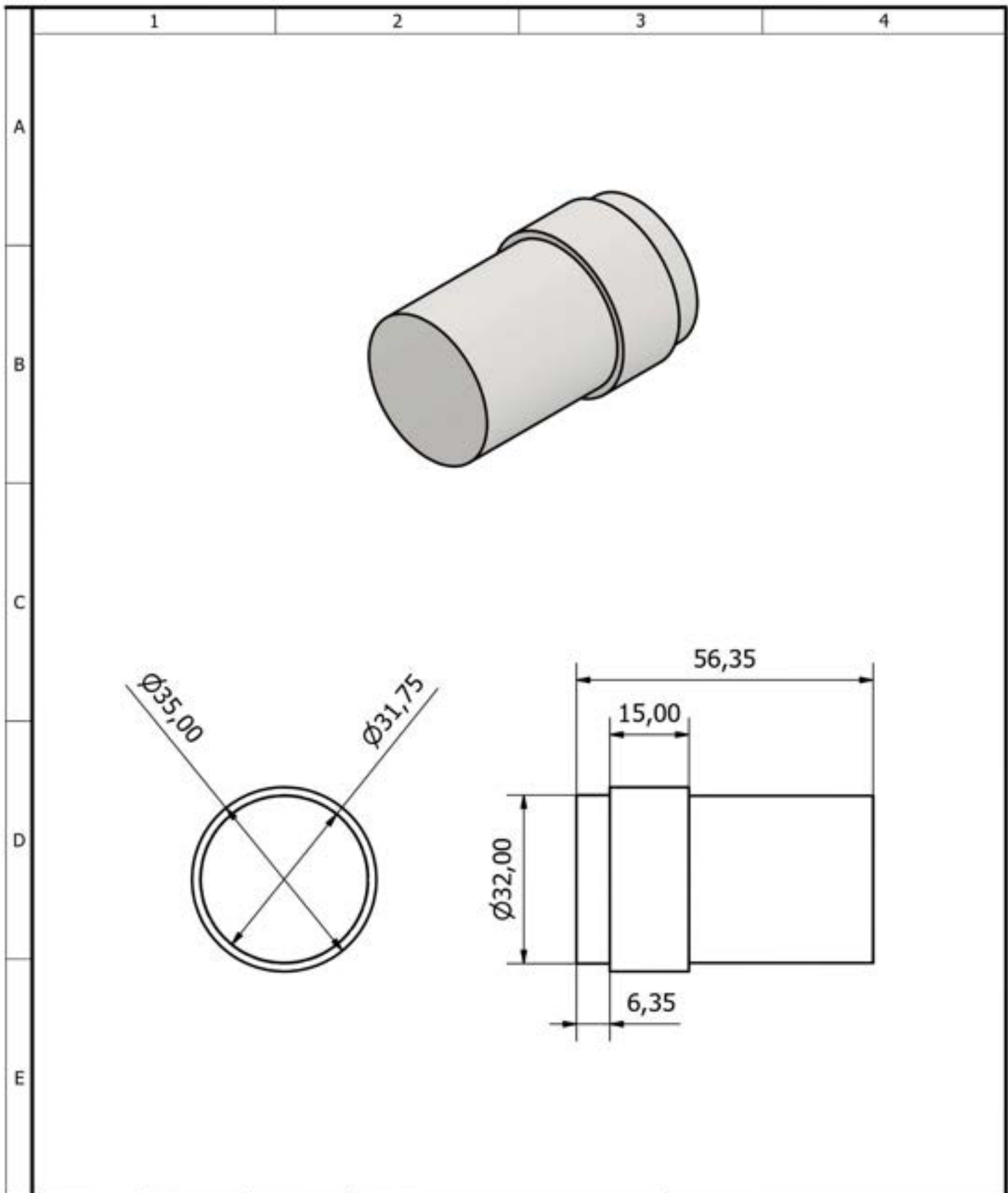
N° Láminas: 12 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH											
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación: PARTE SUPERIOR DEL HEXÁGONO				FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Datos:		Nombre:						Firma:		Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó:		Arque. C. Masola D								03/01/2023				± 0,03 [mm]		1 : 5			
Dibujó:		Arque. C. Masola D								03/01/2023									
Revisó:		Ing. García F				03/01/2023		Materiales:											
Aprobó:		Ing. Cloto S				03/01/2023		Nombre del archivo:											
								Acero ASTM A36											
								Parte superior del hexágono											



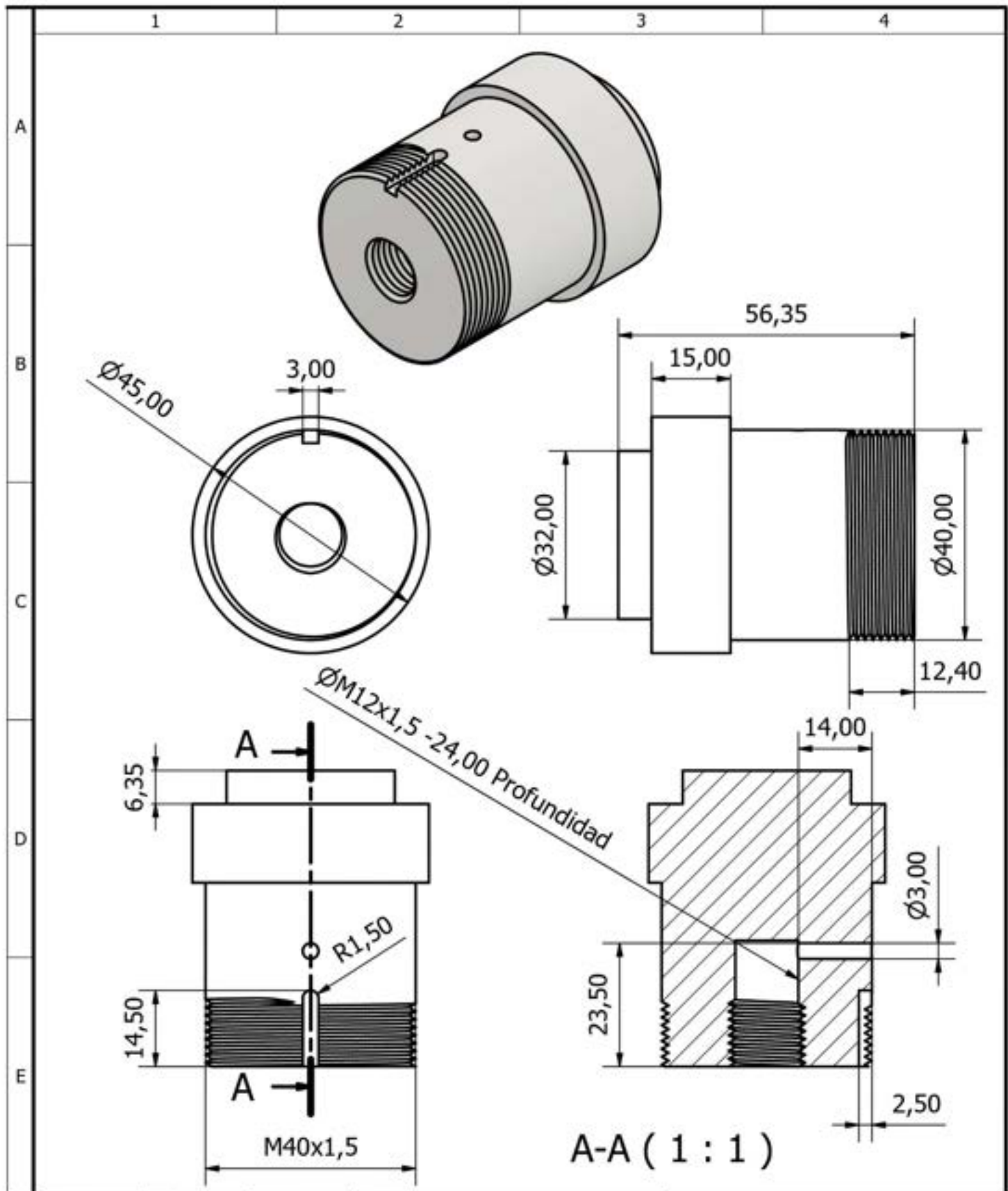
N° Láminas: 13 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala	
Dato:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PARTE INFERIOR DEL HEXÁGONO				± 0,03 [mm]		1 : 5			
Proyectó:		Ampar. C. Marcela D.				03/01/2023											
Dibujó:		Ampar. C. Marcela D.				03/01/2023											
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023											
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023		Materiales:		Acero ASTM A36							
						Nombre del archivo:		Parte inferior del hexágono									



N° Láminas: 14 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:							
Datos:		Nombre:	Firma:	Fecha:		EJE NÚMERO 1		Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó:		Ampar. C. Marcela D.		03/01/2023					± 0,03 [mm]	1 : 1	
Dibujó:		Ampar. C. Marcela D.		03/01/2023							
Revisó:		Ing. García, F.		03/01/2023		Materiales:					
Aprobó:		Ing. Cloto, S.		03/01/2023		Nombre del archivo:		Acero AISI 4130			
						Eje Número 1					

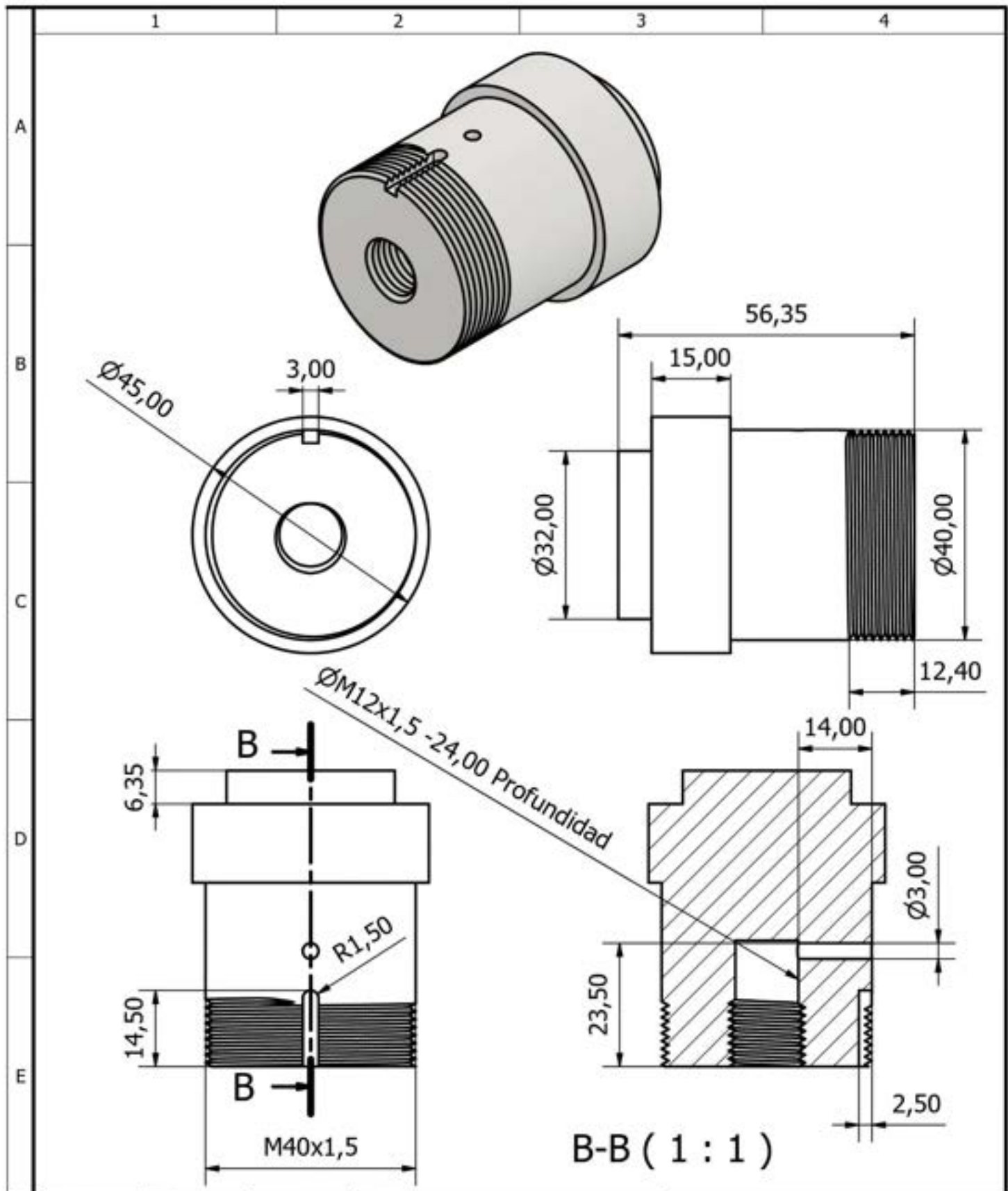


N° Láminas: 15 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)
Datos:		Nombre:	Firma:	Fecha:		EJE NÚMERO 2				± 0,03 [mm]	1 : 1	
Proyectó:		Ampar. C. Marcela D.		03/01/2023								
Dibujó:		Ampar. C. Marcela D.		03/01/2023								
Revisó:		Ing. García, F.		03/01/2023		Materiales:						
Aprobó:		Ing. Cloto, S.		03/01/2023		Nombre del archivo:						
						Acero AISI 4130						
						Eje número 2						



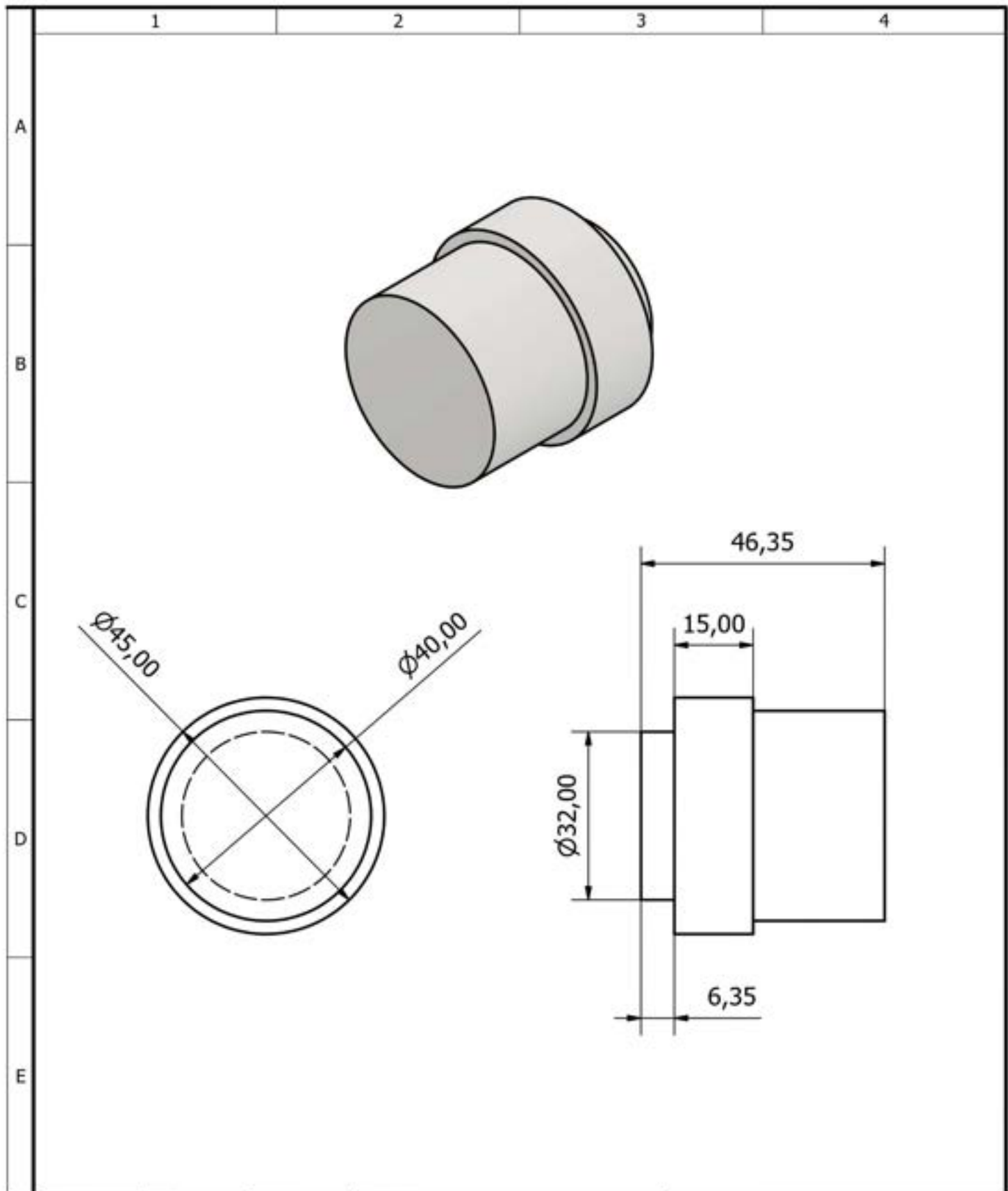
N° Láminas: 16 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:											
Dato:		Nombre:		Firma:		Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023		± 0,03 [mm]		1 : 1					
Dibujó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023									
Revisó:		Ing. García F.				03/01/2023		Materiales:		Acero AISI 4130					
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023		Nombre del archivo:		Eje número 3					

EJE NÚMERO 3



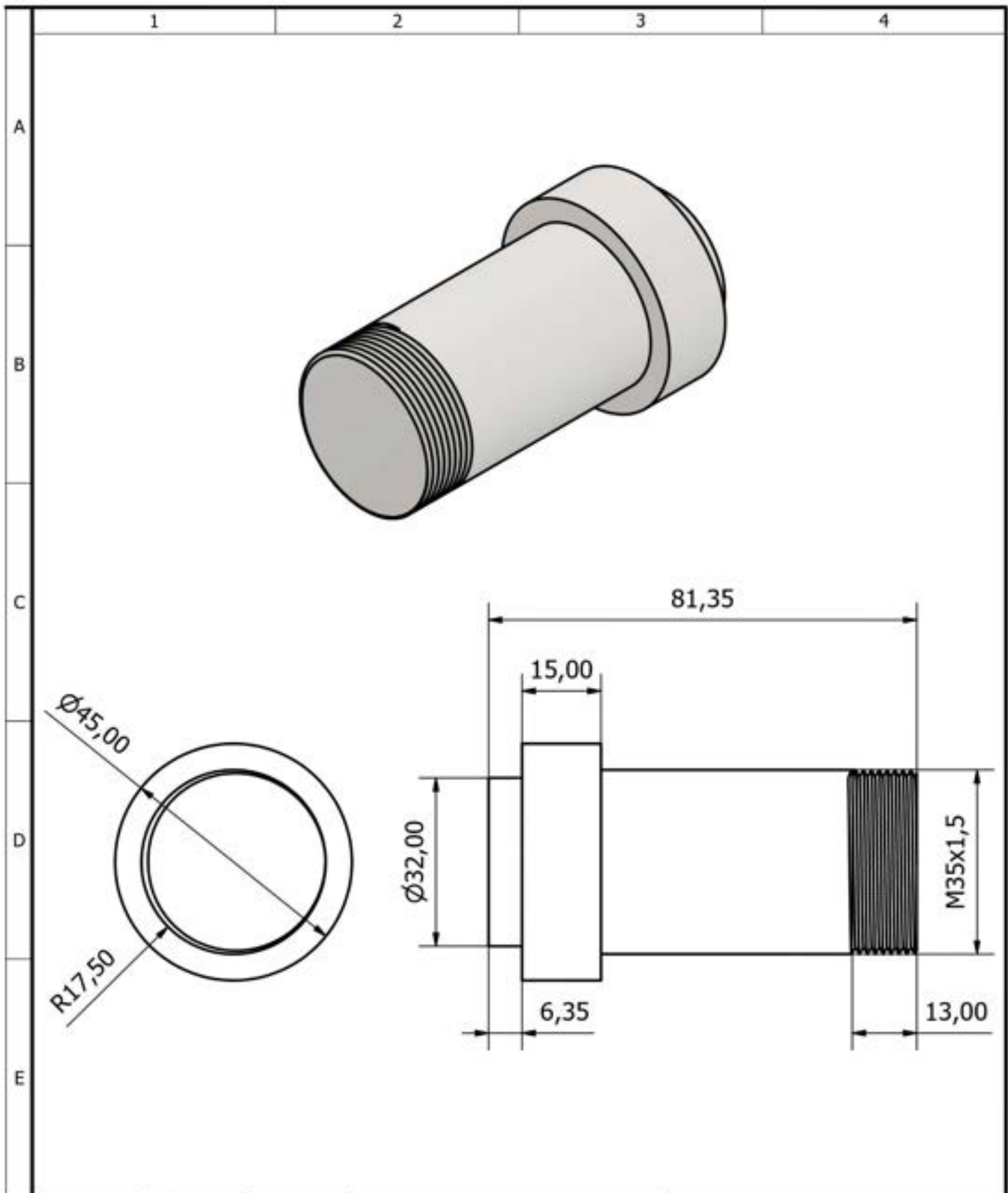
N° Láminas: 17 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:											
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023				± 0,03 [mm]		1 : 1			
Dibujó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023									
Revisó:		Ing. García F.				03/01/2023		Materiales:		Acero AISI 4130					
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023		Nombre del archivo:		Eje número 4					

EJE NÚMERO 4

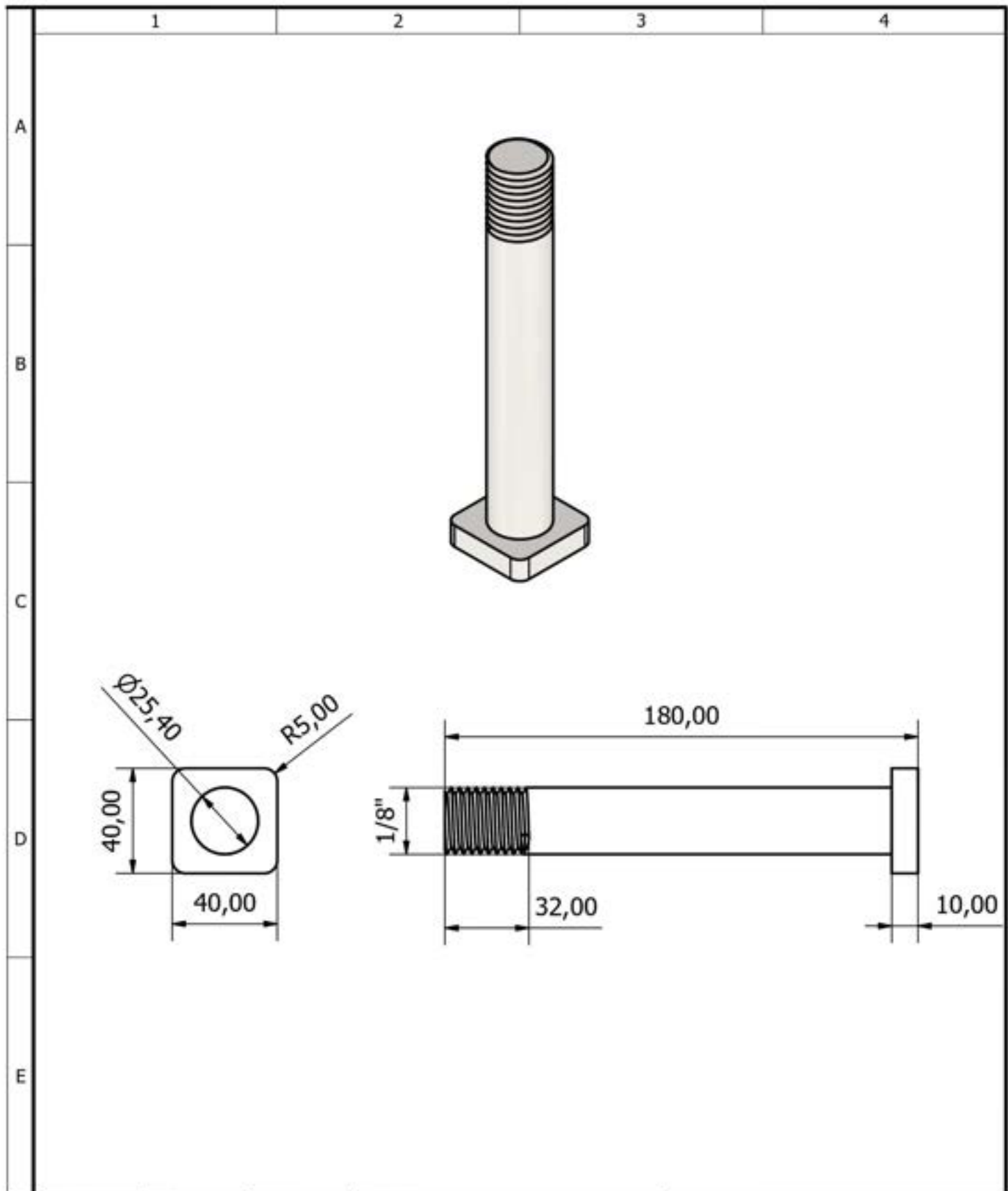


N° Láminas: 18 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL						
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia
Datos:		Nombre:	Firma:	Fecha:		EJE NÚMERO 5				± 0,03 [mm]	1 : 1			
Proyectó:		Ampar. C. Mara D.		03/01/2023				Materiales:						
Dibujó:		Ampar. C. Mara D.		03/01/2023				Acero AISI 4130						
Revisó:		Ing. García, F.		03/01/2023		Nombre del archivo:								
Aprobó:		Ing. Cloto, S.		03/01/2023		Eje número 5								

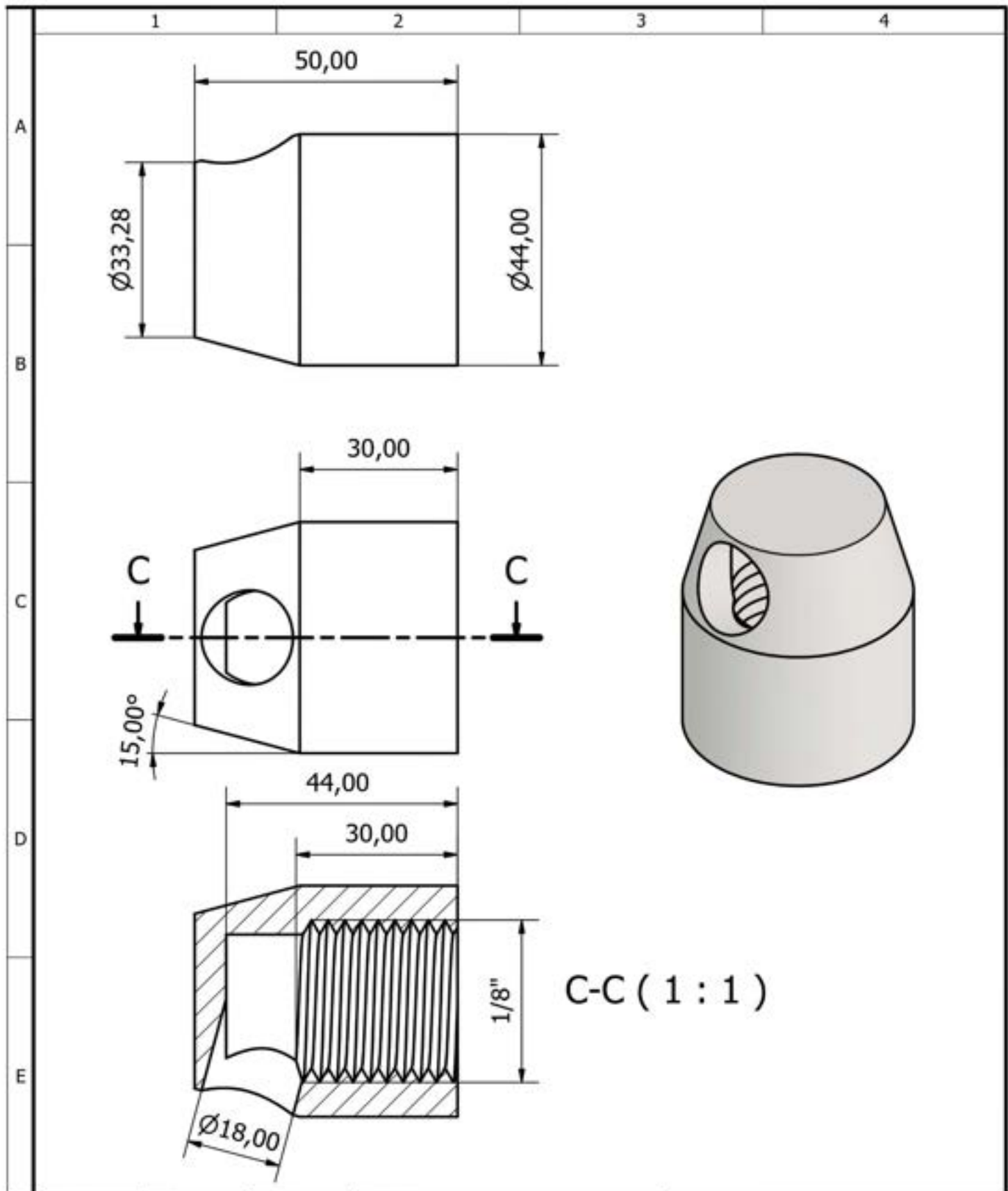




N° Láminas: 19 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:							
Datos:		Nombre:	Firma:	Fecha:		EJE NÚMERO 6		Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó:		Arque. C. Masola D.		03/01/2023					± 0,03 [mm]	1 : 1	
Dibujó:		Arque. C. Masola D.		03/01/2023							
Revisó:		Ing. García F.		03/01/2023		Materiales:					
Aprobó:		Ing. Cloto S.		03/01/2023		Nombre del archivo:					
						Acero AISI 4130					
						Eje número 6					



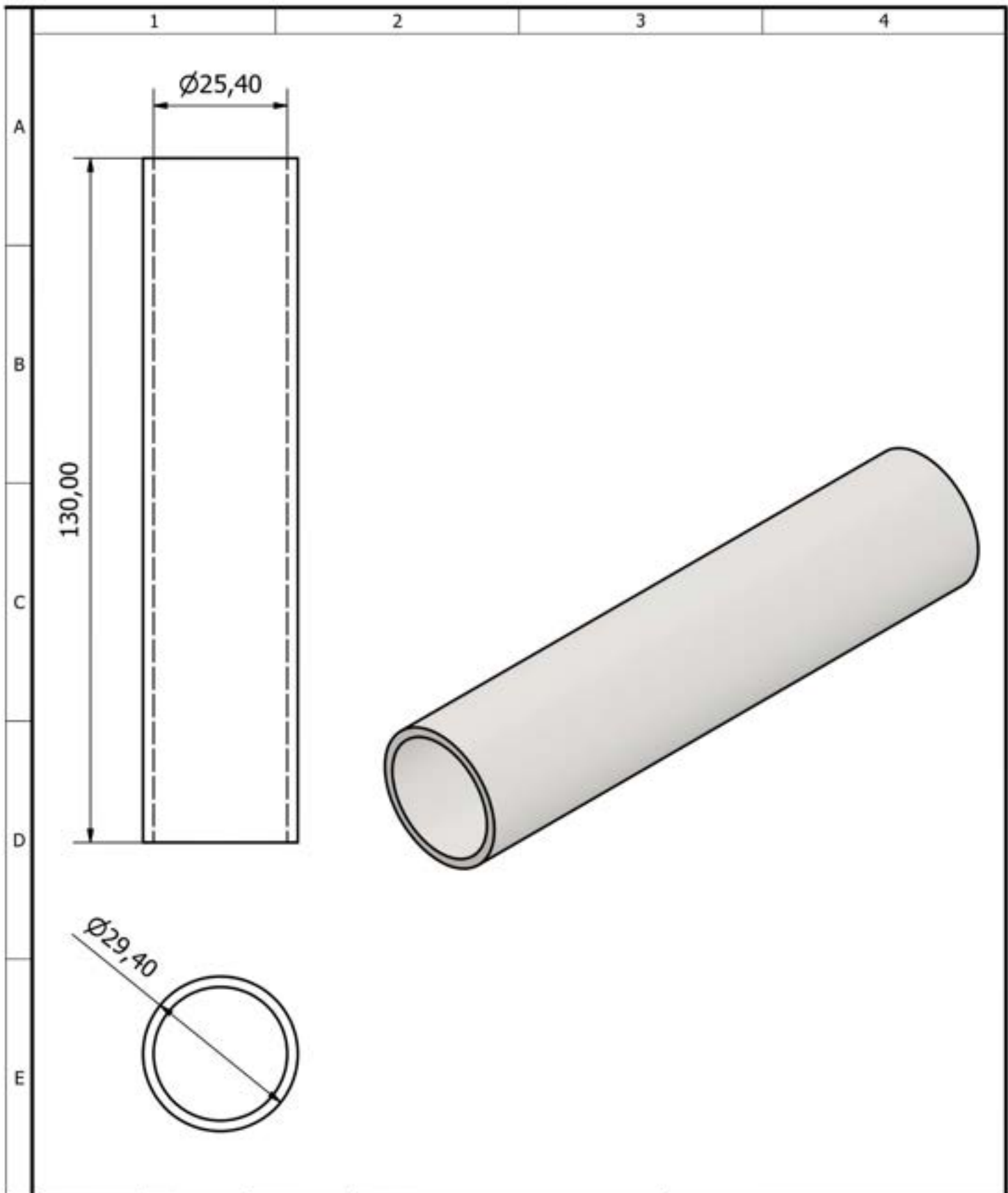
N° Láminas: 20 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL													
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro			
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		EJE DE ROTACIÓN DEL HEXÁGONO				± 0,03 [mm]		1 : 2							
Proyectó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023						Materiales:		Acero AISI 4130							
Dibujó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Eje de rotación del hexágono							
Revisó:		Ing. García F.				03/01/2023															
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023															



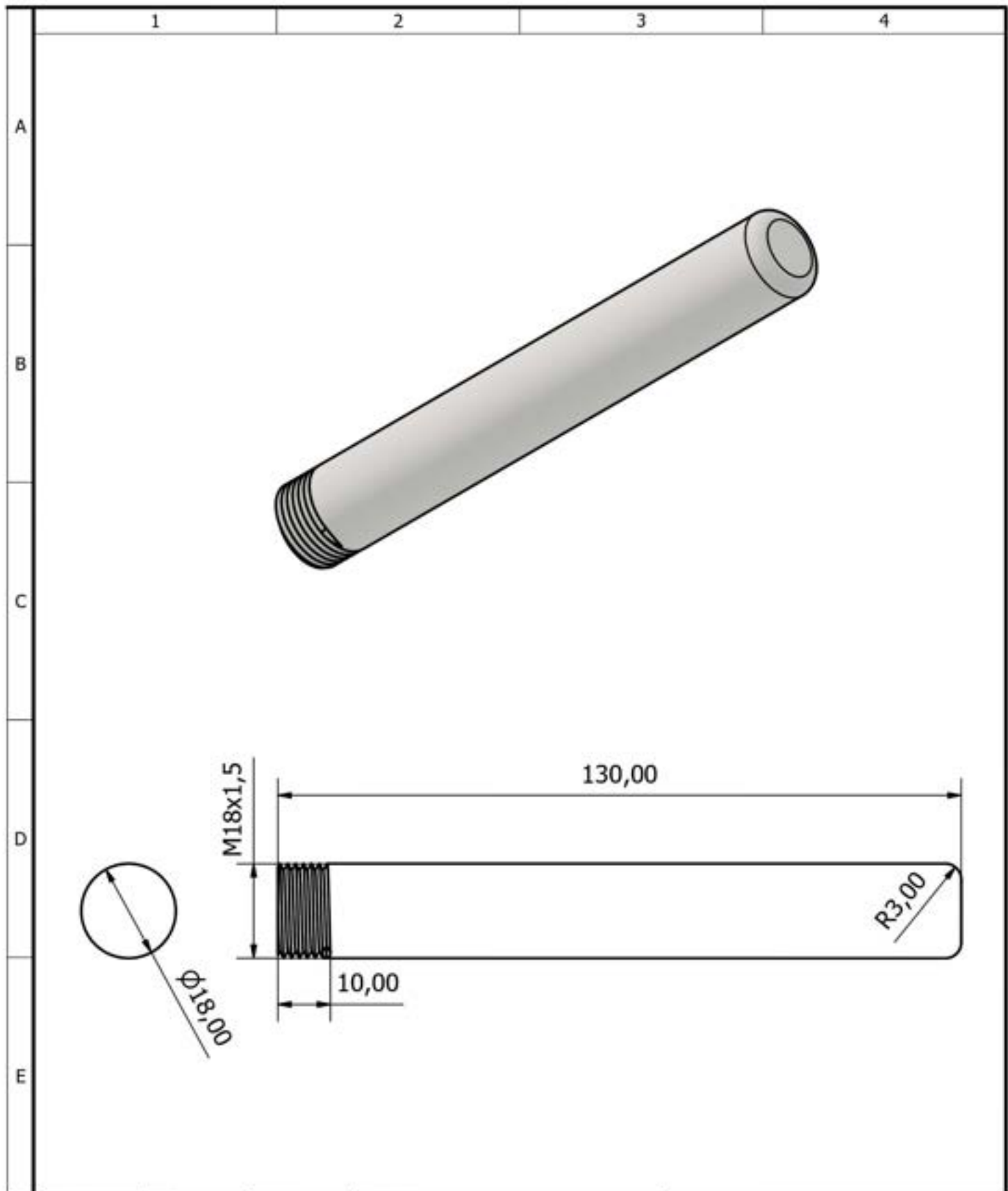
C-C (1 : 1)

N° Láminas: 21 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:											
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023				± 0,03 [mm]		1 : 1			
Dibujó:		Arque. C. Masola D.				03/01/2023									
Revisó:		Ing. García F.				03/01/2023		Materiales:							
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023		Acero AISI 4130							
								Nombre del archivo:							
								Tuerca del eje de rotación							

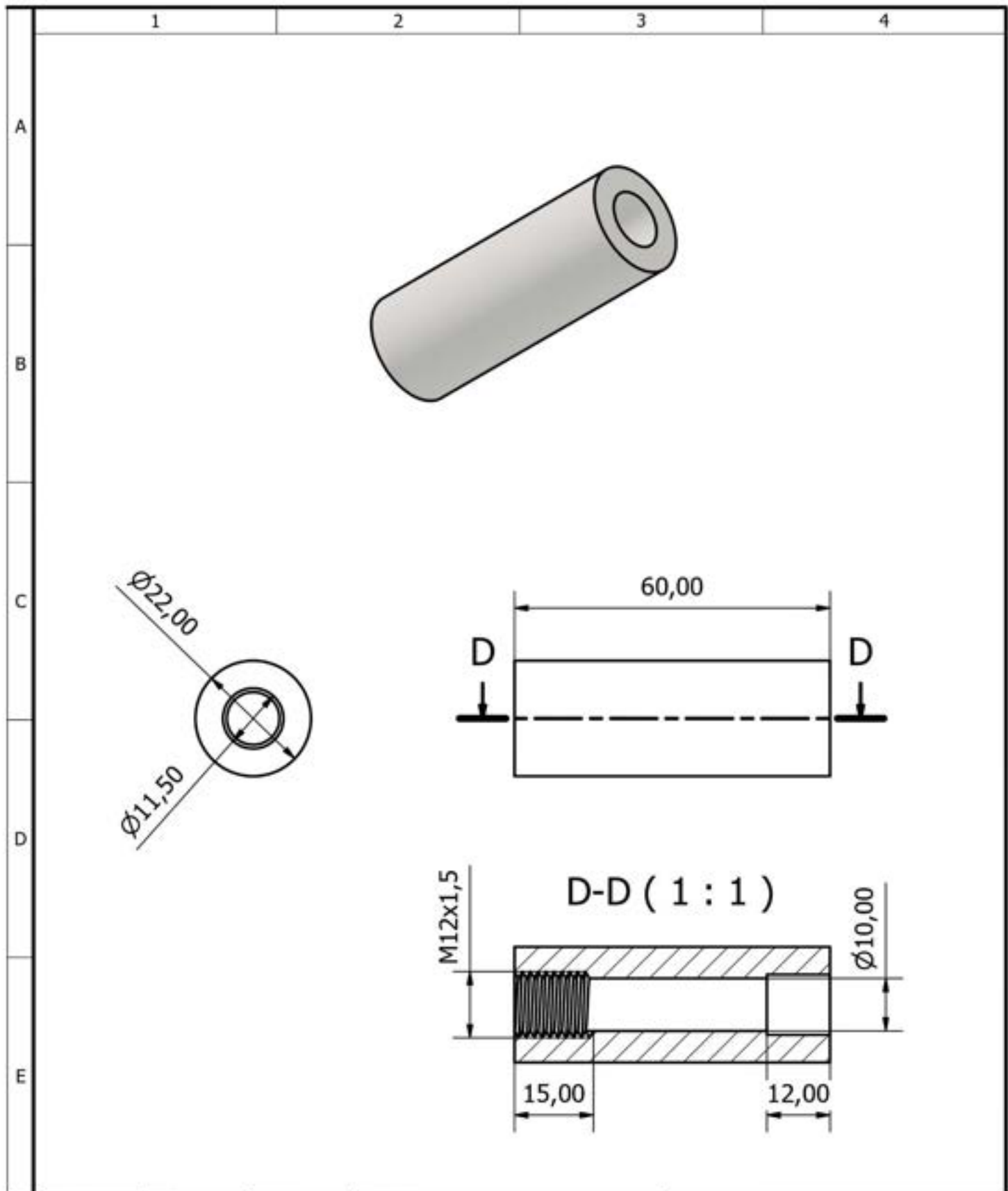




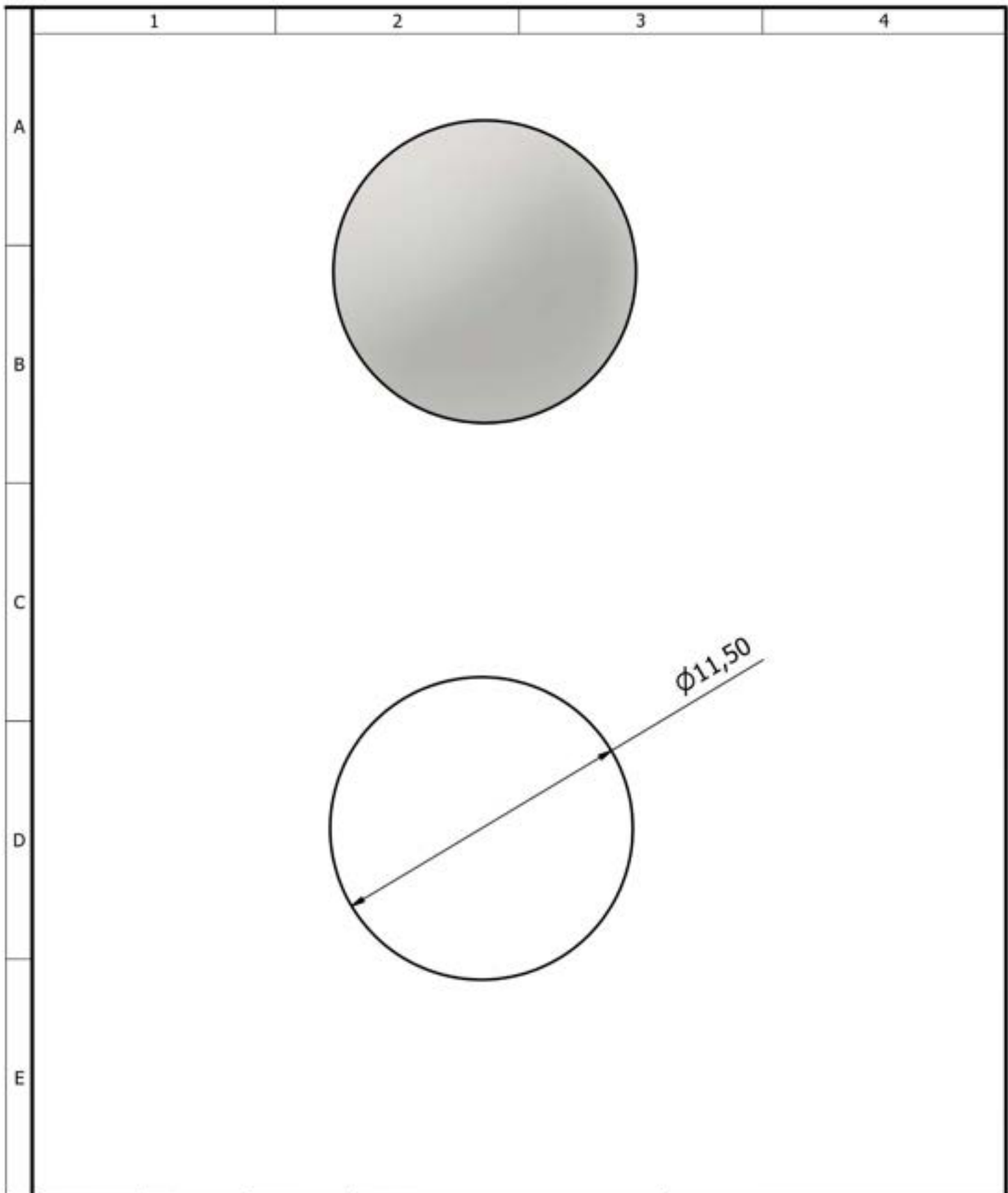
N° Láminas: 22 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:											
Dato:		Nombre:		Firma:		Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó:		Asesor: C. Masola D.				03/01/2023		± 0,03 [mm]		1 : 1					
Dibujó:		Asesor: C. Masola D.				03/01/2023									
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023		Materiales:		Acero AISI 4130					
Aprobó:		Ing. Cloto S.				03/01/2023		Nombre del archivo:		Cilindro del eje del mecanismo					




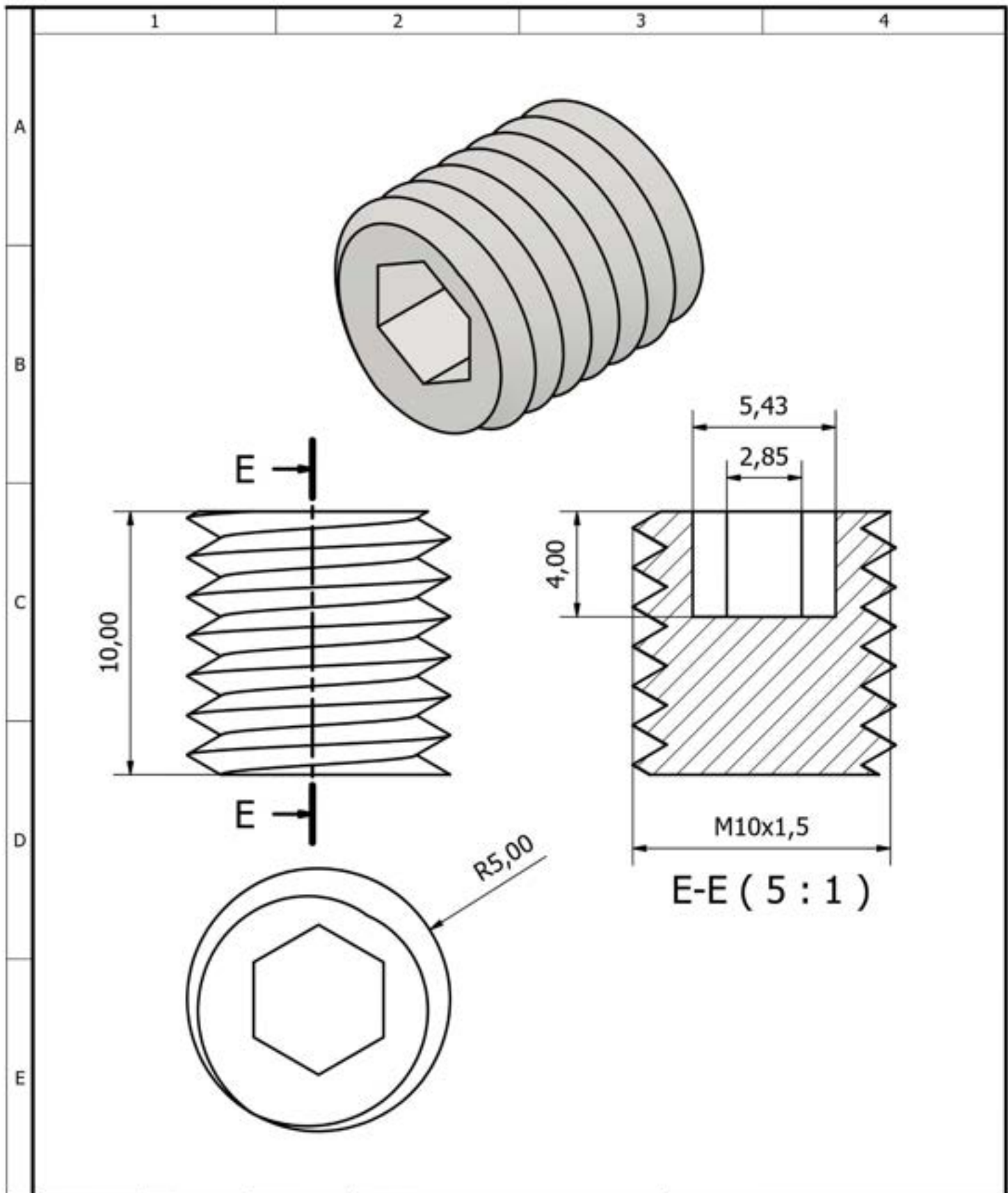
N° Láminas: 23 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL													
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro			
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PALANCA DEL EJE DE ROTACIÓN				± 0,03 [mm]		1 : 1							
Proyectó:		Ampar, C. Monsila, D.				03/01/2023						Materiales:		Acero AISI 4130							
Dibujó:		Ampar, C. Monsila, D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Palanca del eje de rotación							
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023															
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023															



N° Láminas: 24 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561				Denominación:											
Dato:		Nombre:		Firma:		Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó:		Asesor C. Manóla D.				03/01/2023		CILINDRO DEL MECANISMO DE APRIETE		$\pm 0,03$ [mm]		1 : 1			
Dibujó:		Asesor C. Manóla D.				03/01/2023									
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023									
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023		Materiales:		Acero AISI 4131		Nombre del archivo:		Cilindro del mecanismo de apriete	

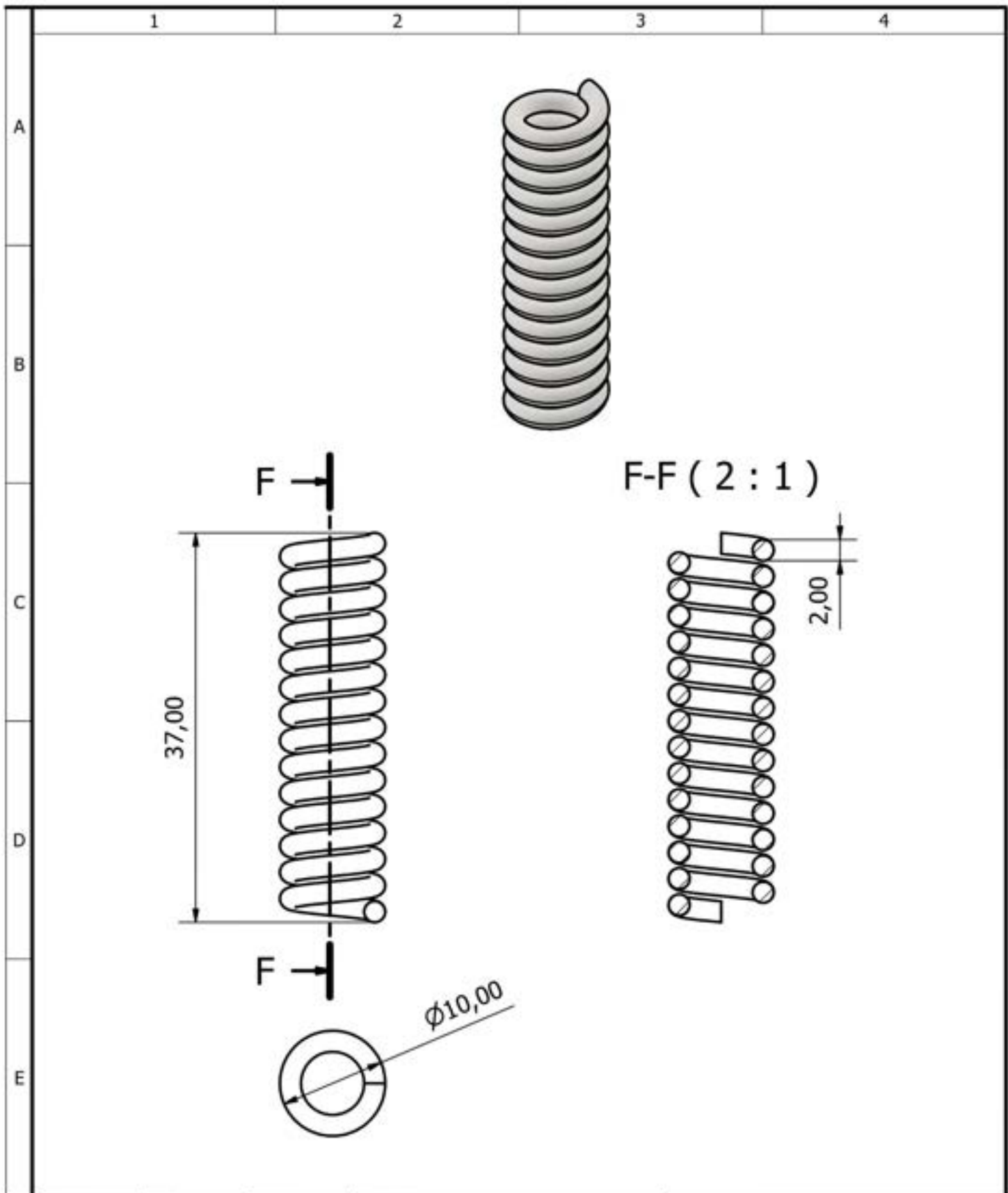


N° Láminas: 25 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH					
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación: BOLA DEL MECANISMO DE APRIETE		FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL					
Datos:		Nombre:		Firma:				Fecha:		Peso (Kg)		Tolerancia	
Proyectó:		Arque. C. Mora D.						03/01/2023				± 0,03 [mm]	
Dibujó:		Arque. C. Mora D.						03/01/2023				5 : 1	
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023		Materiales:					
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023		Nombre del archivo:					
								Acero AISI 4130					
								Bola del mecanismo de apriete					



N° Láminas: 26 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: christopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Dato:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PRISIONERO				± 0,03 [mm]		5 : 1					
Proyectó:		Ampar. C. Manoela D.				03/01/2023						Materiales:		Acero AISI 4130					
Dibujó:		Ampar. C. Manoela D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Prisionero					
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023													
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023													





N° Láminas: 27 de 27		N° Hojas: 27		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL													
Email: cristopher.azogue@esPOCH.edu.ec Teléfono: 0967437561						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro			
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		RESORTE DEL MECANISMO				± 0,03 [mm]		2 : 1							
Proyectó:		Ampar. C. Maraía D.				03/01/2023						Materiales:		Acero AISI 4130							
Dibujó:		Ampar. C. Maraía D.				03/01/2023						Nombre del archivo:		Resorte del mecanismo							
Revisó:		Ing. García, F.				03/01/2023															
Aprobó:		Ing. Cloto, S.				03/01/2023															