



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 BOLAS A
RÓTULA 1208K 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:

LUIS DAVID GUEVARA CALUCHO

PAUL HENRRY PILCO RUÍZ

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 BOLAS A
RÓTULA 1208K 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: LUIS DAVID GUEVARA CALUCHO

PAUL HENRRY PILCO RUÍZ

DIRECTOR: ING. JORGE SEBASTIÁN BUÑAY GUAMÁN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Luis David Guevara Calucho, Paul Henry Pilco Ruíz

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

Nosotros, Luis David Guevara Calucho y Paul Henry Pilco Ruíz, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y que los resultados del mismo 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, 21 de junio de 2023



Luis David Guevara Calucho
C.I.:1804219838



Paul Henry Pilco Ruíz
C.I.: 0604793109

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 BOLAS A RÓTULA 1208K PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**. Realizado por los señores: **LUIS DAVID GUEVARA CALUCHO Y PAUL HENRRY PILCO RUÍZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal 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		2023-06-21
Ing. José Sebastián Buñay Guamán DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-21
Ing. Félix Antonio García Mora ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-21

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios quien supo guiar mi camino y colocar a personas de las cuales a más de brindarme sus conocimientos académicos me aportaron con enseñanzas para ser un buen ser humano, entendiendo que podó equivocarme, pero lo importante es nunca rendirme. A mi familia que son mis pilares fundamentales para poder alcanzar mis metas, por su apoyo incondicional, su amor y su esfuerzo incansable que me han motivado durante toda mi vida a cumplir mis metas y en especial a la memoria de mi madre, que gracias a su bendición y protección me ha llevado por el camino correcto, a pesar de que no estés físicamente vives eternamente en mi corazón, siento tu apoyo y sin ti nada pudiera conseguir.

Paul Pilco

Dedico mi tesis a Dios por brindarme sabiduría e inteligencia en todo mi transcurso académico, por colocar a personas lleno de experiencia y conocimiento que me permitieron ser el ser humano que soy hoy en día. A mis padres y a mi hermana que fueron el motivo y el pilar para jamás rendirme y nunca darme por vencido. A mi familia y especialmente a mi abuelita quienes con su amor y su aliento me dieron fuerzas para seguir adelante con mi trabajo. Así mismo a mi novia quien en los últimos semestres estuvo a mi lado dándome ánimos en los momentos más difíciles para poder superarme cada día más. Gracias a todas las personas por brindarme ese granito de apoyo en todo momento.

Luis Guevara

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud principalmente a Dios, por darme la fuerza para continuar en aquellos momentos de dificultad y de debilidad durante mi carrera universitaria. A mi familia, por haberme dado su amor, trabajo, sacrificio y apoyo durante todo en estos años. Así mismo, agradezco a mis Hermanos por estar siempre presentes, acompañándome día tras día llenándome de alegría y por el apoyo moral que me han brindado, del mismo modo a quienes se convirtieron en amigos de vida y posterior mente en colegas. Por último, de manera especial quiero agradecer a todas las personas que supieron abrirme las puertas y brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme profesionalmente, cuyo objetivo ha sido desarrollado exitosamente. A mi director y miembro de tribunal por haberme guiado durante el presente trabajo de titulación y a lo largo de mi carrera universitaria.

Paul Pilco

Primeramente, doy gracias a Dios por ser quien estuvo en cada momento a mi lado sin importar las adversidades y dificultades. A mis padres quien son mi motor y mi pilar fundamental en todo momento que, con su sacrificio, amor y esfuerzo me han sabido guiar por este largo camino para poder seguir cumpliendo mis metas y objetivos. A mi hermana quien ha sido mi ejemplo para seguir, y me ha motivado día a día para nunca rendirme. Así mismo quiero agradecer a mi familia por brindarme ese aliento y consejos en los momentos más duros. Por último, quiero agradecer de manera especial a mis docentes y compañeros que supieron brindarme su conocimiento en todo el transcurso de mi vida universitaria. a mi director y miembro de tribunal por su apoyo en la realización de mi trabajo de integración curricular.

Luis Guevara

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.	2
1.3. Justificación y actualidad.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general.</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos.</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Referencias teóricas.	6
2.2.1. <i>Diseño y construcción de un módulo.</i>	6
2.2.2. <i>Módulo/Banco de pruebas mecánico.</i>	6
2.2.3. <i>Material del módulo.</i>	7
2.2.3.1. <i>Acero SAE 1045.</i>	7
2.2.4. <i>Rodamiento</i>	8
2.2.4. <i>Partes de un rodamiento.</i>	8
2.2.5. <i>Elementos del rodamiento.</i>	8
2.2.5.1. <i>Anillos.</i>	8
2.2.5.2. <i>Elementos de rodadura.</i>	9
2.2.5.3. <i>Jaula</i>	9
2.2.6. <i>Importancia de los rodamientos.</i>	9
2.2.6.1. <i>Montaje.</i>	9

2.2.6.2.	<i>Alineación</i>	9
2.2.6.3.	<i>Lubricación</i>	10
2.2.6.4.	<i>Monitorización</i>	10
2.2.7.	<i>Selección de rodamientos.</i>	10
2.2.8.	<i>Tipos de rodamientos.</i>	11
2.2.8.1.	<i>Rodamiento de bolas.</i>	12
2.2.8.2.	<i>Rodamiento de rodillo.</i>	12
2.2.8.3.	<i>Rodamiento de agujas.</i>	12
2.2.8.4.	<i>Rodamiento axial.</i>	13
2.2.9.	<i>Rodamiento de bolas a rótula.</i>	13
2.2.10.	<i>Rodamiento de bolas a rótula 1208K.</i>	14
2.2.11.	<i>Fallas en los rodamientos.</i>	15
2.2.11.1.	<i>Fatiga</i>	15
2.2.11.2.	<i>Desgaste</i>	16
2.2.11.3.	<i>Corrosión</i>	18
2.2.11.4.	<i>Erosión eléctrica</i>	19
2.2.11.5.	<i>Deformación plástica.</i>	20
2.2.11.6.	<i>Fracturas y agrietamientos</i>	22
2.2.12.	<i>Métodos de análisis de falla en los rodamientos.</i>	23
2.2.12.1.	<i>Detección del ruido.</i>	23
2.2.12.2.	<i>Medición de la temperatura de operación (termografía).</i>	24
2.2.12.3.	<i>Análisis del estado del lubricante.</i>	24
2.2.13.	<i>Montaje y desmontaje de rodamientos.</i>	25
2.2.14.	<i>Tipos de montaje.</i>	26
2.2.14.1.	<i>Montaje mecánico</i>	26
2.2.14.2.	<i>Montaje térmico</i>	26
2.2.14.3.	<i>Montaje hidráulico.</i>	27
2.2.15.	<i>Tipos de desmontaje.</i>	27
2.2.15.1.	<i>Desmontaje mecánico.</i>	27
2.2.15.2.	<i>Desmontaje térmico.</i>	27
2.2.15.3.	<i>Desmontaje hidráulico.</i>	28
2.2.16.	<i>Software para diseños mecánicos.</i>	28
2.2.16.1.	<i>CAD 3D Inventor</i>	28
2.2.16.2.	<i>SOLIDWORKS CAD 3D.</i>	29
2.2.16.3.	<i>Fusion 360.</i>	30
2.2.17.	<i>Normativa del diseño de mesa.</i>	31
2.2.17.1.	<i>Altura de una mesa de trabajo a pie.</i>	31

2.2.18.	<i>Metodología QFD para el desarrollo del módulo.</i>	32
2.2.18.1.	<i>Beneficios de la metodología.</i>	33

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO.	34
3.1.	Metodología del diseño	34
3.2.	Definición del producto	34
3.3.	Desarrollo de la función de calidad QFD	34
3.3.1.	<i>Voz del usuario</i>	35
3.3.2.	<i>Voz del ingeniero</i>	35
3.4.	Resultados obtenidos de la casa de la calidad	37
3.4.1.	<i>Requisitos de diseño</i>	37
3.4.2.	<i>Precio adecuado</i>	37
3.4.3.	<i>Visualización de resultados</i>	37
3.4.4.	<i>Tiempo de prueba</i>	37
3.5.	Diseño conceptual	37
3.5.1.	<i>Análisis de alternativas</i>	38
3.5.1.1.	<i>Alternativa 1</i>	38
3.5.1.2.	<i>Alternativa 2</i>	39
3.5.1.3.	<i>Ponderación de las alternativas</i>	40
3.5.1.4.	<i>Selección de la alternativa</i>	42
3.5.2.	<i>Estructura funcional</i>	44
3.5.3.	<i>Modelado del bastidor</i>	44
3.5.4.	<i>Modelado de la mesa de trabajo</i>	45
3.5.5.	<i>Modelado del módulo</i>	46
3.5.6.	<i>Modelado de los ejes</i>	49
3.5.6.1.	<i>Primer eje</i>	49
3.5.6.2.	<i>Segundo eje</i>	50
3.5.6.3.	<i>Tercer eje</i>	50
3.5.6.4.	<i>Cuarto eje</i>	51
3.5.6.5.	<i>Quinto eje</i>	52
3.5.6.6.	<i>Sexto eje</i>	53
3.6.	Elementos utilizados	54
3.6.1.	<i>Ejes de acero ASTM A36</i>	54
3.6.2.	<i>Planchas de hierro dulce ¼ de pulgada</i>	54
3.6.3.	<i>Electrodo 7018</i>	55

3.6.4.	<i>Electrodo 6011</i>	55
3.6.5.	<i>Garruchas</i>	56
3.7.	Herramientas requeridas	56
3.7.1.	<i>Extractor de rodamientos</i>	56
3.7.2.	<i>Llaves de gancho ajustables</i>	57
3.7.3.	<i>Mango de desmontaje</i>	57
3.7.4.	<i>Tuercas y placas de fijación</i>	58
3.8.	Cálculos	58
3.8.1.	<i>Deformaciones</i>	58
3.8.2.	<i>Coefficiente de seguridad</i>	59
3.8.3.	<i>Cálculos de esfuerzo cortante</i>	60
3.8.4.	<i>Tolerancias de los ejes</i>	60
3.8.4.1.	<i>Ajustes para cada eje</i>	64
3.8.5.	<i>Diagrama de momento flector</i>	65
3.8.6.	<i>Cálculo del coeficiente de seguridad</i>	66

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	77
4.1.	Cronograma de actividades para la construcción del módulo en Project	77
4.2.	Descripción de actividades de la simulación vs la construcción.	80
4.3.	Formato de Mantenimiento MTS-TIS	82
4.4.	Guía de Laboratorio	84
4.5.	Manual de Usuario	84

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1	CONCLUSIONES	85
5.2.	RECOMENDACIONES	86

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Características de composición y equivalencia	7
Tabla 2-2: Características según el estado de suministro.....	7
Tabla 2-3: Selección de rodamientos	10
Tabla 2-4: Tipos de rodamientos	11
Tabla 2-5: Diseños de rodamiento de bolas a rótula.....	14
Tabla 2-6: Propiedades del rodamiento de bolas a rótula 1208K	14
Tabla 2-7: Herramientas y equipos para montaje y desmontaje de rodamientos	25
Tabla 2-8: Versiones de SOLIDWORKS CAD 3D.....	29
Tabla 3-1: Ponderación de la Alternativa 1	41
Tabla 3-2: Ponderación de la Alternativa 2	41
Tabla 3-3: Costos estimados de electrónica de la Alternativa 2	42
Tabla 3-4: Ponderación de los diseños.....	42
Tabla 3-5: Ponderación de los materiales	42
Tabla 3-6: Ponderación de los costos.....	42
Tabla 3-7: Ponderación de la funcionalidad	42
Tabla 3-8: Ponderación de mantenimiento	43
Tabla 3-9: Ponderación de posibilidades de fallos.....	43
Tabla 3-10: Ponderación de consumo energético	43
Tabla 3-11: Ponderación final de las Alternativas 1 y 2	43
Tabla 3-12: Grados de tolerancia aceptables para los ejes de rodamientos	63
Tabla 4-1: Planificación en días para la construcción del módulo.....	77
Tabla 4-2: Costos directos para la construcción del módulo de montaje de rodamientos	79
Tabla 4-3: Costos directos para la construcción del módulo de montaje de rodamientos	79
Tabla 4-4: Hoja de tareas de mantenimiento	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Partes de un rodamiento.....	8
Ilustración 2-2:	Rodamiento de bolas.....	12
Ilustración 2-3:	Rodamiento de rodillo	12
Ilustración 2-4:	Rodamiento de agujas	13
Ilustración 2-5:	Rodamiento axial	13
Ilustración 2-6:	Fatiga iniciada en la superficie	16
Ilustración 2-7:	Fatiga iniciada en la superficie	16
Ilustración 2-8:	Desgaste abrasivo	17
Ilustración 2-9:	Desgaste por adherencias.....	18
Ilustración 2-10:	Corrosión	18
Ilustración 2-11:	Corrosión por fricción.....	19
Ilustración 2-12:	Erosión eléctrica	20
Ilustración 2-13:	Erosión por fuga de corriente.....	20
Ilustración 2-14:	Deformación plástica	21
Ilustración 2-15:	Indentaciones por contaminantes.....	21
Ilustración 2-16:	Fracturas y agrietamiento.....	22
Ilustración 2-17:	Fractura por fatiga.....	23
Ilustración 2-18:	Agrietamiento térmico	23
Ilustración 2-19:	Detección del ruido	24
Ilustración 2-20:	Medición de la temperatura	24
Ilustración 2-21:	Análisis del estado del lubricante	24
Ilustración 2-22:	Modelado realizado en Inventor	29
Ilustración 2-23:	Modelado realizado en Fusion 360.....	30
Ilustración 2-24:	Modelado representado en SOLIDWORKS	31
Ilustración 2-25:	Mesa de trabajo a pie	31
Ilustración 2-26:	Estructura de la metodología QFD	32
Ilustración 3-1:	Etapas de la ingeniería concurrente	34
Ilustración 3-2:	Casa de la calidad	36
Ilustración 3-3:	Diseño hexagonal del módulo.....	38
Ilustración 3-4:	Alternativa 1	38
Ilustración 3-5:	Diseño mecánico del módulo.....	39
Ilustración 3-6:	Diseño circular del módulo.....	39
Ilustración 3-7:	Materiales a usarse Alternativa 2.....	40
Ilustración 3-8:	Funcionamiento electrónico del módulo.....	40

Ilustración 3-9:	Estructura y dimensiones del bastidor	44
Ilustración 3-10:	Diseño de la mesa de trabajo	45
Ilustración 3-11:	Fuerzas que se ejercen sobre la estructura	45
Ilustración 3-12:	Deformación de la estructura	46
Ilustración 3-13:	Diseño del módulo de montaje y desmontaje	46
Ilustración 3-14:	Vistas superior e inferior del módulo.....	47
Ilustración 3-15:	Diseño del eje de transmisión y palanca de accionamiento	47
Ilustración 3-16:	Vista lateral superior del hexágono y el seguro	47
Ilustración 3-17:	Fuerzas que se ejercen sobre el módulo.....	48
Ilustración 3-18:	Deformación sobre el módulo.....	48
Ilustración 3-19:	Medidas y diseño del eje 1 para el rodamiento de rodillos a rótula.....	49
Ilustración 3-20:	Fuerzas y deformación del eje 1	49
Ilustración 3-21:	Medidas y diseño del eje 2 para el rodamiento de bolas a rótula.....	50
Ilustración 3-22:	Fuerzas y deformación del eje 2	50
Ilustración 3-23:	Medidas y diseño del eje 3 para rodamiento de rodillos a rótula.....	51
Ilustración 3-24:	Fuerzas y deformaciones del eje 3	51
Ilustración 3-25:	Medidas y diseño del eje 4 para rodamiento de rodillos cilíndricos	51
Ilustración 3-26:	Fuerzas y deformación del eje 4	52
Ilustración 3-27:	Medidas y diseño del eje 5 para el rodamiento rígido de bolas	52
Ilustración 3-28:	Fuerzas y deformación del eje 5	52
Ilustración 3-29:	Medidas y diseño del eje 6.....	53
Ilustración 3-30:	Fuerzas y deformación del eje 6	53
Ilustración 3-31:	Ejes de acero ASTM A36.....	54
Ilustración 3-32:	Planchas de hierro dulce ¼ de pulgada	54
Ilustración 3-33:	Electrodos 7018	55
Ilustración 3-34:	Electrodo 6011	55
Ilustración 3-35:	Garruchas	56
Ilustración 3-36:	Extractor de rodamientos	56
Ilustración 3-37:	Llaves de gancho ajustables.....	57
Ilustración 3-38:	Mango de desmontaje	57
Ilustración 3-39:	Tuercas y placas de fijación.....	58
Ilustración 3-40:	Deformación angular	58
Ilustración 3-41:	Esfuerzos cortantes	60
Ilustración 3-42:	Identificaciones de tolerancias ene ejes y agujeros.....	61
Ilustración 3-43:	Tolerancias según niveles para agujeros y ejes.....	61
Ilustración 3-44:	Tolerancias según NTE INEN 59: 1976	62
Ilustración 3-45:	Cotas existentes según tolerancias de ejes y agujeros.....	63

Ilustración 3-46:	Ajustes por tolerancias de ejes y agujeros	64
Ilustración 3-47:	Ajustes por tolerancias de los ejes	65
Ilustración 3-48:	Diagrama de momento flector	65
Ilustración 3-49:	Diagrama de cuerpo libre.....	66
Ilustración 3-50:	Diagrama del momento flector	66
Ilustración 3-51:	Características del tubo cuadrado	67
Ilustración 3-52:	Diagrama de momento flector	68
Ilustración 3-53:	Diagrama de momento cortante.....	68
Ilustración 3-54:	Elementos usados para el montaje de rodamientos.....	71
Ilustración 3-55:	Diagrama de cuerpo libre de los ejes	71
Ilustración 3-56:	Diagrama de momento máximo y mínimo	73
Ilustración 3-57:	Diagrama de momento medio.....	73
Ilustración 3-58:	Diagrama de momento torsor.....	73
Ilustración 3-59:	Diagrama de momento torsor medio y amplitud	74
Ilustración 3-60:	Tolerancia de los ejes.....	76
Ilustración 4-1:	Cronograma de actividades para la construcción del módulo de pruebas ...	78
Ilustración 4-2:	Construcción de la base	80
Ilustración 4-3:	Colocación de la plancha superior	80
Ilustración 4-4:	Construcción del hexágono.....	81
Ilustración 4-5:	Colocación del Hexágono para pruebas.....	81
Ilustración 4-6:	Colocación de los ejes en el hexágono	81
Ilustración 4-7:	Construcción del seguro del usuario	82
Ilustración 4-8:	Colocación de pintura en el módulo	82

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DEL MÓDULO DE PRUEBAS DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS
- ANEXO B:** GUÍA DE LABORATORIO
- ANEXO C:** GUÍA DE LABORATORIO
- ANEXO D:** MANUAL DE USUARIO
- ANEXO E:** LISTA DE REPUESTOS
- ANEXO F:** PLANOS
- ANEXO G:** CATÁLOGO DE GARRUCHAS
- ANEXO H:** CATÁLOGO DEL RODAMIENTO

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar y construir un módulo para el montaje y desmontaje de rodamientos de bolas a rótula 1208K para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, para el efecto se investigó las características y especificaciones con las que cuentan los rodamientos más utilizados en el medio y se procedió a diseñar los planos de las diferentes piezas que forman parte del módulo como son: la estructura del bastidor que formará parte de la mesa de trabajo, diseño del módulo hexagonal, diseño y funcionamiento de la palanca. Se detallaron los materiales que se van a utilizar, realizando un análisis entre diferentes alternativas con ensayos de resistencia de varias de sus partes para de esta manera seleccionar la más adecuada; una vez se determinó lo anterior dicho, se procedió a detallar el procedimiento para la construcción del módulo de pruebas para el montaje y desmontaje de los rodamientos, contando con una mesa de trabajo sobre la cual se asienta el módulo que cuenta con seis ejes de acero, en la cual se pueden montar seis diferentes tipos de rodamientos, ya sea por construcción o diámetros. También se realizó un manual para su uso y mantenimiento para finalmente realizar pruebas en el módulo ya construido montando y desmontando rodamientos mediante la técnica de ángulo de apriete y ubicando este módulo dentro de las instalaciones del Laboratorio para Mantenimientos Correctivos que se encuentra en la Facultad de Mecánica, en donde los estudiantes de la carrera podrán realizar sus prácticas, se recomienda a sus custodios planificar sus mantenimientos para asegurar su funcionamiento y a los docentes instruir a los estudiantes en su uso para evitar averías en el módulo.

Palabras clave: <DISEÑO DE MÓDULO> <MÓDULO DE PRUEBAS> <MONTAJE> <RODAMIENTOS>, <ENSAYO DE RESISTENCIA>.

1618-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

This research aimed to design and construct a module for the assembly and disassembly of spherical ball bearings (1208K) within the Corrective Maintenance Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering; therefore, the research encompassed an exploration of the characteristics and specifications of commonly employed bearings within the field. Subsequently, the blueprints for the various components constituting the module were devised. These components included the framework structure, an integral part of the workbench, the hexagonal module's design, and the lever's mechanics. Materials for the construction were meticulously delineated, involving a comparative analysis among distinct alternatives. Resistance tests were conducted on several parts to determine the most suitable materials. Following this selection process, a comprehensive construction procedure for the assembly and disassembly test module was outlined. The module, positioned atop a workbench, featured a hexagonal design and was equipped with six steel axes capable of accommodating diverse bearing types. These bearings could vary in construction and diameter. In addition, an instructional manual for usage and maintenance was created. Finally, practical trials were performed on the constructed module, employing the technique of torque angle application. The module was situated within the premises of the Corrective Maintenance Laboratory, which is housed within the Faculty of Mechanical Engineering. This installation permits students of the discipline to undertake their practical exercises. Custodians are advised to strategize periodic maintenance routines to ensure consistent functionality. Furthermore, educators are encouraged to guide students on proper utilization to prevent operational setbacks.

Keywords: <MODULE DESIGN> <TEST MODULE> <ASSEMBLY> <BEARINGS>
<RESISTANCE TESTING>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

Es importante el diseño y construcción de un módulo para el montaje y desmontaje de rodamientos ya que permite promover buenas prácticas de uso y conservación de piezas esenciales en diferentes máquinas, en este caso el diseño será para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, ya que actualmente no disponen de un módulo que permita la aplicación de técnicas, será específicamente para el rodamiento de bolas a rótula 1208K, de este modo los estudiantes de dicha facultad podrán desarrollar diversas prácticas, el proyecto se encuentra estructurado en cuatro capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I. En el presente capítulo se realiza un diagnóstico del problema, se plantean los principales inconvenientes que dan origen al tema del proyecto técnico, además se justifica la ejecución del trabajo y se detallan los objetivos tanto general como específicos, los cuales se cumplen a lo largo del desarrollo de la investigación.

Capítulo II. Corresponde al marco teórico, se detallan los antecedentes en base a trabajos que tienen similitud pueden ser a nivel nacional e internacional, los cuales permiten direccionar el avance del presente proyecto, se plasman definiciones, normativas de acuerdo con el tema y en base a una revisión bibliográfica y documental.

Capítulo III. Dentro de este capítulo se detalla el marco de diseño y construcción del módulo, determinando la metodología a usarse, requisitos del diseño, diseño conceptual, análisis de alternativas, cálculos de resistencias, tolerancias y esfuerzos, materiales, costos, herramientas, diseño del bastidor, ejes, módulo y palanca. Todo esto con la finalidad de diseñar y construir un módulo para el montaje y desmontaje de rodamientos.

Capítulo IV. En este capítulo, se detallan los resultados obtenidos, entre ellos: cronograma de actividades a realizarse para llevar a cabo la construcción del módulo, se comparan los resultados obtenidos mediante los diseños planteados frente a los obtenidos en la construcción, se plantea la hoja de tarea de mantenimiento, también una guía de laboratorio y un manual para el usuario.

Capítulo V. Se detallan las conclusiones y observaciones que se obtuvieron como resultado de esta investigación, luego de haber cumplido todos los objetivos de investigación y desarrollado el diseño y construcción del módulo para montaje y desmontaje de rodamientos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.

1.1. Antecedentes

De acuerdo con el análisis de los resultados de la autoevaluación de carreras obtenidos a través de la (Dirección de Evaluación y Aseguramiento de la Calidad-ESPOCH, 2021), en la Facultad de Mecánica, se pudo observar e identificar que presenta valoraciones cuasi satisfactorias en los indicadores correspondientes a: funcionalidad, equipamiento y disponibilidad, los cuales son inherentes a los laboratorios y talleres, que son destinados a desarrollar actividades que promuevan las prácticas estudiantiles. Sin embargo, en ocasiones se ha visto la necesidad de ir incorporando nuevos equipos y máquinas que formen parte de los medios académicos para que se logre afianzar los conocimientos del alumnado. Por tal razón el módulo operativo para el montaje y desmontaje de rodamientos se encuentra destinado a formar parte del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo.

1.2. Planteamiento del problema.

Los rodamientos mecánicos son una parte esencial de la gran mayoría de máquinas rotativas que se dispone en la actualidad, las cuales disponen de partes y piezas móviles para tal acción hacen uso de rodamientos. Es por este motivo que en muchos casos la falta de conocimiento obliga a la persona encargada de realizar el cambio o mantenimiento no aplique una técnica adecuada y produzca el deterioro o daño de dicha pieza.

Cada año se producen millones de nuevos rodamientos que serán puestos en operación en un futuro muy corto. Alrededor de 90% sobrevive al equipo en el que están instalados. Un porcentaje correspondiente al 9,5% se reemplaza antes de que presenten alguna avería por razones de seguridad. Aproximadamente el 0,5% de los rodamientos se reemplazan porque están dañados. En otras palabras, se puede mencionar que alrededor de 50 000 000 rodamientos se reemplazan cada año por daños y fallas presentadas. Los rodamientos se pueden dañar por ciertas razones entre las que más comunes y las que se destacan son: falla debido a fatiga, falla debido a problemas de lubricación, falla debido a la contaminación, falla por otros motivos entre los cuales resalta la manipulación y montaje incorrectos, carga pesada o distinta de la anticipada, ajustes incorrectos o inadecuados (SKF, 2017).

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, perteneciente a la Facultad de Mecánica, no dispone de un módulo en el cual se pueda aplicar técnicas de montaje y desmontaje de rodamientos, de tal manera que a través de métodos específicos pueda llevarse a cabo los procedimientos de manera correcta que son fundamentales para mantener el ciclo de vida de los rodamientos. Las técnicas de montaje y desmontaje deben ser aplicadas en base a procesos establecidos por fabricantes, con el fin de no incurrir en gastos superiores a los de mantenimiento que son efectuados con frecuencia para el funcionamiento continuo.

1.3. Justificación y actualidad.

En la actualidad las empresas que disponen de maquinaria para la producción de productos, insumos y bienes, requieren de mayor eficiencia, fiabilidad y disponibilidad de los equipos, por lo cual el personal a cargo de la infraestructura debe disponer de los conocimientos y habilidades en cuanto al montaje y desmontaje de los rodamientos que poseen, y por ende es de suma importancia para los funcionarios capacitarse en técnicas de montaje y desmontaje.

El desarrollo del presente Proyecto Técnico, surge de la necesidad que se ha observado en las instalaciones del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, por este motivo se ha formulado el tema de diseño y construcción de un módulo para el montaje y desmontaje del rodamiento de bolas a rótula 1208K para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, en el cual se podrá aplicar varias técnicas para el montaje y desmontaje, puesto que en la herramienta que existe actualmente en el Laboratorio solo es posible efectuar un tipo de práctica.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Diseñar y construir un módulo para el montaje y desmontaje de rodamientos de bolas a rótula 1208K para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.

1.4.2. Objetivos específicos.

Investigar las características de los rodamientos seleccionados, tomando en cuenta como pequeño cuyo diámetro $d \leq 80$ mm, mediano entre $d > 80$ mm y $d < 200$ mm y como grande $d \geq 200$ mm.

Realizar los planos del módulo para montaje y desmontaje de rodamientos

Construir el módulo de pruebas para el montaje y desmontaje del rodamiento de bolas a rótula 1208K

Desarrollar una guía de laboratorio para realizar pruebas en el módulo de montaje y desmontaje del rodamiento mediante la técnica de ángulo de apriete.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes

Para el sustento del presente Proyecto Técnico se obtuvo referencias bibliográficas sobre proyectos afines con el tema propuesto, que son de gran importancia para el desarrollo del prototipo de montaje y desmontaje de rodamientos, mediante la indagación efectuada a continuación se detallan los antecedentes obtenidos:

Mediante un proyecto técnico desarrollado en la Universidad Simón Bolívar en Venezuela, con la finalidad de fortalecer la enseñanza de los estudiantes mediante nuevas técnicas de aprendizaje, se diseñó el proyecto denominado, diseño y construcción de un banco de montaje y desmontaje de rodamientos, que fue plasmado a través del desarrollo de 6 prototipos, el que se ejecutó disponía de una mesa rectangular y 4 módulos para realizar el montaje y desmontaje, una vez implementado el proyecto en el Laboratorio se pudo fortalecer sus conocimientos que serán consolidados con la experiencia que dispongan a futuro y por ende podrán desempeñarse apropiadamente en el ámbito laboral. El banco tuvo un diseño sencillo y práctico para que los estudiantes puedan manipular y emitir informes de prácticas realizadas fácilmente (Valdés, 2017).

El proyecto denominado: Construcción de una prensa hidráulica para el montaje y desmontaje de rodamientos rígidos de bolas, con diámetro interior de 20mm hasta 30mm, en primer lugar, fue necesaria la selección del sistema hidráulico tomando en consideración parámetros de: costo de los elementos requeridos, además una indagación en los talleres de mantenimiento y área en la cual se realiza el trabajo, optando por una bomba hidráulica, por la que se requirió materiales adicionales en diseño que cumplan con propiedades de calidad y rendimiento, que permitan garantizar el buen funcionamiento y rendimiento de la prensa hidráulica para las operaciones correspondientes al montaje y desmontaje (Paredes, 2018).

A través del proyecto investigativo – técnico, llamado; implementación de un banco de pruebas para rodamientos para el sistema de metrocable del metro de Medellín, fue diseñado y construido con la finalidad de reducir los costos que representa el mantenimiento de los diferentes tipos de rodamientos que posee el sistema de metrocable, el cual se llevó a cabo mediante tres fases; como primer punto se realizó estudios previos y cálculos de los rodamientos para la obtención de una base, la fase 2 constó de la fabricación del módulo y finalmente un manual de operaciones. Cada

uno de los pasos realizado para ensamblaje y prueba final, permitirá aplicar un mantenimiento preventivo oportuno para mantener los años de vida útil y de esta forma conservar el sistema de rodamientos (Carmona, y otros, 2017).

El proyecto de investigación desarrollado por (Benitez, 2017) denominado: Diseño y construcción de una máquina para el montaje y desmontaje de neumáticos de camiones y vehículos de trabajo pesado Rin 20-24, en el que se aplica una serie de requerimientos y especificaciones previamente establecidas, dando cumplimiento a cada una de ellas se obtuvo un equipo que está compuesto por los siguientes componentes: una rampa móvil, una bancada horizontal, un mandril de rotación y una bancada vertical, integrando todas estas partes funciona el sistema electro-neumático, cabe recalcar que se utilizó un motor eléctrico, 6 electroválvulas, un sistema de relays y un conjunto de accionamientos neumáticos, la capacidad de la máquina es de neumáticos que tienen un diámetro inferior a 1300mm y grosor de 500mm.

2.2. Referencias teóricas.

2.2.1. *Diseño y construcción de un módulo.*

El diseño y construcción de rodamientos consiste en aplicar una serie de especificaciones, condiciones y exigencias, previamente establecidas de acuerdo con el uso del rodamiento, las mismas que deben estar inmersas en cada uno de los procesos de fabricación e integrar materiales especializados, es imprescindible el uso de la tecnología para obtener una esfericidad de la bola y otras partes perfecta, todos sus componentes deben ser ajustados a los parámetros indicados en las especificaciones. Para el diseño, es necesario elaborar un plano en el que se detalle el tamaño, dimensiones de cada elemento y el montaje y desmontaje. Es necesario recalcar que el grupo SKF originó este tipo de rodamiento con la finalidad de garantizar la funcionalidad de diferentes máquinas (Rodavigo, 2019).

2.2.2. *Módulo/Banco de pruebas mecánico.*

El banco de pruebas es utilizado para experimentar proyectos en los que se podrán medir valores y analizar características de funcionamiento, otorgan una forma de comprobación estricta, clara e integran nuevos avances en cuanto a tecnología. Además, evalúan los arreglos de los sensores y define patrones o parámetros de defectos involucrados en un rendimiento, los cuales van a ser utilizados para modelar matemáticamente el fenómeno y estandarizar la identificación (Ballesteros, et al., 2022).

2.2.3. Material del módulo.

2.2.3.1. Acero SAE 1045.

También conocido como acero de transmisión, es un tipo de acero de medio carbono, posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria. Es un acero económico a comparación de otros que poseen características similares y baja aleación (Cia. General de Aceros, 2022).

- Características

Tabla 2-1: Características de composición y equivalencia

Composición química (%)		Equivalencias en otras normas	
Carbono (C)	0.43-0.50	AISI SAE	1045
Manganeso (Mn)	0.60-0.90	DIN	CK45
Silicio (Si)	0.20-0.40	AFNOR	XC45
Fósforo (P)	0.04 max.	UNI	C45
Azufre (S)	0.05 max.	BS	060 A45

Fuente: (Cia. General de Aceros, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

Tabla 2-2: Características según el estado de suministro

Estado de suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell HB
Laminado en Caliente	60	32	>=16	>=40	180/220
Calibrado	60	42	>=16	>=40	180/220

Fuente: (Cia. General de Aceros, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

- Aplicaciones

Debido a sus características de temple, este tipo de acero es utilizado principalmente para una amplia gama de: aplicaciones automotrices, partes de maquinaria en general, repuestos sometidos a esfuerzos normales, árboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, también es utilizado como material de construcción para herramientas de mano y porta matrices.

2.2.4. Rodamiento

Se refiere a un elemento rotativo mecánico que se localiza entre las piezas y el eje conectado de un sistema, es utilizado para reducción la fricción entre ellas y facilitar un movimiento giratorio entre dos piezas, existen varios diseños de rodamientos, cada uno tiene una función y aplicación en diferencias ramas de la industria, en cuanto a su fabricación requiere un tratamiento minucioso integrando la tecnología (Lugo, 2020).

2.2.4. Partes de un rodamiento.

Están integrados por dos aros o anillos, en la parte superior e inferior, elementos rodantes y una jaula donde se acogen los elementos rodantes.

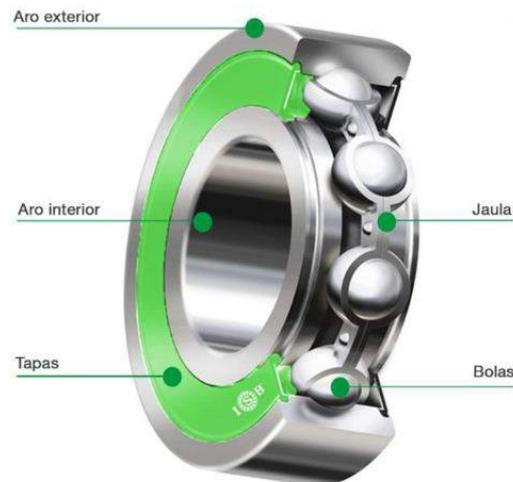


Ilustración 2-1: Partes de un rodamiento

Fuente: (Pérez, 2019).

2.2.5. Elementos del rodamiento.

2.2.5.1. Anillos

También denominado aros, el rodamiento está compuesto por un anillo exterior e interior, comúnmente son diseñados con materiales resistentes que permitan larga durabilidad y garanticen un mejor rendimiento, altos índice de carga, y que puedan soportar una variedad de temperaturas. Su función es promover el movimiento entre un eje y las piezas que lo integran, permiten alojar los elementos rodantes, es decir bolas o rodillos de este modo se podrán desplazar sin tener inconvenientes.

2.2.5.2. *Elementos de rodadura.*

Pueden ser bolas o cilindros los cuales giran sobre las pistas, es decir se desplazan por los caminos de rodadura, se conservan separados y son direccionados por la jaula, por lo general, están contruidos de materiales como cerámica y plástico.

2.2.5.3. *Jaula*

Permite la conservación de las rodaduras separadas y direccionadas, son contruidos con materiales como: acero, latón o plástico, cabe recalcar que su forma de elaboración es distinta, es decir, para las jaulas de metal se emplean una técnica de mecanizado, para las jaulas prensadas se utilizan láminas de acero y para las jaulas de material de plástico se utiliza plástico sólido o en algunos casos son moldeados por medio de inyección (Torres, 2021).

2.2.6. *Importancia de los rodamientos.*

Según (Sumatec, 2020), los rodamientos son utilizados para que las máquinas funcionen durante un periodo largo de tiempo, su principal función es ayudar en el giro de las piezas, de este modo prolongar su vida útil, permiten el libre movimiento entre piezas fijas y móviles, son considerados como un componente mecánico indispensable para minimizar la fricción y desgaste de ciertas piezas, guían sus piezas móviles. Además, transfieren el movimiento y fuerzas para evitar desgastes, los rodamientos son un componente relevante en cualquier máquina. Uno de los aspectos que deben ser tomados en cuenta es el respectivo mantenimiento para prevenir cualquier riesgo o fallos. A continuación, se detallan los puntos para mantenimiento:

2.2.6.1. *Montaje*

Una de las actividades más importantes es el montaje, deberá ser colocado de manera correcta con la finalidad de prevenir averías en todo el sistema de la maquinaria en la que haya sido ubicado, puesto que gran parte de los fallos se efectúan porque no son instalados de la manera adecuada.

2.2.6.2. *Alineación*

Mantener alineados los ejes y poleas es necesario para equilibrar el consumo de energía y evitar consumos elevados que podrían ser generados por movimientos, vibraciones o fricciones. Una incorrecta alineación promueve el daño de los rodamientos.

2.2.6.3. Lubricación

Para mantener un buen rendimiento de los rodamientos es preciso la ejecución de un plan de lubricación en el que se detalle el tipo de lubricante a utilizar, cantidad y frecuencia adecuada, para facilitar la dotación de lubricantes de acuerdo con la necesidad sin la previsión de un plan existe la lubricación con sistemas automáticos.

2.2.6.4. Monitorización

Es necesario verificar el funcionamiento del rodamiento, para ello se utilizan distintos métodos enfocados al sonido, movimiento y temperatura. A través de ellos se puede identificar si necesita un mantenimiento o deber ser cambiado el rodamiento.

2.2.7. Selección de rodamientos.

Para seleccionar el rodamiento hay que tomar en cuenta el área de aplicación y otros aspectos relacionados con las características tales como: la resistencia, el rendimiento y el costo. En la siguiente tabla se detallan algunos criterios y factores esenciales para la selección y determinar un rodamiento:

Tabla 2-3: Selección de rodamientos

Comportamiento Dinámico	Otros factores
Espacio disponible	Forma y diseño de otros componentes de la disposición
Cargas	Ajustes apropiados
Magnitud	Dispositivos de fijación
Dirección	Juego interno o precarga del rodamiento
Desalineación	Sellos adecuados
Precisión y rigidez	Tipo y cantidad de lubricante
Velocidades	Instalación y métodos de desmontaje
Temperatura de funcionamiento	
Niveles de vibración	
Niveles de contaminación	
Tipo de lubricación	
Método de lubricación	
Interfases	
Visión-Tamaño	

Fuente: (SKF, 2015)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

2.2.8. *Tipos de rodamientos.*

Tabla 2-4: Tipos de rodamientos

RODAMIENTOS CON MOVIMIENTOS ROTATIVOS		
Principalmente cargas radiales	Rodamientos rígidos a bolas	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos rígidos a bolas • Rodamientos rígidos a bolas auto alieneables • Rodamientos oscilantes de bolas • Rodamientos desmontables • Rodillos-guía
	Rodamientos de rodillos	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos de rodillos cilíndricos, con jaula • Rodamientos de rodillos cilíndricos, sin jaula • Rodamientos oscilantes de rodillos • Rodamientos oscilantes de una hilera de rodillos • Rodamientos de agujas • Corona de agujas • Casquillos de agujas • Rodamiento de apoyo y de levas
Exclusivamente cargas axiales	Rodamiento a bolas	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos axiales a bolas • Rodamientos axiales de bolas de contacto angular
	Rodamientos de rodillos	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos • Rodamientos axiales oscilantes de rodillos • Rodamientos axiales de agujas
Cargas radiales y axiales combinadas	Rodamientos a bolas	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos desmontables (dispuestos en parejas) • Rodamientos a bolas de contacto angular de una hilera • Rodamientos a bolas de contacto angular de dos hileras • Rodamiento con cuatro puntos de contacto • Corona de bolas • Rodamientos axiales/radiales combinados
	Rodamientos de rodillos	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamiento de rodillos cónicos (dispuestos en parejas) • Rodamientos de rodillo cilíndricos con bordes • Rodamientos de rodillos cruzados • Coronas de rodillos • Rodamientos axiales

Fuente: (Schaeffler Technologies, 2016).

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

2.2.8.1. Rodamiento de bolas.

Está integrado por esferas rodantes, es el tipo de rodante más utilizado en diferentes áreas, debido a su baja fricción, sus funciones son: resistir, cargar, minimizar al máximo el coeficiente de fricción y posicionar las partes móviles en las máquinas.



Ilustración 2-2: Rodamiento de bolas

Fuente: (Grupo SKF, 2022)

2.2.8.2. Rodamiento de rodillo.

Utiliza elementos rodantes entre los cuales están: cilindros y rodillos, los cuales mantienen una mayor cantidad de resistencia para cargas radiales a diferencia del rodamiento de bolas, este tipo de rodamiento puede realizar actividades con cargas con mayor peso y elevación. Son utilizados con mayor frecuencia en cajas de engranajes, equipos elevadores, laminadoras y máquinas en la industria minera para áreas mecánicas o industriales.



Ilustración 2-3: Rodamiento de rodillo

Fuente: (Grupo SKF, 2022)

2.2.8.3. Rodamiento de agujas.

Es un rodamiento que integra piezas cilíndricas largas y delgadas, las mismas que se asemejan a agujas, los cilindros pueden ser de diferentes dimensiones, en ocasiones un tanto más largo, por lo general los cilindros con un diámetro menor con respecto a su longitud, son utilizados para minimizar la fricción en la superficie de giro.



Ilustración 2-4: Rodamiento de agujas

Fuente: (Grupo SKF, 2022)

2.2.8.4. *Rodamiento axial.*

También son definidos como rodamientos de empuje, su diseño es específico para soportar fuerzas aplicadas paralelas al eje del rodamiento, cargas axiales, velocidades de rotación altas y aplicaciones de alta precisión.



Ilustración 2-5: Rodamiento axial

Fuente: (Grupo SKF, 2022)

2.2.9. *Rodamiento de bolas a rótula.*

Este tipo de rodamiento se encuentra integrado por los siguientes componentes: consta de dos hileras de bolas, un camino de rodadura esférico común en el aro exterior y dos ranuras profundas continuas en los caminos de rodadura del aro interior, los rodamientos por lo general no se ven afectados por las desalineaciones angulares del eje en referencia con el soporte que puede estar establecido.

Este tipo de rodamiento fue originado por el grupo AB SKF, la cual se ha constituido durante el paso del tiempo como una empresa multinacional de alto renombre, su principal actividad es el diseño y la fabricación de rodamientos, sellos, y demás productos para sistemas mecánicos y mantenimiento para áreas mecánicas e industriales, actualmente fabrica este tipo de rodamientos con una variedad de diseños y dimensiones de acuerdo con las necesidades de los clientes (SKF, 2022).

Tabla 2-5: Diseños de rodamiento de bolas a rótula

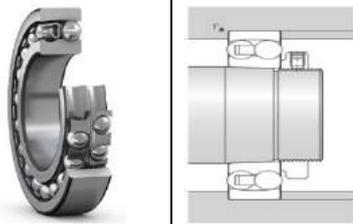
Diseño	Características	Imagen
Abiertos	<ul style="list-style-type: none"> • Con un agujero cilíndrico • Con agujero cónico • Con aro interior prolongado 	
Sellados	<ul style="list-style-type: none"> • Con un agujero cilíndrico • Con un agujero cónico 	

Fuente: (SKF, 2022).

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

2.2.10. Rodamiento de bolas a rótula 1208K.

Tabla 2-6: Propiedades del rodamiento de bolas a rótula 1208K

Imagen	Propiedades
	<p>Características de relubricación: No tienen</p> <p>Clase de tolerancia: normal</p> <p>Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento: ninguna</p> <p>Elemento de retención, aro interior: ninguna</p> <p>Jaula: Chapa metálica</p> <p>Juego radial interno: CN</p> <p>Lubricante: Ninguna</p> <p>Materia, rodamiento: acero</p> <p>Recubrimiento: no consta</p> <p>Sellado: sin sellado</p> <p>Tipo de agujero: cónico</p> <p>Dimensiones: pequeño $d \leq 80$ mm, mediano entre 80mm y < 200 mm y como grande $d \geq 200$ mm.</p>

Fuente: (SKF, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

Según el grupo SKF, este tipo de rodamientos está compuesto por dos hileras de bolas, un camino de rodadura común esférico en el aro exterior y dos ranuras de rodadura que se encuentran en el aro interior, han sido diseñadas para cumplir la función de soportar cargas radiales más elevadas que los rodamientos de una hilera de bolas, y también las cargas axiales en dos sentidos, es considerado como uno de los rodamientos más frecuentes con respecto al uso y aplicación en diferentes máquinas y áreas, cabe señalar que la velocidad de giro es alta.

Características

- Montaje y desmontaje fácil
- Permiten desalineaciones estáticas y dinámicas
- Con cargas livianas el rendimiento es perfecto

2.2.11. Fallas en los rodamientos.

Según el documento diseñado por el grupo SKF detalla los siguientes daños o fallas en los rodamientos que fueron adaptados de la norma ISO 15243:2004.

2.2.11.1. Fatiga

- Fatiga iniciada en la subsuperficie

Hace referencia a una manera de desgaste, que es ocasionado luego de haber pasado por algunos esfuerzos de carga sobre la superficie, inicia con un descascarillado que va aumentando hasta generar algún ruido o vibración en la máquina y llega a provocar grietas en los bordes.

Acciones

- Controlar las condiciones del rodamiento
- Verificar que las piezas de contacto se encuentren bien definidas
- Realizar un montaje adecuado



Ilustración 2-6: Fatiga iniciada en la superficie

Fuente: (SKF, 2017).

Se produce cuando se presenta un deterioro en las asperezas de la superficie de contacto rodante, es decir cuando existe una mala lubricación y existe contacto con metal-metal. Es la consecuencia de las asperezas de la superficie que entran en contacto directo.

Acciones

- El rodamiento debe presentar condiciones adecuadas
- Se debe tener en cuenta la selección, cantidad y momento de colocación del lubricante
- Incrementar la división de superficies de lubricante
- Colocar un lubricante de buena calidad
- Minimizar la contaminación

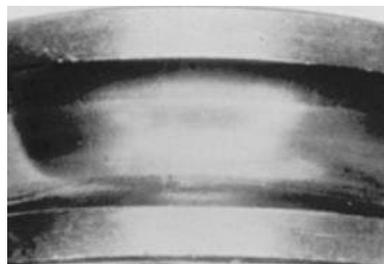


Ilustración 2-7: Fatiga iniciada en la superficie

Fuente: (SKF, 2017).

2.2.11.2. Desgaste

- Desgaste abrasivo

El desgaste se precisa en un rayado abrasivo sobre las superficies de rodadura y jaulas, lo cual indica que el material está perdiéndose por abrasión, por lo general viene adjunto el proceso por indentación.

Causas:

- Lubricación inadecuada
- Contaminación del lubricante con alguna partícula del entorno
- Contaminación del lubricante con alguna partícula metálica
- Inconvenientes con el ingreso del lubricante
- La actividad de montaje o mantenimiento inadecuado (TRAXCO, 2018)

Acciones

- Verificar el sellado para el buen funcionamiento
- Lubricación correcta e inspeccionar la calidad de rodamientos
- Ajustar ejes en caso de ser necesario



Ilustración 2-8: Desgaste abrasivo

Fuente: (SKF, 2017)

- Desgaste por adherencias

Se trata de un desgaste por contacto de las partes que contienen materiales de metal, incluyendo algunos de los componentes que forman parte del rodamiento, en ocasiones la temperatura se eleva y quema el lubricante, como consecuencia se presentan partes oxidadas y en el peor caso se funden las piezas.

Causas

- Mala elección del lubricante (baja viscosidad)
- Falta de aditivos de presión o temperaturas elevadas
- Lubricación con un caudal relativamente bajo
- Daños en el lubricante por alta temperatura
- Contaminación con otros fluidos, sobre temperatura en las operaciones

Acciones

- Verificar que el rodamiento este bien cargado
- El sellado debe tener buen funcionamiento
- En caso de ser necesario se debe reducir la dimensión del rodamiento
- Seleccionar bien el lubricante
- Utilizar recubrimientos
- Se puede utilizar rodamientos híbridos (TRAXCO, 2018).

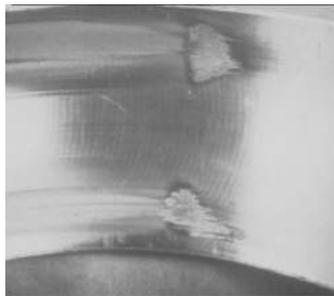


Ilustración 2-9: Desgaste por adherencias

Fuente: (SKF, 2017).

2.2.11.3. Corrosión

Se presenta cuando existe ingreso de humedad, agua y otros líquidos que contaminan y dañan el rodamiento, cuando la cantidad de contaminantes líquidos supera la capacidad del lubricante se evidencia la formación de herrumbre.

Acciones

- Los rodamientos deben contar con una protección
- Se pueden utilizar rodamientos sellados
- Mantener el rodamiento en el empaque hasta el momento de montarlos



Ilustración 2-10: Corrosión

Fuente: (SKF, 2017)

- Corrosión por fricción

Puede ocurrir cuando existe contacto, es decir se presencia el movimiento entre un aro de rodamiento y su asiento en el eje o soporte, también existe la vibrocorrosión que se produce cuando existen micro movimientos.

Acciones

- Los asientos de los rodamientos deben estar mecanizados de forma adecuada
- Los asientos deben ajustarse a las especificaciones geométricas
- Para el mantenimiento es importante colocar una pasta anticorrosiva.



Ilustración 2-11: Corrosión por fricción

Fuente: (SKF, 2017)

2.2.11.4. Erosión eléctrica.

- Erosión por exceso de corriente

El daño es ocasionado cuando la corriente eléctrica pasa de un aro a otro por medio de los elementos rodantes, las consecuencias se presentan con la apariencia de áreas con diferente color donde el material haya sido fundido o dañado.

Acciones:

- Las conexiones a tierra deben mantenerse instaladas de forma correcta
- Promover el uso de rodamientos aislados
- El montaje debe ser adecuado



Ilustración 2-12: Erosión eléctrica

Fuente: (SKF, 2017)

- Erosión por fuga de corriente

La superficie presenta daños cuando pasa por una intensidad de la corriente, aunque sea bajo, en los rodamientos de bolas generalmente se decoloran en toda la superficie, la expansión del daño depende de factores como: intensidad, velocidad y lubricante.

Acciones:

- Se debe hacer usos de cableado simétrico
- El rodamiento debe mantenerse alineado
- Verificar que la conexión se encuentre bien



Ilustración 2-13: Erosión por fuga de corriente

Fuente: (SKF, 2017)

2.2.11.5. Deformación plástica.

- Deformación por sobrecarga

Este tipo de deformación es causada por la sobrecarga estática, cargas de impacto o incorrecta manipulación, puede existir algún daño cuando la fuerza de montaje se aplica a través de los

elementos rodantes, también puede ocasionarse por sobreajuste y concentración de tensión en las piezas.

Acciones:

- Se debe utilizar un método de montaje adecuado
- Considerar el uso de herramientas para facilitar la operación
- Guiarse en cada uno de los procesos para generar un montaje correcto

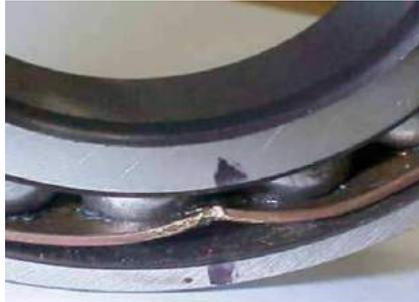


Ilustración 2-14: Deformación plástica

Fuente: (SKF, 2017)

- Indentaciones por contaminantes

Por lo general se presentan cuando se registra un ingreso de contaminantes sólidos en los rodamientos ya sea por los sellos o el lubricante, en ocasiones suele ser el resultado del desgaste o daños a un componente de contacto.

Acciones:

- Las áreas de trabajo deben permanecer limpias
- El rodamiento debe estar sellado adecuadamente
- La lubricación en el rodamiento debe ser el adecuado



Ilustración 2-15: Indentaciones por contaminantes

Fuente: (SKF, 2017)

2.2.11.6. Fracturas y agrietamientos.

- Fractura forzada

Tienden a formarse cuando las concentraciones de tensión exceden la resistencia a la rotura del material, la sobrecarga a nivel local y el exceso de tensión son causas comunes de una fractura forzada.

Acciones

- Los ajustes deben ser apropiados
- Considerar métodos de montaje correctos
- Para el montaje no es necesario aplicar fuerza



Ilustración 2-16: Fracturas y agrietamiento

Fuente: (SKF, 2017)

- Fractura por fatiga

Inicia cuando excede la resistencia a la fatiga de un material bajo flexión cíclica, estas flexiones cuando se dan frecuentemente causan una grieta filiforme, que puede llegar a extenderse hasta el aro o la jaula.

Acciones

- Los asientos de los rodamientos deben ajustarse a especificaciones
- Las partes deben estar unidas para soportar cargas
- Los asientos deben mantenerse completamente limpios



Ilustración 2-17: Fractura por fatiga

Fuente: (SKF, 2017)

- Agrietamiento térmico

El calor generado por fricción cuando dos superficies se deslizan entre sí puede causar grietas que se encuentran ubicadas en ángulo recto con respecto a la dirección del deslizamiento.

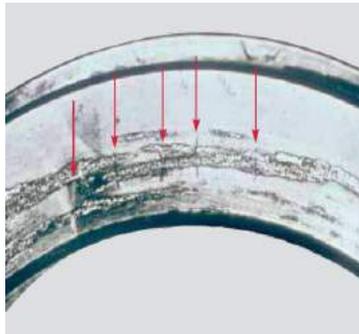


Ilustración 2-18: Agrietamiento térmico

Fuente: (SKF, 2017)

2.2.12. Métodos de análisis de falla en los rodamientos.

2.2.12.1. Detección del ruido.

Es un método que requiere de experiencia o capacitación a las personas que lleven el control de máquinas, deben hacer uso de dispositivos tales como: audífonos, estetoscopios, barras y tubos sólidos de distintos materiales, que deben ser colocados sobre, los alojamientos de los rodamientos, de este modo podrán identificar un sonido mientras se encuentre en funcionamiento, y detectar un problema cuando exista un ruido de forma inhabitual.

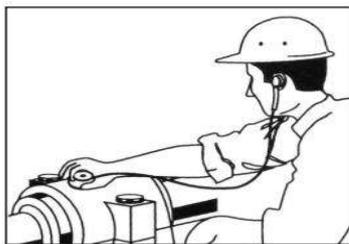


Ilustración 2-19: Detección del ruido

Fuente: (Koyo, 2020)

2.2.12.2. *Medición de la temperatura de operación (termografía).*

Es utilizada para detectar cambios o alteraciones en la temperatura cuando un rodamiento está en funcionamiento, para identificar esta variación es necesario llevar un registro de datos, de modo que permita realizar una comparación cuando exista algún problema en el rodamiento, es uno de los métodos que se complementa con el primero es decir apoyado del ruido.

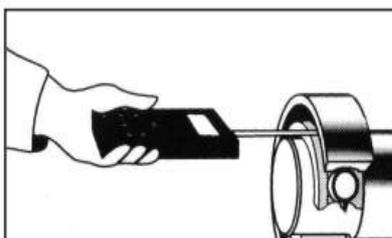


Ilustración 2-20: Medición de la temperatura

Fuente: (Koyo, 2020)

2.2.12.3. *Análisis del estado del lubricante.*

Es un método generalmente utilizado cuando un rodamiento tiene grandes dimensiones, no se puede verificar a simple vista o se encuentra localizado en lugares que no permiten acceso, es necesario tomar una muestra y examinarla para definir problemas ocasionados por diferentes materiales o partículas que dificulten el funcionamiento del rodamiento.



Ilustración 2-21: Análisis del estado del lubricante

Fuente: (Koyo, 2020)

2.2.13. Montaje y desmontaje de rodamientos.

Las actividades de montaje y desmontaje son consideradas como una de las etapas básicas de la vida útil del rodamiento, existen diferentes métodos, actividades y herramientas que promueven su buen uso, para evitar daños en algunas piezas y, por ende, permitir al operador desmontar correctamente y a la vez previniendo posibles daños en otras pieza, las malas técnicas de desmontaje, no instalar el rodamiento correctamente y hacer uso de técnicas o herramientas pueden afectar al operador y rodamiento. Además, constituyen uno de los procesos esenciales en la maquinaria, si estas operaciones son previamente planificadas y son llevadas a cabo de forma metódica facilitarán el funcionamiento óptimo (Refracciones Industriales, 2021).

Tabla 2-7: Herramientas y equipos para montaje y desmontaje de rodamientos

Nombre	Imagen
Anillo de calefacción	 Anillo de calefacción con dos ejes de ajuste.
Calentadores por inducción	 Calentador por inducción con base roja y eje de ajuste.
Detector III Monitoreo de vibraciones	 Detector III Monitoreo de vibraciones con caja negra y accesorios.
Smart-Check Monitore en línea	 Smart-Check Monitore en línea con pantalla y botones.
Llave de gancho	 Llave de gancho con mango rojo y cabeza metálica.

Extractor de rodamientos	
Equipos de alineación de ejes	
Kits combinados	

Fuente: (Refracciones Industriales, 2021)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

2.2.14. Tipos de montaje.

Según (Schaeffler Technologies, 2016), para determinar el método más adecuado para el montaje correcto de rodamientos se debe tomar en cuenta la construcción, tipo y diseño de rodamiento, existen tres tipos de montajes que pueden ser utilizados:

2.2.14.1. Montaje mecánico.

Es uno de los métodos más utilizados para los rodamientos con dimensiones pequeñas, siempre y cuando el asiento no se encuentre muy ajustado, cuando las fuerzas son aplicadas en ocasiones pueden generar inconvenientes tanto en el rodamiento como en la superficie del asiento, es por ello que se recomienda realizar este proceso con cuidado y haciendo uso de las herramientas precisas, solo así se podrá ejecutar un montaje sin daños.

2.2.14.2. Montaje térmico.

Por lo general son utilizados para los rodamientos con agujero cilíndrico, los cuales deben calentarse antes del montaje a una temperatura que supere los 20°C por razones de seguridad, esta

temperatura debe estar bajo supervisión para evitar precargas ocasionadas por una temperatura elevada en el interior del rodamiento, la temperatura máxima de calentamiento deber ser 120°C. Una vez efectuado las actividades de calentamiento, los elementos se montan de forma rápida y sin ladeo en el asiento de estos, los operadores o encargados de esta actividad deben utilizar la indumentaria adecuada para evitar accidentes.

2.2.14.3. Montaje hidráulico.

En este tipo de montaje se aplican fuerzas elevadas, es utilizado para rodamientos de gran dimensión con agujero cónico, para este proceso es necesario la aplicación de herramientas y materiales que generen presión tales como: tuercas hidráulicas, inyectoros de aceite, bombas manuales o grupos hidráulicos.

2.2.15. Tipos de desmontaje.

Los métodos de desmontaje son utilizados para prevenir algunos inconvenientes y daños que se pueden presentar frecuentemente en los rodamientos, para ello se debe tomar en cuenta cada una de sus características (Schaeffler Technologies, 2016). A continuación, se detallan los métodos más comunes:

2.2.15.1. Desmontaje mecánico.

Para el desmontaje mecánico es común utilizar extractores para facilitar el movimiento del anillo de rodamiento, se emplea una mayor fuerza a comparación del montaje mecánico, esto debido a que el anillo se encuentra fijado por el paso del tiempo. Se debe evitar golpes fuertes en el anillo y no trasladar las fuerzas mediante los elementos rodantes.

2.2.15.2. Desmontaje térmico.

Interviene nuevamente la temperatura para calentar el anillo del rodamiento que debe ser desmontado en la menor cantidad de tiempo para lograr una expansión de este, de este modo el ajuste de asiento se afloja del rodamiento y no existe adhesión. Entre las ventajas de este tipo de desmontaje se encuentran: actividad rápida, calentamiento sencillo de elementos grandes y con peso elevado.

2.2.15.3. Desmontaje hidráulico.

Es utilizado para desmontar rodamientos que contienen asientos cónicos o cilíndricos, consiste en la colocación del dispositivo para el desmontaje en el anillo que posee el rodamiento y se procede con la inyección de aceite entre las superficies de ajuste para crear presión, de este modo el aceite anula el contacto entre las piezas montadas, permite el deslizamiento rápido y seguro y la extracción se realiza mediante un extractor mecánico, evitando daños en algunas superficies. El aceite debe contener las mismas características que en el montaje.

2.2.16. Software para diseños mecánicos.

2.2.16.1. CAD 3D Inventor.

Es un software de diseño mecánico, está compuesto por una serie de herramientas de diseño e ingeniería en 3 dimensiones, permite el modelado y simulaciones de piezas que suelen ser complejas. Permite trabajar con datos en dos y tres dimensiones, generando una representación gráfica del objeto final antes de ser construido, de este modo se valida el diseño del objeto, en algunos casos se modifican dimensiones y funciones, cabe recalcar que integran herramientas que permiten el modelado paramétrico que generan una edición directa y de forma libre. El programa es compatible con archivos TrustedDWG, el programa es utilizado por ingenieros en la rama de mecánica que requieren de herramientas automatizadas y especializadas para diseñar y estar listas para la construcción (Galarza, 2022).

Características:

- Se pueden insertar planos para producir bocetos en ubicaciones
- Los bocetos pueden ser modificados cuando sea necesario
- Es un programa que utiliza técnicas avanzadas de modelado
- El diseño de piezas puede ser combinado
- Permite perfeccionar productos nuevos
- Funciones de autodesk Inventor para diseño de producto
- Modelado paramétrico: aporta con una serie de funciones de forma rápida e inteligente direccionando el proceso geométrico del objeto diseñado.
- Modelado de ensamblajes: permite insertar una serie de elementos específicos en estructuras, conservando estándares adecuados
- Creación de dibujos: contienen una serie de herramientas y componentes que permiten el diseño de un objeto perfecto, permitiendo una visualización de ensamble.

- Flujo de trabajo: son compatibles con otros programas como AutoCad, brinda una gran ventaja puesto que se pueden asociar datos y realizar más configuraciones en caso de que lo requiera (DEUSTO, 2020).

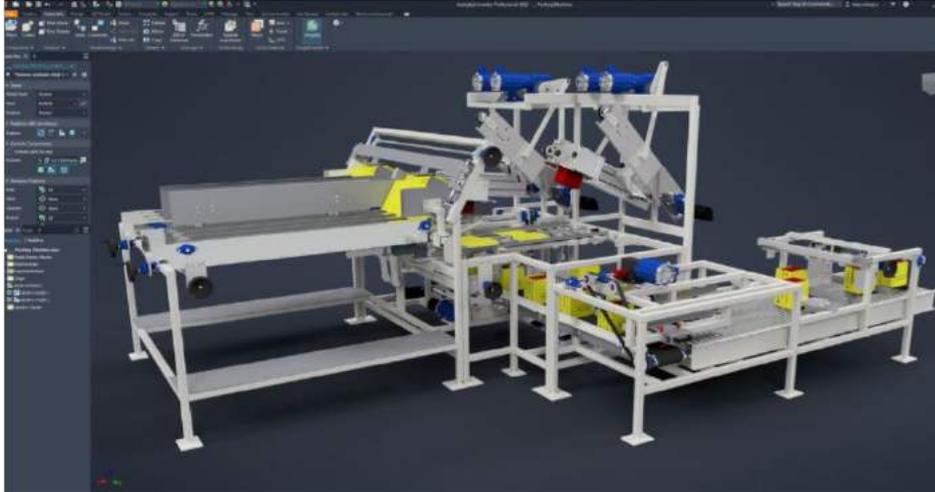


Ilustración 2-22: Modelado realizado en Inventor

Fuente: (DEUSTO, 2020)

2.2.16.2. SOLIDWORKS CAD 3D.

Es un software que permite modelar piezas, ensambles en tres dimensiones y planos en dos dimensiones, contine cinco líneas de productos, está compuesto por una serie de herramientas que hacen más eficiente el proceso de diseño (SOLIDBI, 2018). Es utilizado por varias empresas a nivel mundial, actualmente hay más de 3 millones de usuarios y este número asciende día a día, Solidworks mantiene una interfaz sencilla, Cabe recalcar que existen tres paquetes dentro de SOLIDWORKS CAD 3D: Standard, Professional y Premium. A continuación, se detallan características de cada versión.

Tabla 2-8: Versiones de SOLIDWORKS CAD 3D

SOLIDWORKS Standard	SOLIDWORKS Professional	SOLIDWORKS Premium
Uso fácil	Tiene las mismas características que el standard, adicional tiene las siguientes:	Tiene las mismas características que el standard y profesional adicional tiene las siguientes:
Modelado de piezas	Diseño para fabricación	Permite crear sistemas de recorrido de tuberías
Dibujos en 2D	Espacios CAD	Creación de sistemas eléctricos

Reutilización y automatización del diseño	Programa lotes y actividades	Secciones rectangulares
Permite animar y visualizar	Diseño de acuerdo al costo	Diseño para fabricación
Comprueba interferencias	Comprobar estándares CAD	Despliegue de superficies
Importar archivos	SOLIDWORKS File Management	Agrupación de costos
Posee algunas herramientas de análisis	Ingeniería inversa (ScanTo3D)	Ingeniería inversa (ScanTo3D)

Fuente: (SOLIDBI, 2018)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

2.2.16.3. Fusion 360.

El software Fusion 360 es utilizado por diferentes profesionales, permite diseñar y crear productos en modelado de tres dimensiones, principalmente productos mecánicos e industriales, su uso simple y de forma intuitiva, de modo que se adapten a una impresión en 3D para obtenerlos de manera física (Fusion 360, 2019).

Características:

- Permite realizar acciones eficientes en CAD
- CAD-CAM trabaja de manera conjunta
- Esquemas unificados
- Simulación en tres dimensiones sin interrupciones
- Generación de datos instantáneo

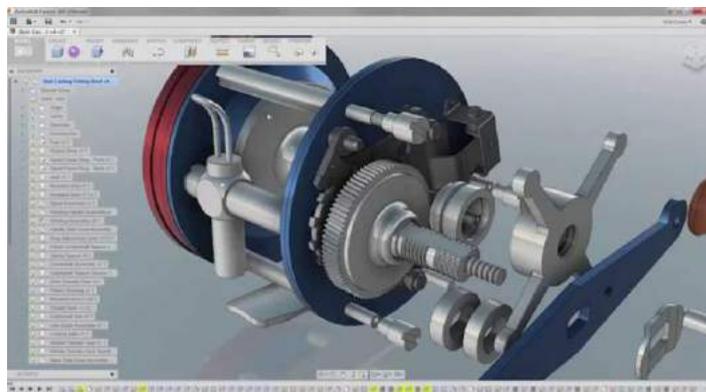


Ilustración 2-23: Modelado realizado en Fusion 360

Fuente: (Fusion 360, 2019)

Herramientas:

- Posee algunas herramientas para originar modelos y ensamblajes
- Contiene herramientas de diseño en el área mecánica
- Las herramientas de simulación
- Herramientas que analizan el aspecto medioambiental
- Herramientas para integrar datos de CAD en 3 dimensiones

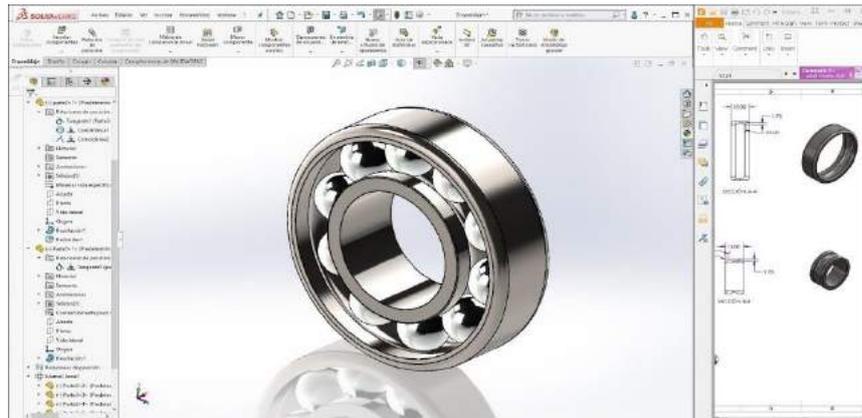


Ilustración 2-24: Modelado representado en SOLIDWORKS

Fuente: (SOLIDBI, 2018)

2.2.17. Normativa del diseño de mesa.

2.2.17.1. Altura de una mesa de trabajo a pie.

Debido a la alta movilidad corporal que algunos trabajos requieren, es necesario definir una altura que permitan el desarrollo de actividades sin ocasionar posiciones forzadas que afecten a la salud de las personas. La altura de la mesa puede variar entre los 70 y 120cm, para el caso de trabajo pesado va entre los 65 y 95cm, para el trabajo de precisión las medidas son de 95 a 120cm.

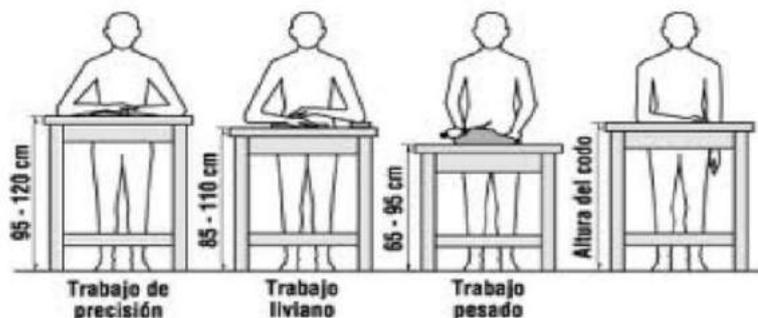


Ilustración 2-25: Mesa de trabajo a pie

Fuente: (Ofiprix, 2020)

2.2.18. Metodología QFD para el desarrollo del módulo.

Según (Arrizabalaga Consulting, 2016), Quality Function Deployment-Despliegue de la función calidad, es una metodología utilizada frecuentemente cuando se va a crear productos los cuales deben adaptarse a preferencias y necesidades de los usuarios. Además, permite obtener de forma matemática las características que deben agregarse para el diseño.



Ilustración 2-26: Estructura de la metodología QFD

Fuente: (Arrizabalaga Consulting, 2016)

Donde:

1. **Lista de los qué:** se identifica aspectos que los usuarios esperan del producto, es necesario considerar las exigencias y características técnicas guiadas a partir del usuario o cliente.
2. **Análisis de los qué:** Se clasifica las interrogantes de acuerdo con el orden de su importancia, es este punto se puede considerar la aplicación de una encuesta a los usuarios, tomando en cuenta la prioridad de cada aspecto donde (1=no es importante y 5=muy importante).
3. **Lista de los cómo:** se definen las especificaciones técnicas que cumplan con los pasos detallados anteriormente, para facilitar este paso se debe implementar una lista de elementos necesarios y detallar cómo se puede cumplir.
4. **Relación entre los cómo:** se encuentra ubicado en la cima de la metodología QFD, se registran las posibles interacciones entre los cómo, de este modo se podrá identificar aspectos positivos o negativos.
5. **Relación entre qué y cómo:** relaciona los “qué” y “cómo” demandados por los usuarios, se deben considerar ciertas ponderaciones como: (0= sin relación, 1=baja relación, 3=media relación, 9 alta relación).

2.2.18.1. Beneficios de la metodología.

La metodología QFD está enfocada en el desarrollo de un producto tomando en cuenta la opinión específica de un cliente. Según (Chiluisa, 2022) el despliegue de la función calidad mantiene los siguientes beneficios:

- Trata de entender las necesidades de los clientes.
- Pronosticar la manera en que los clientes percibirán el valor de un producto.
- Aceptación por parte de las partes interesadas.
- Tomar en cuenta las necesidades de los clientes para establecerlos como objetivo.
- Permite obtener los requisitos de la documentación.
- Otorga una lógica y estructura para el desarrollo.
- Responde a las necesidades del mercado.
- Prioriza recursos.
- Mayor calidad.
- Menos costo.
- Más eficiencia.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO

3.1. Metodología del diseño

Para realizar un correcto desarrollo del módulo se tomará como base la ingeniería concurrente, ya que permite la realización de un producto adecuado y de calidad, a través de cuatro etapas: definición del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y el diseño de detalle. Las etapas antes mencionadas se muestran a continuación:



Ilustración 3-1: Etapas de la ingeniería concurrente

Fuente: Martínez, I. 2020.

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

3.2. Definición del producto

Como parte de la revisión bibliográfica del módulo para el montaje y desmontaje de rodamientos se detallaron en el Capítulo 2. Marco Teórico todas aquellas definiciones y conceptos que ayudan a comprender cada uno de los elementos que serán usados para proceder con el diseño del módulo de una manera correcta y funcional.

3.3. Desarrollo de la función de calidad QFD

QFD proviene de las siglas en inglés Quality Function Deployment, o despliegue de la función

de calidad. Es un método de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce en pasos sucesivos, características de diseño y operación que satisfacen las demandas y expectativas del mercado (Riba, 2002).

3.3.1. Voz del usuario

A continuación, se identifica las necesidades del cliente:

- Compacta
- Móvil
- Facilidad de uso
- Facilidad de acople
- Facilidad de desacople
- Facilidad en la obtención de resultados
- Seguridad
- Económica
- Posibilidad de colocación de rodamientos de diferentes diámetros

3.3.2. Voz del ingeniero

Los requerimientos y características que el cliente solicita, se traducen en las siguientes características técnicas:

- Gestionan los requisitos de diseño del producto
- Determinar las características del producto
- Controlar el proceso de fabricación
- Documentar las especificaciones del producto ya existentes
- Precio adecuado
- Dimensiones y peso
- Soluciones ante problemas
- Visualización de resultados
- Tiempo de prueba

Adicionalmente a los antes mencionado, se hace uso de la denominada casa de la calidad con la finalidad de establecer un análisis de las necesidades de las partes involucradas, es decir satisfacer las necesidades del cliente bajo los criterios técnicos del ingeniero.

⊖	Muy buena	4
○	Buena	3
▲	Mala	2
◇	Muy mala	1

B	Básico
U	Unidimensional
E	Estimulante

Factor de incidencia	
Fuerte	9 ⊖
Medio	3 ○
Bajo	1 X

Factor de venta	
Fuerte	1,5 ●
Posible	1,2 ■
Ninguno	1

VOZ DEL INGENIERO	VOZ DEL USUARIO											A	B	C	D	E	F	G	H	I											
		Requisitos de diseño	Características del producto	Control en el proceso de fabricación	Precio adecuado	Dimensiones y peso	Solución ante problemas	Visualización de resultados	Documentación de especificaciones	Motor de rotación	Tiempo de prueba	Máquina propia	Competencia 1	Competencia 2	Objetivos	Mejora	Factor de venta	Importancia	Ponderación	Porcentaje											
	COMPACTA	B	⊖	X	○	○	⊖	○	○	○										4	2	2	4	1	●	5	11,5	11,23%			
	MOVILIDAD	E	○		○	⊖	X	X	X											4	3	3	4	1	■	4	10,2	9,96%			
	FACILIDAD DE USO	B	○	⊖	○	○	○	X	X	○	○	○								3	4	4	3	4	■	4	12,2	11,91%			
	FACILIDAD DE ACOPLE	B	○						○		○									3	3	2	5	5	■	4	15,2	14,84%			
	FACILIDAD DE DESACOPLE	B	○	⊖			X			X	⊖	○								4	5	3	4	1	■	5	11,2	10,94%			
	FACILIDAD DE OBTENCIÓN DE RESULTADOS	B	⊖	⊖		⊖	○	○	○		⊖									4	5	4	3	2	■	5	11,2	10,94%			
	SEGURIDAD	B		○	○	○	⊖	⊖	⊖	X										2	4	4	2	1	■	4	8,2	8,01%			
	ECONOMÍA	E	X		X	X	X		X	○	○									4	3	2	4	1	●	5	11,5	11,23%			
	COLOCACIÓN DE DIFERENTES RODAMIENTOS	B		○	⊖	X	X		X	○	○									3	4	4	4	1	■	5	11,2	10,94%			
																														102,4	100%

Ilustración 3-2: Casa de la calidad

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

3.4. Resultados obtenidos de la casa de la calidad

Una vez realizado el análisis de la casa de la calidad se han identificado ciertas especificaciones denotadas de mayor relevancia dentro de la fabricación del módulo, entre ellas se encuentran:

3.4.1. *Requisitos de diseño*

El diseño y construcción que va a tener el módulo para el montaje y desmontaje de los rodamientos de bolas a rótula es especialmente importante en relación al resto de parámetros obtenidos ya que de él depende la obtención de los resultados, la posibilidad de realizar los ensayos y visualizar su puesta en marcha.

3.4.2. *Precio adecuado*

Los costos en los que se incurrirá al realizar el diseño y construcción del módulo propuesto son accesibles ya que se realizará con los materiales adecuados determinados en la fase de diseño, con la finalidad de que se presenten un sinnúmero de ventajas al realizar los ensayos.

3.4.3. *Visualización de resultados*

Los resultados, al momento de realizar los ensayos y dependiendo de los diferentes tipos de rodamientos que serán usados se podrá visualizar de una manera sencilla y práctica ya que su ejecución es netamente mecánica, permitiendo controlar el ensayo.

3.4.4. *Tiempo de prueba*

Los tiempos de prueba a los que se someterán los diferentes rodamientos serán variables dependiendo de los datos que el investigador desee obtener a más de contar con la facilidad de que el módulo está diseñado de manera que su diseño cuenta con 6 caras.

3.5. Diseño conceptual

Dentro de esta sección se realiza el análisis de la estructura del módulo propuesto, con la finalidad de conocer tanto de manera general como específica la composición estructural del mismo. Adicionalmente, se detallan los procesos que se pueden ejecutar en el módulo y se detalla su estructura funcional.

3.5.1. Análisis de alternativas

Para el diseño y construcción del módulo planteado, se analizaron dos alternativas enfocadas principalmente en el diseño del módulo, costo y calidad de materiales. Mediante un análisis se optimizan los elementos y características antes mencionados con la finalidad de seleccionar la alternativa que más se ajuste a las necesidades del caso.

3.5.1.1. Alternativa 1

Entre las principales características que se puede resaltar se tiene:

- **Diseño del módulo:** Se propone un diseño de manera hexagonal, es decir que cuente con seis diferentes frentes dentro de los cuales se colocarán los ejes en los cuales se podrá montar y desmontar los rodamientos. A continuación, en la Ilustración 3-3, se muestra una perspectiva frontal construido de acero A36.

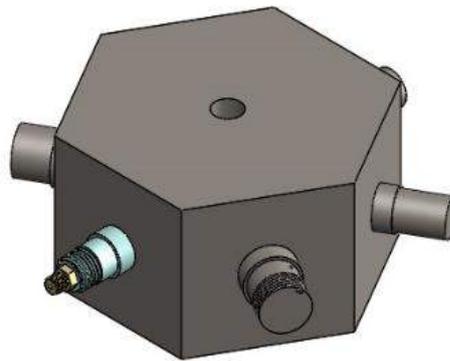


Ilustración 3-3: Diseño hexagonal del módulo

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

- **Materiales:** Entre los materiales que se requieren: tubos cuadrados, suelda, acero 705, acero ASTM A36, tol, entre otros.



Ilustración 3-4: Alternativa 1

Fuente: Google, 2022.

- **Costo:** Los costos en los que se van a incurrir para el diseño y la fabricación del módulo son accesibles ya que todo su funcionamiento es mecánico y no se cuenta con dispositivos electrónicos.



Ilustración 3-5: Diseño mecánico del módulo

Fuente: Google, 2022.

3.5.1.2. *Alternativa 2*

Entre las principales características que se puede resaltar tenemos:

- **Diseño del módulo:** Para la segunda alternativa, se propone un diseño circular del módulo dentro de los cuales se ubicarán seis ejes en los cuales se podrá realizar el montaje y desmontaje de los rodamientos.



Ilustración 3-6: Diseño circular del módulo

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

- **Materiales:** Entre los materiales que se requieren tenemos: tubos cuadrados, suelda, acero 1018, tol, entre otros.



Ilustración 3-7: Materiales a usarse Alternativa 2

Fuente: Google, 2022.

- **Costo:** Los costos en los que se van incurrir para el diseño y la fabricación del módulo circular se tornan elevados ya que se requiere de la instalación de un motor eléctrico que ayudará a girar el módulo, así como también una tarjeta controladora y una caja de reducción de velocidad.



Ilustración 3-8: Funcionamiento electrónico del módulo

Fuente: Google, 2022.

3.5.1.3. Ponderación de las alternativas

A continuación, se muestra una tabla con la descripción a cada una de las características que poseen las alternativas presentadas para el módulo, después de ellos se procede con la selección de la mejor alternativa mediante una ponderación de 0 a 1, siendo 1 el valor más alto y 0 el más bajo.

Alternativa 1

Tabla 3-1: Ponderación de la Alternativa 1

Alternativa	Característica	Descripción	Ponderación	Total
Alternativa 1	Diseño	Hexagonal	1,0	12,5
	Materiales	Tubo cuadrado	1,0	
		Garruchas	1,0	
		Electrodos	1,0	
		Tol galvanizado	1,0	
		Palanca	1,0	
		Resortes	1,0	
		Acero 705	1,0	
	Costo	Medio	0,5	
	Funcionalidad	Mecánica	1,0	
	Mantenimiento	Bajo	1,0	
	Posibilidad de Fallos	Bajo	1,0	
Consumo energético	Nulo	1,0		

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

De un total de 13 puntos posibles a obtener, la Alternativa 1 alcanzó un total de 12,5 puntos.

Alternativa 2

Tabla 3-2: Ponderación de la Alternativa 2

Alternativa	Característica	Descripción	Ponderación	Total
Alternativa 2	Diseño	Circular	0,5	8,0
	Materiales	Acero 1018	0,5	
		Tubo cuadrado	1,0	
		Sueldas	1,0	
		Tol negro frío	1,0	
		Motor	0,5	
		Controlador	0,5	
		Caja de reducción	0,5	
		Cableado	0,5	
	Costo	Alto	0,0	
	Funcionalidad	Electrónica	1,0	
	Mantenimiento	Medio, alto	0,5	
	Posibilidad de Fallos	Medio, alto	0,5	
Consumo energético	Medio, alto	0,0		

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

La Alternativa 2 alcanzó un total de 8,0 puntos frente a 13 puntos posibles a obtener en total. Ya que su costo es mucho más elevado al requerir de ciertas piezas y partes como se muestra a continuación:

Tabla 3-3: Costos estimados de electrónica de la Alternativa 2

Pieza o parte	Valor
Motor	250
Controlador	225
Módulo de programación	25
Botoneras	30
Logo PLC	150
Fuente de poder	80
TOTAL	760

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.5.1.4. Selección de la alternativa

Para la selección de la mejor alternativa, se identifica la ponderación más alta obtenida y a manera de resumen se presentan las características de cada alternativa en las siguientes tablas:

Tabla 3-4: Ponderación de los diseños

Diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Diseño 1	1,0		1,0
Diseño 2		1,0	1,0
TOTAL			2,0

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-5: Ponderación de los materiales

Materiales	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Materiales 1	7,0		7,0
Materiales 2		5,5	5,5
Total			12,5

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-6: Ponderación de los costos

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Costo 1	0,5		0,5
Costo 2		0,0	0,0
Total			0,5

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-7: Ponderación de la funcionalidad

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Funcionalidad 1	1,0		1,0
Funcionalidad 2		1,0	1,0
Total			0,5

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-8: Ponderación de mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Mantenimiento 1	1,0		1,0
Mantenimiento 2		0,5	0,5
Total			1,5

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-9: Ponderación de posibilidades de fallos

Posibilidad de fallos	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Posibilidad de fallos 1	1,0		1,0
Posibilidad de fallos 2		0,5	0,5
Total			1,5

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-10: Ponderación de consumo energético

Consumo energético	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación
Consumo energético 1	1,0		1,0
Consumo energético 2		0,0	0,0
Total			1,0

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 3-11: Ponderación final de las Alternativas 1 y 2

Alternativa	Características	Ponderación	Subtotal	Total	
Alternativa 1	Diseño	1,0	1,0	12,5	
	Materiales		1,0		7,0
			1,0		
			1,0		
			1,0		
			1,0		
			1,0		
			1,0		
	Costo	0,5	0,5		
	Funcionalidad	1,0	1,0		
Mantenimiento	1,0	1,0			
Posibilidad de Fallos	1,0	1,0			
Consumo energético	1,0	1,0			
Alternativa 2	Diseño	0,5	0,5	8,0	
	Materiales		0,5		5,5
			1,0		
			1,0		
			1,0		
			0,5		
			0,5		
			0,5		
	Costo	0,0	0,0		
	Funcionalidad	1,0	1,0		
Mantenimiento	0,5	0,5			
Posibilidad de Fallos	0,5	0,5			
Consumo energético	0,0	0,0			

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

La Alternativa 1, fue la seleccionada ya que posee un diseño hexagonal en la cual se pueden colocar seis ejes para el montaje y desmontaje de rodamientos, así como también permite diferenciar de manera apropiada cada una de las caras que posee este módulo, dentro de la selección de materiales se cuenta con materiales de calidad y duraderos, su funcionamiento es de tipo mecánico esto hace que su precio sea inferior al de la Alternativa 2, siendo esta una de las principales razones de su selección al no requerir dispositivos o mecanismos electrónicos que eleven su costo. Dicho esto, se tiene la ponderación total de la Alternativa 1 que es de 12,5 puntos en comparación de la Alternativa 2 que alcanzó 8,0 puntos.

Adicionalmente, se puede mencionar que el módulo es creado con fines didácticos, por lo cual se pretende que su mantenimiento sea más fácil y barato esto no se puede lograr si su funcionamiento es electrónico, al tratarse de un funcionamiento electrónico la posibilidad de fallos se incrementa, así como también, su costo referente a consumo energético se incrementa, la mano de obra y programación de igual manera.

3.5.2. Estructura funcional

Como parte de la estructura funcional del módulo, se detalla la mesa de trabajo y el hexágono con sus diferentes caras que permiten el montaje y desmontaje de seis diferentes rodamientos que se diferencian entre sí, por sus dimensiones.

3.5.3. Modelado del bastidor

El bastidor, es el sistema estructural sobre el cuál se colocará el módulo de montaje y desmontaje, que para este caso no se requiere cuenta con una alta resistencia ya que las fuerzas que se producen son bajas, razón por la cual se ha seleccionado tubos cuadrados de 1 ¼ sobre la cual se asienta la plancha de acero, la ilustración 3-10 tiene una vista lateral el bastidor se encuentra en sentido horizontal.

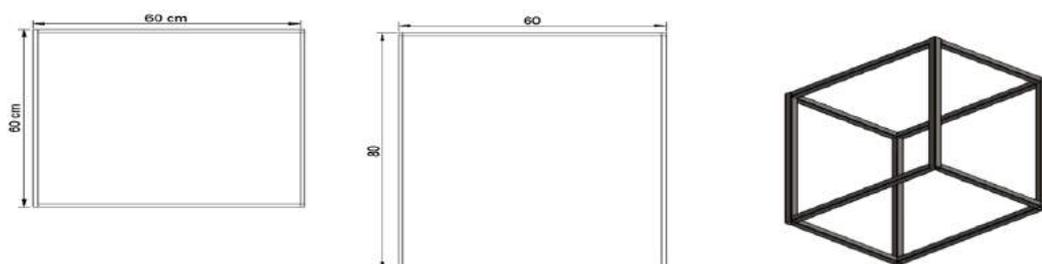


Ilustración 3-9: Estructura y dimensiones del bastidor

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

3.5.4. Modelado de la mesa de trabajo

La estructura que acompaña al bastidor son las paredes y tapas que cubren las caras de la mesa, misma que contará con dos puertas frontales, así como dos paredes laterales que se pueden extender aumentando las dimensiones de la estructura hasta en 20 cm, como se muestra a continuación:

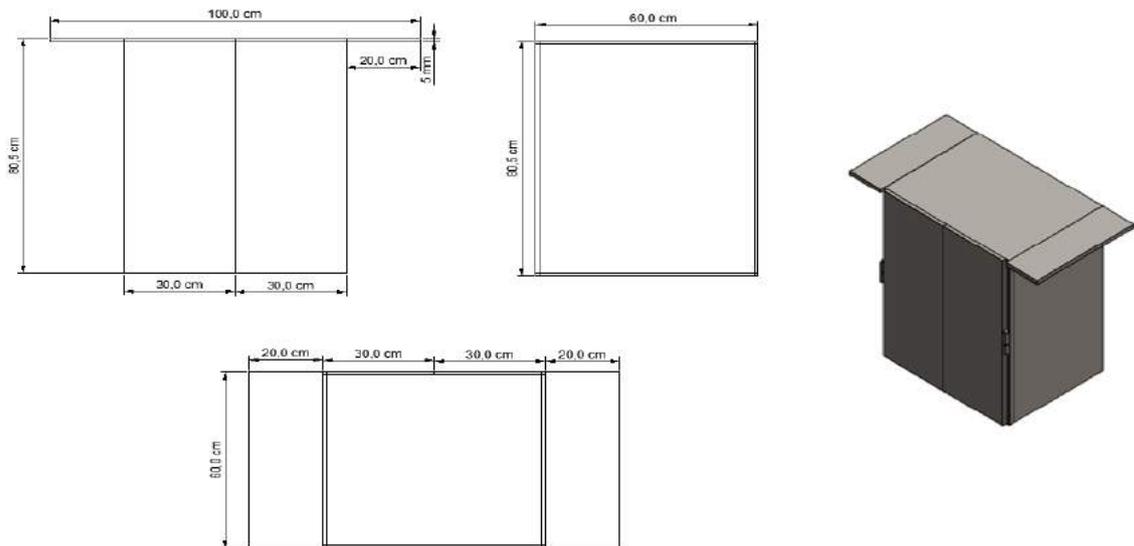


Ilustración 3-10: Diseño de la mesa de trabajo

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

En las siguientes Ilustraciones, se muestra el análisis de cargas de la estructura se utilizó el método de elementos finitos, para lo cual se identifica y localizan las fuerzas que interactúan en la superficie de la mesa del bastidor en puntos específicos.

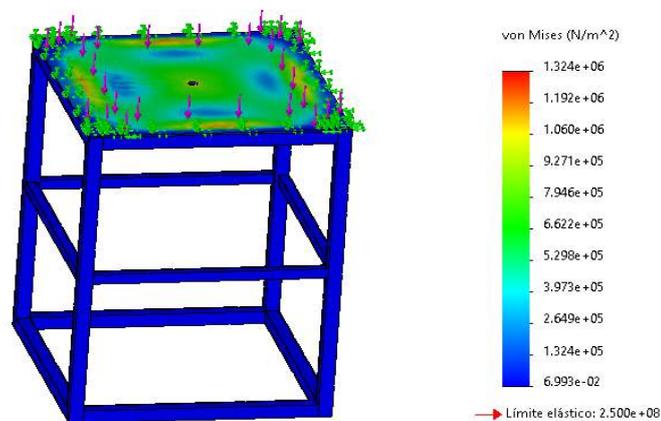


Ilustración 3-11: Fuerzas que se ejercen sobre la estructura

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

El análisis se basa en un criterio de falla en elementos estáticos, es decir el nivel de formación que se evidencia es de $1.920e-02$ mm, lo cual se puede visualizar en la escala ESTRN, mientras tanto en color rojo se identifica los valores en los cuales la estructura colapsa.

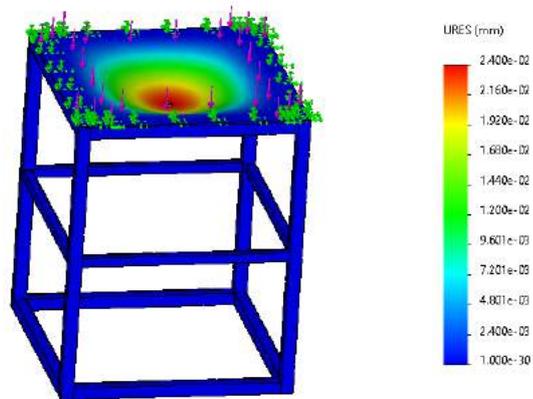


Ilustración 3-12: Deformación de la estructura

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

3.5.5. *Modelado del módulo*

Para realizar el montaje y desmontaje de los rodamientos se diseñó, una estructura metálica de forma hexagonal con diferentes diámetros de rodamientos. Sin embargo, para los ejes se consideró el diámetro de los orificios en el hexágono de 32mm. Para cada cara que conforma el hexágono es 130 mm por lado.

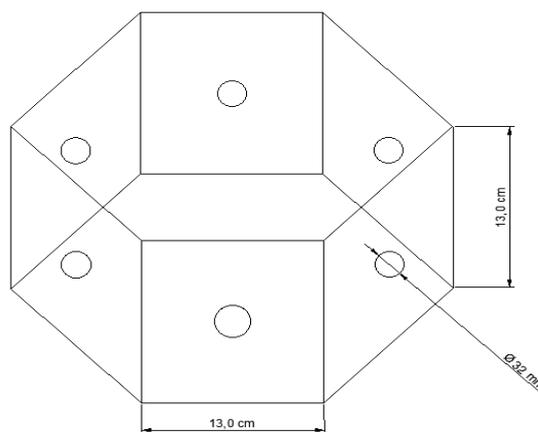


Ilustración 3-13: Diseño del módulo de montaje y desmontaje

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022

En la siguiente ilustración se puede identificar el número de agujeros que posee el hexágono en la parte inferior donde se ubica la mesa y la bola de acero que permite anclar para darle mayor facilidad de movimiento y ubicación del eje al momento de girar el hexágono, el diámetro es de 10 mm.

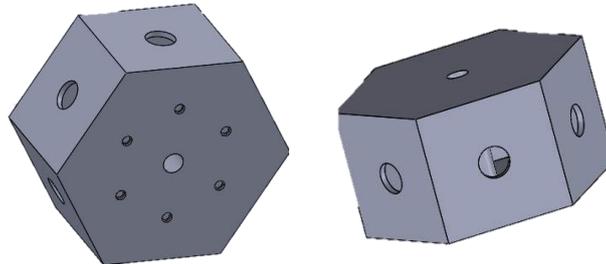


Ilustración 3-14: Vistas superior e inferior del módulo

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En la siguiente ilustración se puede ver una vista frontal del eje que se ubica en el centro del hexágono y permite seleccionar cada uno de los ejes existentes en el módulo, además se aprecia la palanca de seguridad superior.

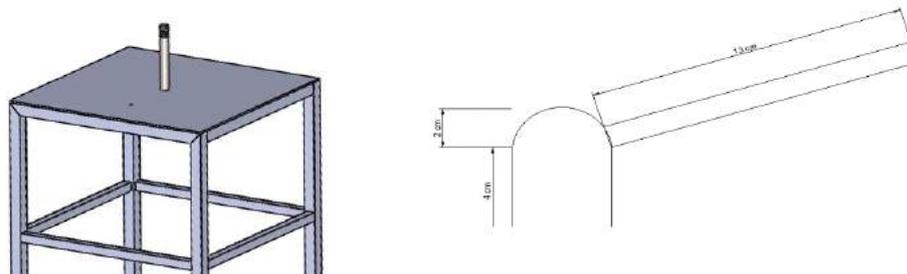


Ilustración 3-15: Diseño del eje de transmisión y palanca de accionamiento

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

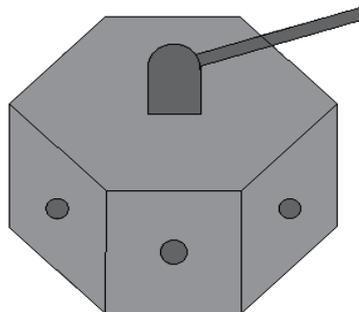


Ilustración 3-16: Vista lateral superior del hexágono y el seguro

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Nombre del modelo: HEXAGONO CON EJES
Nombre de estudio: S-ESFUERZO-HEXAGONO(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático (Tensión modal Tensiones)
Escala de deformación: 62,6185

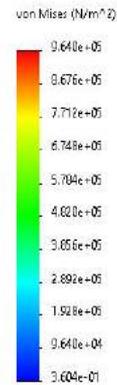
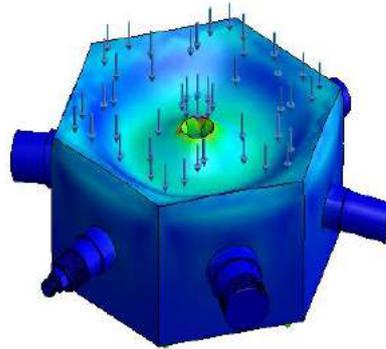


Ilustración 3-17: Fuerzas que se ejercen sobre el módulo

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En el análisis de esfuerzos de la Ilustración 3-17, se puede apreciar que la escala de deformación de este componente inicia a los $7.712e+05$ N/m, sin embargo, cuando colapsa se puede apreciar en la escala en el color rojo; mientras tanto en la Ilustración 3-18, la deformación es de $4,461e-04$ mm.

Nombre del modelo: HEXAGONO CON EJES
Nombre de estudio: S-ESFUERZO-HEXAGONO(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático (Desplazamientos)
Escala de deformación: 62,6185

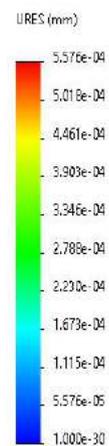
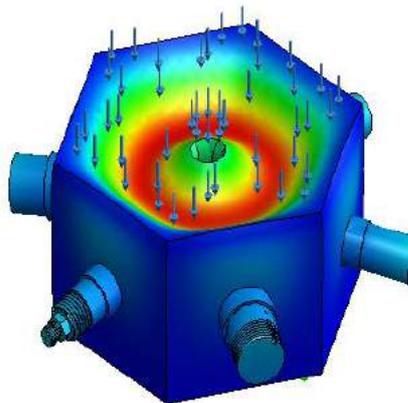


Ilustración 3-18: Deformación sobre el módulo

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.5.6. Modelado de los ejes

En las Ilustraciones que se muestran a continuación se revelan las zonas críticas efectivas en los diferentes ejes que forman parte del módulo, para lo cual se procedió a aplicar una fuerza de 25 Nm para el análisis de deformación en todos los ejes.

3.5.6.1. Primer eje

A continuación, se presentan las dimensiones del primer eje y los niveles de deformación aplicando 25 N/m². Se puede apreciar una vista lateral horizontal del eje 1. Para este eje se ha considerado el montaje y desmontaje de un rodamiento de rodillos a rótula sobre el manguito de fijación con ajuste por el método de reducción de juego.

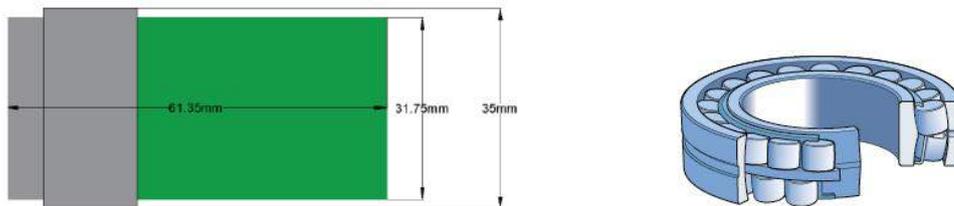


Ilustración 3-19: Medidas y diseño del eje 1 para el rodamiento de rodillos a rótula

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Para el análisis de esfuerzos se puede apreciar que en el eje se tiene un valor de $6.771e+06$ N/m² en donde el eje con mayor concentración de esfuerzos y en la zona que se encuentra en color rojo.

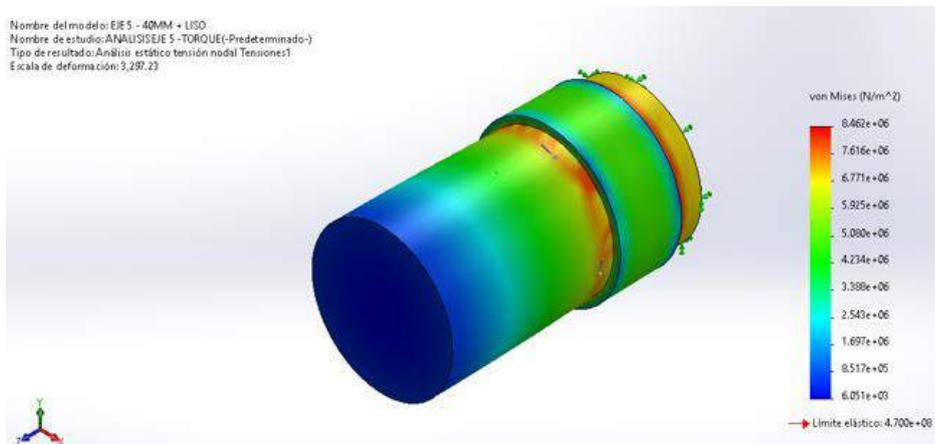


Ilustración 3-20: Fuerzas y deformación del eje 1

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.5.6.2. Segundo eje

El segundo eje es considerado para la práctica de montaje y desmontaje de un rodamiento de bolas a rótula sobre el manguito de fijación con ajuste por el método de ángulo de apriete, a continuación, se puede apreciar especificaciones del mismo.



Ilustración 3-21: Medidas y diseño del eje 2 para el rodamiento de bolas a rótula

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

El eje 2 tiene una perspectiva lateral horizontal de visión, en el cual se puede apreciar que una vez que aplicado un análisis de esfuerzos el eje inicia la deformación en $1.823e+06$ N/m², sin embargo, se puede apreciar a mayor detalle los niveles de mayor concentración de esfuerzos en color rojo.

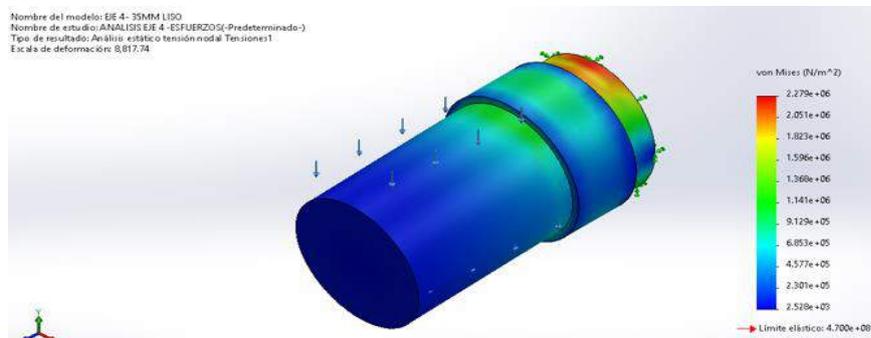


Ilustración 3-22: Fuerzas y deformación del eje 2

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.5.6.3. Tercer eje

Este eje se consideró para el análisis de montaje y desmontaje de un rodamiento de rodillos a rótula sobre eje cónico mediante técnicas hidráulicas con ajuste del juego axial mediante el método de tiro axial.

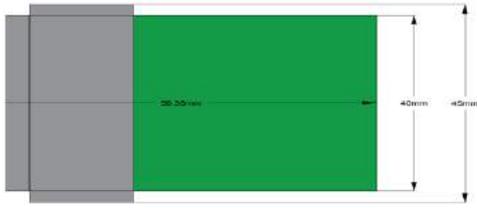


Ilustración 3-23: Medidas y diseño del eje 3 para rodamiento de rodillos a rótula

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En la ilustración se 3-24 y 3-25 se puede apreciar una perspectiva lateral horizontal del eje 3 en el cual se establece los criterios de análisis de deformación donde en los $2.166e+05 \text{ N/m}^2$ y la escala en color rojo se aprecia una mayor cantidad de esfuerzo en el eje.

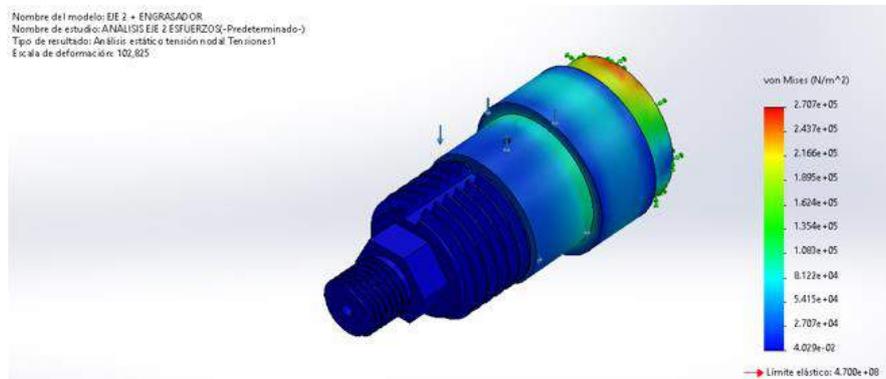


Ilustración 3-24: Fuerzas y deformaciones del eje 3

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.5.6.4. Cuarto eje

El eje 4, se consideró para la práctica del montaje y desmontaje de un rodamiento de rodillos cilíndricos con ayuda de técnicas hidráulicas y calentamiento de aro. A continuación, se puede apreciar el diseño:

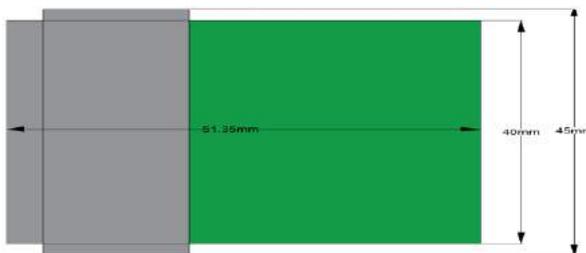


Ilustración 3-25: Medidas y diseño del eje 4 para rodamiento de rodillos cilíndricos

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En la ilustración 3-25, se puede apreciar una vista lateral horizontal del diseño del eje 4, el cual se puede apreciar que la deformación del mismo inicia a los $2.471e+06 \text{ N/m}^2$ sin embargo, en la escala de colores se puede apreciar con mayor detalle el rango de operación y se concentra una mayor cantidad de esfuerzos.

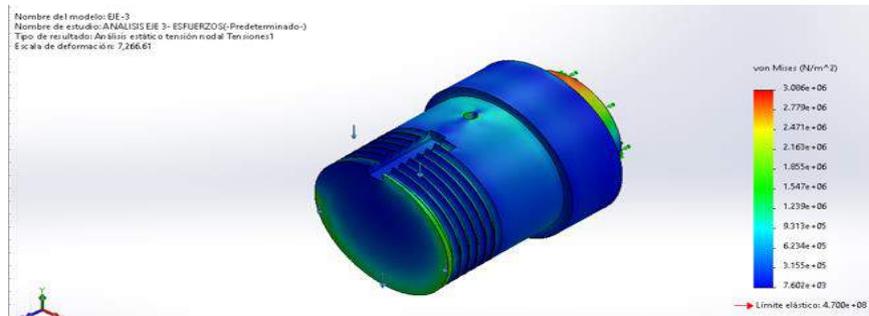


Ilustración 3-26: Fuerzas y deformación del eje 4

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.5.6.5. Quinto eje

El diseño de este eje fue considerado para el montaje del rodamiento mediante la ayuda de un calentador y desmontaje mediante un extractor de un rodamiento rígido de bolas.

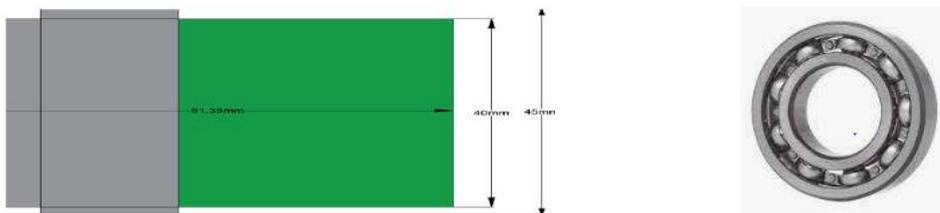


Ilustración 3-27: Medidas y diseño del eje 5 para el rodamiento rígido de bolas

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

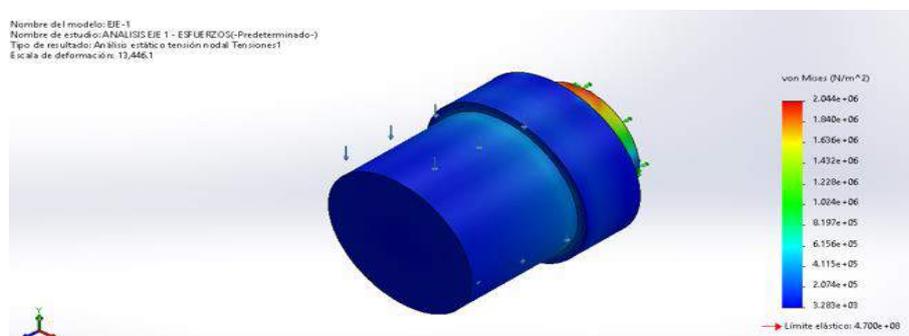


Ilustración 3-28: Fuerzas y deformación del eje 5

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En la Ilustración 3-28, se puede apreciar una perspectiva lateral horizontal del eje 5 en el cual se aplicó un análisis de esfuerzos para evaluar los niveles de deformación del material y se obtuvo que a los $1.636e+06 \text{ N/m}^2$, inicia la deformación sin embargo para un mayor detalle se puede observar la escala de colores donde el rojo representa una mayor concentración de esfuerzos en el eje.

3.5.6.6. Sexto eje

Para el eje 6 se consideró la práctica para montaje y desmontaje de una rueda sobre un par de rodamientos de rodillos cónicos colocados parte posterior con parte posterior y ajuste del juego.

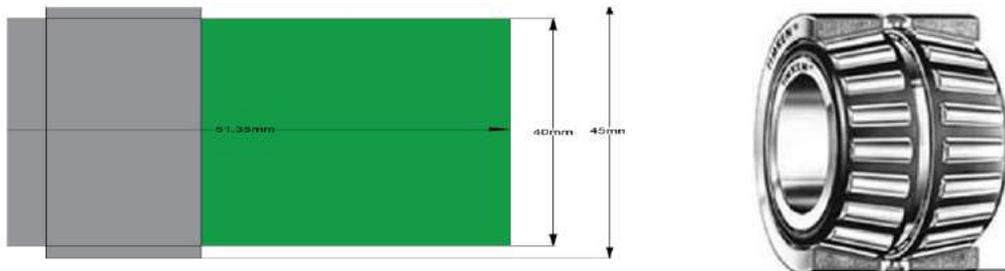


Ilustración 3-29: Medidas y diseño del eje 6

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

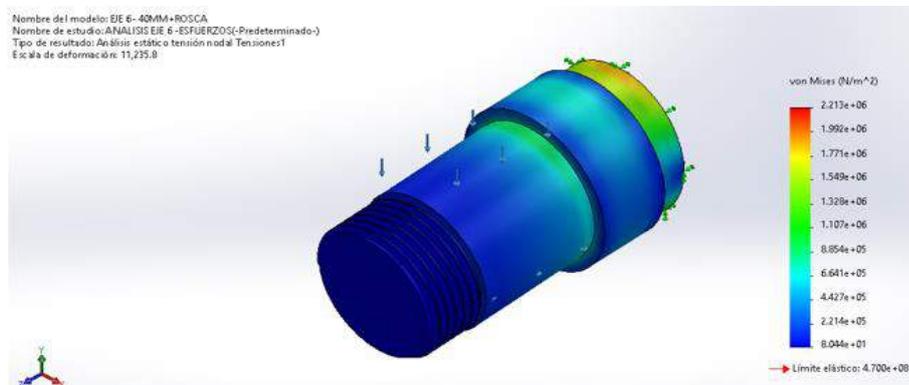


Ilustración 3-30: Fuerzas y deformación del eje 6

Fuente: (SolidWorks, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En la Ilustración 3-29, se puede apreciar una visión lateral horizontal del eje, con sus respectivas dimensiones. Adicionalmente en la Ilustración 3-30, se puede apreciar los niveles de concentración de esfuerzos que para este caso es de $11.238,8 \text{ N/m}^2$. En el desarrollo de este análisis y para un mayor detalle de los rangos de un estado adecuado del material se puede apreciar la escala de colores el cual el color rojo es donde prácticamente el material colapsa en los valores establecidos.

3.6. Elementos utilizados

Entre los elementos que se utilizaron tenemos:

- Ejes acero 705
- Electrodo interno 7018, externo 6011
- Planchas de hierro dulce $\frac{1}{4}$ de pulgada, pared de 2 mm
- Garruchas de 10cm

3.6.1. Ejes de acero ASTM A36



Ilustración 3-31: Ejes de acero ASTM A36

Fuente: (Import aceros, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

El acero ASTM A36 se compone de varios tipos de metales, que tienen las ventajas de alta dureza, buena resistencia al desgaste, resistencia a la explosión y alta temperatura de ablandamiento. Este acero es ideal para hacer uso de las piezas de equipos de soldadura de resistencia, empuñaduras de electrodos, ejes y materiales de junta, o moldes y accesorios grandes para máquinas de soldadura de proyección, entre otros, y en este caso se empleará como ejes del módulo.

3.6.2. Planchas de hierro dulce $\frac{1}{4}$ de pulgada



Ilustración 3-32: Planchas de hierro dulce $\frac{1}{4}$ de pulgada

Fuente: (Import aceros, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

El hierro dulce es aquel hierro que no tiene aleación con otros metales, ni está mezclado con otros tipos de minerales, es fácil de trabajar y una de sus principales características es que puede ser forjado al rojo vivo y se endurece y enfría rápidamente.

3.6.3. *Electrodo 7018*



Ilustración 3-33: Electrodo 7018

Fuente: (Import aceros, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

El electrodo 7018, se usará para las soldaduras internas del módulo ya que es un tipo de soldadura bajo hidrógeno, con adiciones de polvo de hierro en el recubrimiento para incrementar su rendimiento; es adecuado para soldar en todas posiciones, posee propiedades mecánicas elevadas y es adecuado para trabajar a temperaturas de hasta 500°C.

3.6.4. *Electrodo 6011*



Ilustración 3-34: Electrodo 6011

Fuente: (Import aceros, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

El electrodo 6011 se usó en la parte exterior del módulo, posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal facilita la soldadura en vertical.

3.6.5. Garruchas



Ilustración 3-35: Garruchas

Fuente: Kiwi (2023)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Las garruchas, se emplearán como patas de la mesa de trabajo ya que permitirá su movilización en caso de requerirla, así como también la ventaja de contar con unos seguro que trabarán las ruedas para dejarlas estáticas y no permitan su movimiento.

3.7. Herramientas requeridas

3.7.1. Extractor de rodamientos



Ilustración 3-36: Extractor de rodamientos

Fuente: BP (2023)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Un extractor de rodamientos es una herramienta que sirve para desmontar y extraer rodamientos y otros elementos que dependiendo del diámetro de los rodamientos se requerirá para extraer de manera fácil y sencilla el rodamiento de su eje de acero.

3.7.2. *Llaves de gancho ajustables*



Ilustración 3-37: Llaves de gancho ajustables

Fuente: BP (2023)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Permite apretar o aflojar de manera sencilla los rodamientos, las llaves son ajustables. Su material es de acero endurecido ya que permite su uso de manera segura evitando aislamientos.

3.7.3. *Mango de desmontaje*



Ilustración 3-38: Mango de desmontaje

Fuente: BP (2023)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Los mangos de desmontaje se utilizan para montar rodamientos con un agujero cónico sobre el asiento cilíndrico de los ejes escalonados. Este mango se inserta a presión en el agujero del aro interior del rodamiento, que hace tope con un resalte del eje o un componente fijo similar, se fija sobre el eje mediante una tuerca o una placa de fijación.

3.7.4. Tuercas y placas de fijación



Ilustración 3-39: Tuercas y placas de fijación

Fuente: BP (2023)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Las tuercas y placas o arandelas de fijación ayudan a mantener el rodamiento fijo y seguro en su eje, primero se coloca la arandela o placa de fijación seguida de la tuerca que se debe ajustar posteriormente con el mango de desmontaje.

3.8. Cálculos

A continuación, se enlistan una serie cálculos necesarios para el correcto funcionamiento del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

3.8.1. Deformaciones

Las deformaciones observadas experimentalmente en las barras sometidas a torsión muestran un giro de las secciones rectas respecto al eje de la barra. Si se dibuja una malla sobre la barra, como se indica en la ilustración, se aprecia una deformación.

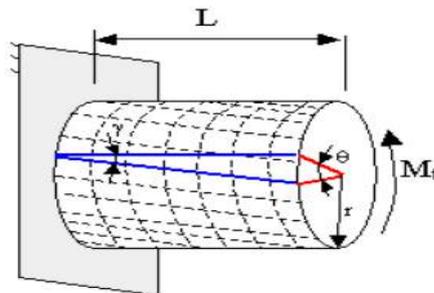


Ilustración 3-40: Deformación angular

Fuente: (Solid Works 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

La deformación angular de las generatrices y está relacionada con el giro de las secciones Θ según la expresión:

$$\text{Ecuación} \quad y = \frac{\Theta \cdot r}{L} \quad (1.3)$$

Esta deformación angular es máxima en la periferia y nula en el centro, existiendo un valor de deformación para cada posición radial p , que crece linealmente con el radio:

$$\text{Ecuación} \quad y(p) = y \cdot \frac{p}{r} \quad (2.3)$$

3.8.2. *Coefficiente de seguridad*

El coeficiente de seguridad n_s , es un índice de la seguridad que cabe esperar de un determinado diseño desde el punto de vista de su resistencia mecánica. (DEUSTO, 2020). La forma más usual de definir el coeficiente de seguridad de un diseño mecánico es una de las siguientes:

Como cociente entre la resistencia del material (S) y la tensión realmente existente (σ):

$$\text{Ecuación} \quad n_s = \frac{S}{\sigma} \quad (3.3)$$

Como cociente entre la fuerza última o máxima para un funcionamiento correcto (F_u) y la fuerza realmente existente (F):

$$\text{Ecuación} \quad n_s = \frac{F_u}{F} \quad (4.3)$$

En elementos mecánicos, existen dos alternativas para incluir un coeficiente de seguridad en el diseño:

- Incrementar las fuerzas realmente esperadas, multiplicándolas por el coeficiente de seguridad.
- Minorar la resistencia realmente esperable del material, dividiéndola por el coeficiente de seguridad (coeficiente de seguridad de minoración de resistencia).

Un valor del coeficiente de seguridad superior a la unidad indica seguridad ante el fallo, tanto mayor, cuanto más elevado sea su valor, mientras que un valor inferior a la unidad indica

inseguridad o probabilidad elevada de que ocurra el fallo. En función de la variabilidad de las cargas aplicadas y las propiedades del material, cada valor del coeficiente de seguridad se puede asociar a una probabilidad de fallo o de supervivencia de la pieza en análisis.

3.8.3. Cálculos de esfuerzo cortante

Se conoce como esfuerzo cortante al que resulta de aplicar dos fuerzas paralelamente a una superficie y en sentido contrario. De esta forma se puede dividir a un objeto en dos partes, haciendo que las secciones deslicen una sobre otra. (Torres, 2021)

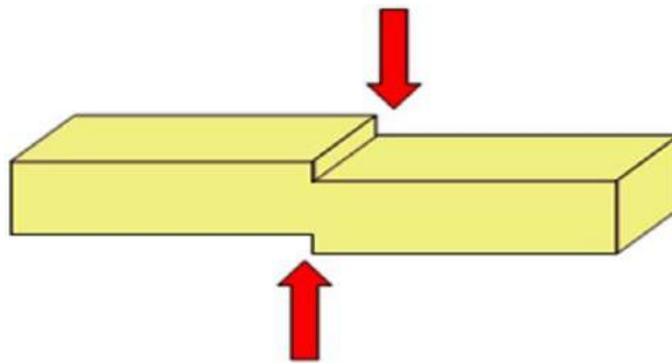


Ilustración 3-41: Esfuerzos cortantes

Fuente: (Torres, 2021)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En los esfuerzos cortantes se toma en cuenta no solamente la fuerza, sino también el área sobre la que actúa. El esfuerzo cortante se denota con la letra griega τ (tau) y se calcula como el cociente entre la magnitud de la fuerza aplicada F y el área A de la superficie sobre la cual actúa:

Ecuación
$$\tau = \frac{F}{A} \quad (5.3)$$

El esfuerzo así calculado es el que produce una fuerza promedio sobre la superficie en cuestión, ya que la fuerza no actúa sobre un punto único de la superficie, sino distribuida sobre toda ella y no de manera uniforme. Sin embargo, la distribución puede representarse mediante una fuerza resultante actuando sobre un punto en particular.

3.8.4. Tolerancias de los ejes

Para determinar cuáles son las tolerancias de los ejes es necesario conocer antes que es la tolerancia, pues en nociones de metrología, una magnitud no se puede dar de forma exacta, siendo

preciso señalar un intervalo en el que se pueda asegurar, que se encuentra la medida obtenida, con un elevado nivel de confianza; que para el caso del eje sus dimensiones interiores y exteriores son:

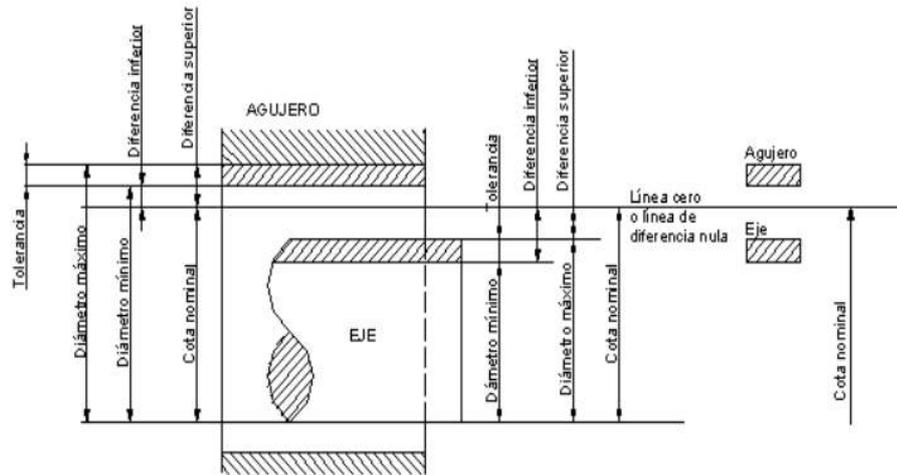


Ilustración 3-42: Identificaciones de tolerancias en ejes y agujeros

Fuente: (Benitez, 2017)

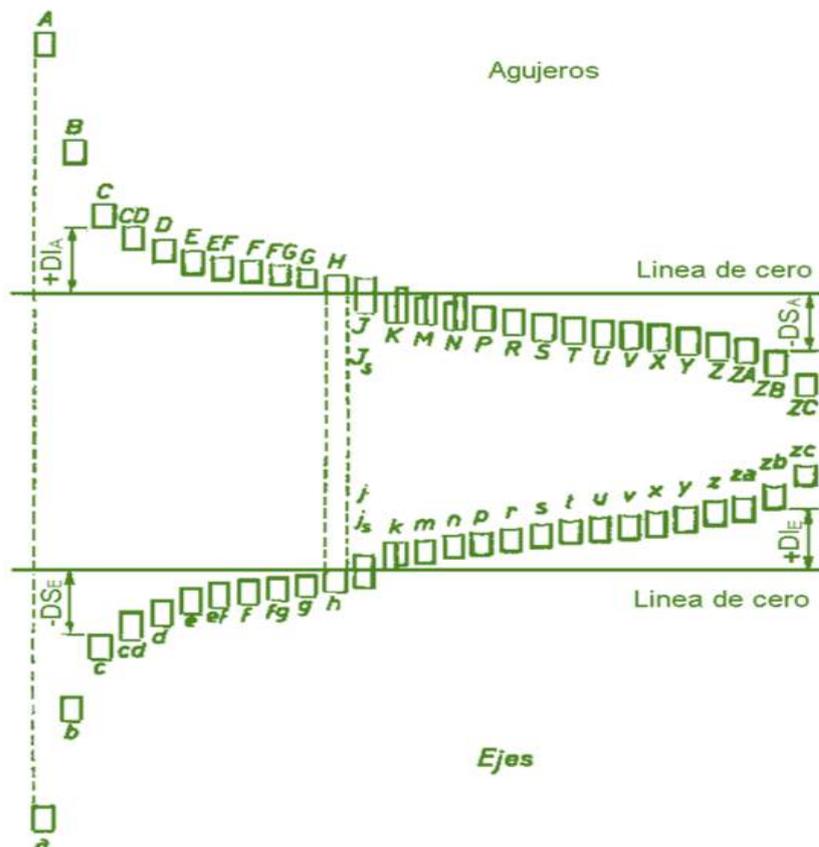


Ilustración 3-43: Tolerancias según niveles para agujeros y ejes

Fuente: (Benitez, 2017)

Para el módulo se considerarán tres diferentes tipos de diámetros, de la siguiente manera:

- Pequeño: $d \leq 80$ mm
- Mediano: $d > 80$ mm y $d < 200$ mm
- Grande $d \geq 200$ mm

DIÁMETRO (mm)	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
$d \leq 3$	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4,5	7	10	14	20	29	45	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$250 < d \leq 315$	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Ilustración 3-44: Tolerancias según NTE INEN 59: 1976

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

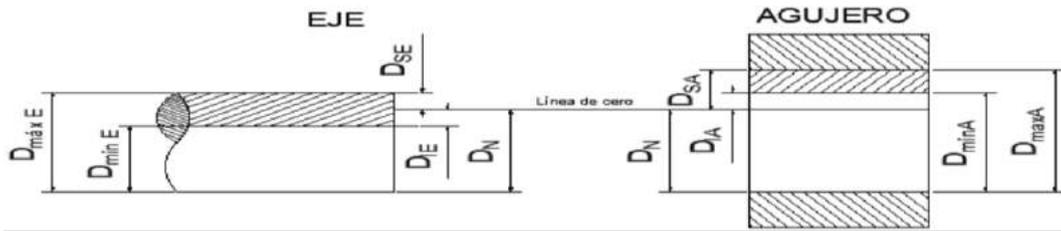


Ilustración 3-45: Cotas existentes según tolerancias de ejes y agujeros

Fuente: (Benitez, 2017)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Las denominaciones expresadas en la anterior ilustración, se detalla a continuación:

- D_N = Diámetro nominal
- $D_{máx E}$ = Diámetro máximo eje
- $D_{mín E}$ = Diámetro mínimo eje
- $D_{I E}$ = Desviación inferior eje
- $D_{S E}$ = Desviación superior eje
- $D_{máx A}$ = Diámetro máximo agujero
- $D_{mín A}$ = Diámetro mínimo agujero
- $D_{I A}$ = Desviación inferior agujero
- $D_{S A}$ = Desviación superior agujero

El eje tiene un diámetro de 40 mm, con una zona de tolerancia que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-12: Grados de tolerancia aceptables para los ejes de rodamientos

GRADO DE TOLERANCIA	Diámetro en micras
IT 01	0,6
IT 0	1
IT 1	1,5
IT 2	2,5
IT 3	4
IT 4	7
IT 5	11
IT 6	16
IT 7	25
IT 8	39
IT 9	62
IT 10	100
IT 11	160
IT 12	250
IT 13	390
IT 14	620
IT 15	1000
IT 16	1600

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Para el cálculo del diámetro máximo y mínimo de los ejes se obtuvieron los siguientes valores:

$D_{\text{máx E}}$ = Diámetro máximo eje

$$D_{\text{máx E}} = 40 \text{ mm} + 0 = 40 \text{ mm}$$

$D_{\text{mín E}}$ = Diámetro mínimo eje

$$D_{\text{mín E}} = 40 \text{ mm} - 0,062 = 39,938 \text{ mm}$$

Para el cálculo del diámetro de los agujeros es decir de los rodamientos, se determina que:

$D_{\text{máx E}}$ = Diámetro máximo rodamiento

$$D_{\text{máx E}} = 40 \text{ mm} + 0 = 40 \text{ mm}$$

$D_{\text{mín E}}$ = Diámetro mínimo rodamiento

$$D_{\text{mín E}} = 40 \text{ mm} - 0 = 40 \text{ mm}$$

Esto quiere decir que, el diámetro óptimo del rodamiento es de 40 mm.

3.8.4.1. Ajustes para cada eje

A continuación, se muestra una tabla con las tolerancias y ajustes por cada eje localizado en el módulo de montaje y desmontaje.

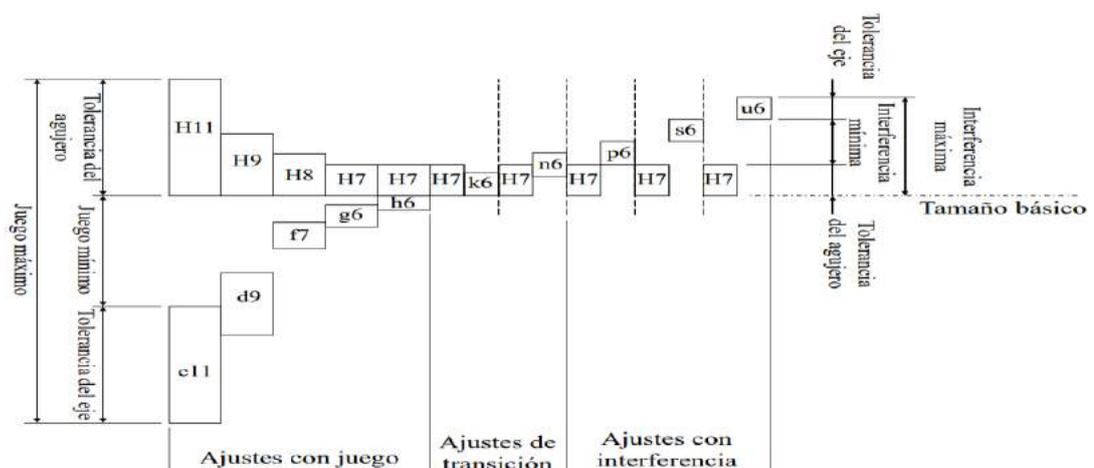


Ilustración 3-46: Ajustes por tolerancias de ejes y agujeros

Fuente: (Benitez, 2017)

EJES	TOLERANCIA			AJUSTE	
	IT 01	IT 0	IT 1		
EJE 1	0,6	1	1,5	h6	H7
EJE 2	0,6	1	1,5	h6	H7
EJE 3	0,6	1	1,5	h6	H7
EJE 4	0,6	1	1,5	h6	H7
EJE 5	0,6	1	1,5	h6	H7
EJE 6	0,6	1	1,5	h6	H7

Ilustración 3-47: Ajustes por tolerancias de los ejes

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Como se puede observar en la Tabla anterior, se muestran os diferentes niveles de tolerancias que se espera tener en los ejes los mismos que pueden ir variando entre IT 01, IT 0 e IT. Mientras que el al agujero se considera de la medida exacta de 40 mm, los ajustes de los mismos pueden ser entre h6 y H7 dependiendo de la presión o la forma en que se va montar el rodamiento

3.8.5. Diagrama de momento flector

A manera de definición, el momento flexionante o momento flector es una fuerza normalmente medida en una fuerza x longitud (kNm). Los momentos de flexión ocurren cuando se aplica una fuerza a una distancia dada de un punto de referencia; causando una deformación. Básicamente es una fuerza que hace que algo se doble. Entonces, el diagrama del momento flector es una representación gráfica de la alteración en magnitud del momento flector a lo largo de todo el eje de un elemento estructural que ha sido sometido a una cantidad determinada de cargas transversales con ciertas condiciones de apoyo definidas (Koyo, 2020).

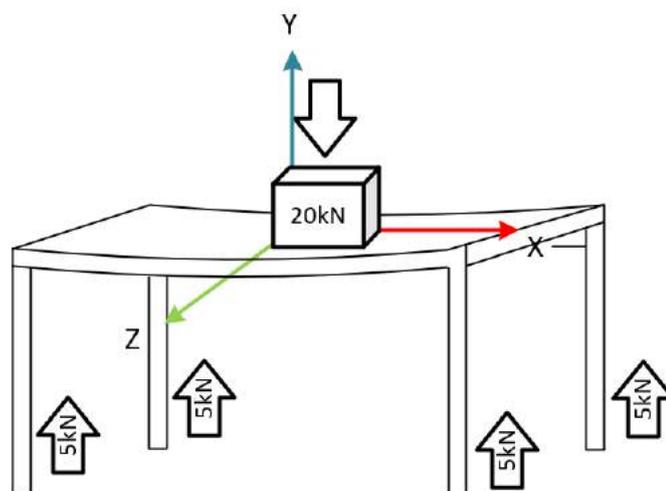


Ilustración 3-48: Diagrama de momento flector

Fuente: (Skyciv, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3.8.6. Cálculo del coeficiente de seguridad

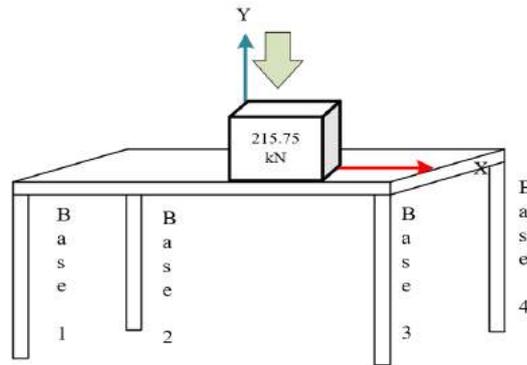


Ilustración 3-49: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: (Skyciv, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

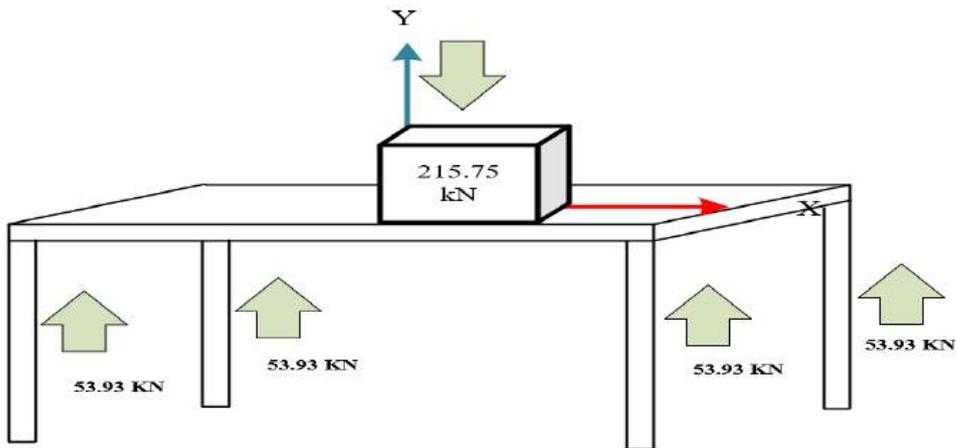


Ilustración 3-50: Diagrama del momento flector

Fuente: (Skyciv, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

$$\sum F=0$$

$$-R_1-R_2+\left(\frac{215,75\text{KN}}{4}\right)=0$$

$$\sum M=0$$

$$-R_1(0)-R_2(0.60)+53,93(0.30)=0$$

$$R_1=26,96 \text{ KN}$$

$$R_2=26,96 \text{ KN}$$

La estructura del bastidor fue tomada a manera de viga empotrada para determinar el momento flector máximo se aplica la fórmula:

Ecuación
$$M = \frac{Q \cdot L}{3} \quad (6.3)$$

Dónde:

- M : Momento flector máximo (Nm)
- Q : Carga que soporta la viga (N)
- L : Longitud de la viga (m)

$$M = \frac{Q \cdot L}{3}$$

$$M_1 = -\frac{26,96 \times 0,6}{3} = -5,592 \text{ KNm}$$

$$M_p = \frac{26,96 \times 0,6}{3} = -5,592 \text{ KNm}$$

$$M_2 = -\frac{26,96 \times 0,6}{3} = -5,592 \text{ KNm}$$

$$M_3 = -\frac{26,96 \times 0,6}{3} = -5,592 \text{ KNm}$$

$$M_4 = -\frac{26,96 \times 0,6}{3} = -5,592 \text{ KNm}$$

El bastidor está conformado de tubo cuadrado, las características de este material se muestran a continuación y sus valores se usarán en futuros cálculos.

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	4.48	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

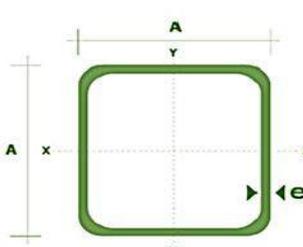


Ilustración 3-51: Características del tubo cuadrado

Fuente: (Import aceros 2023)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

A continuación, se muestran los diagramas de momento flector y esfuerzo cortante para el tubo cuadrado.

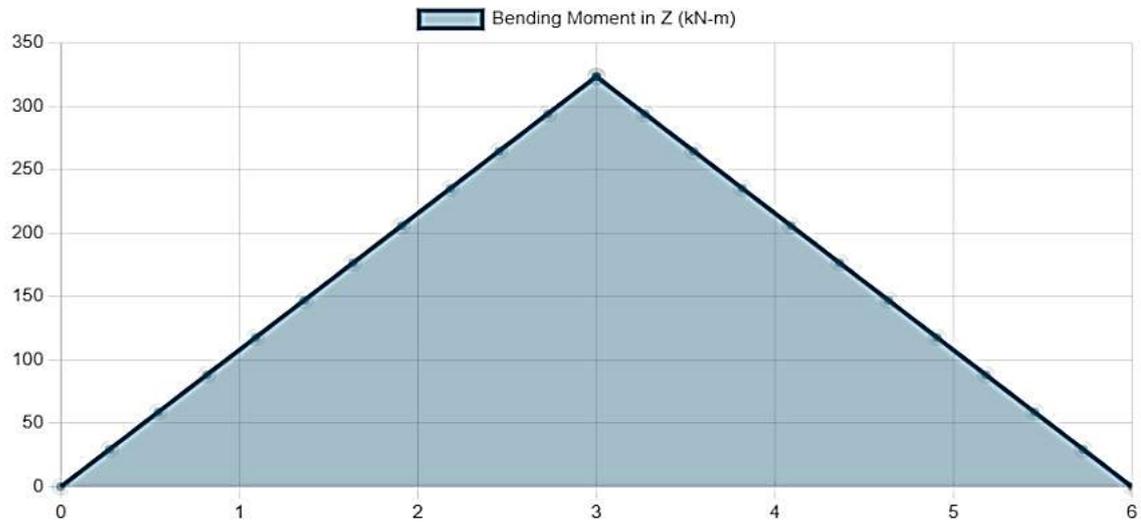


Ilustración 3-52: Diagrama de momento flector

Fuente: (Skyciv, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

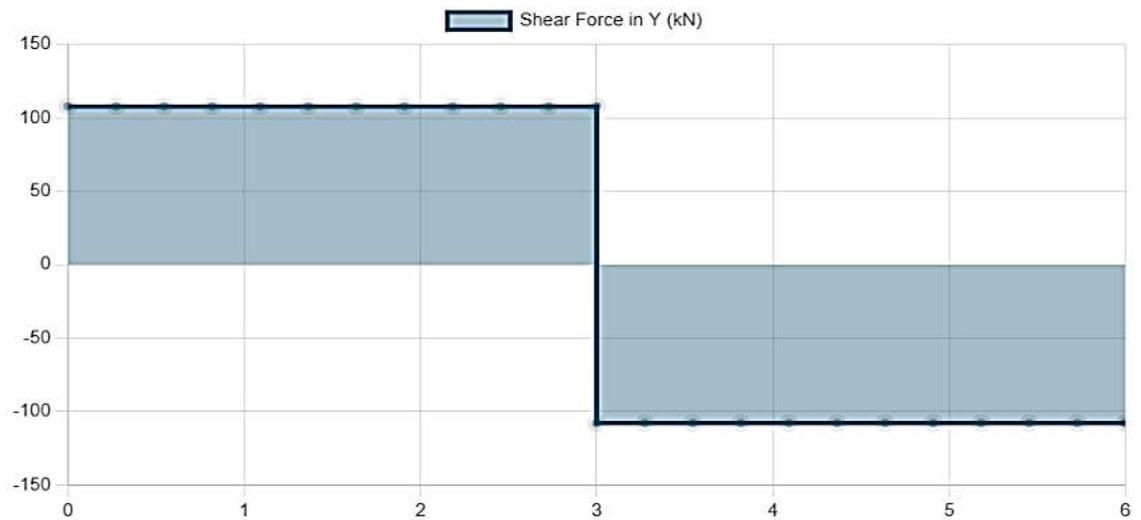


Ilustración 3-53: Diagrama de momento cortante

Fuente: (Skyciv, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Esfuerzo de flexión

Ecuación

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S} \quad (7.3)$$

Donde:

$$\text{Ecuación} \quad s = \frac{C-C_1}{6C} \quad (8.3)$$

- σ_{max} : Esfuerzo flector máximo (Pa)
- M_{max} : Momento máximo (Nm)
- S : Módulo sección (m^3)

$$s = \frac{C-C_1}{6C}$$
$$S = \frac{0,03^4 - 0,026^4}{6 \cdot 0,03} = 1,96 \times 10^{-6} m^3$$
$$\sigma_{max} = \frac{5,53 Nm}{1,96 \times 10^{-6} m^3} = 2,82 \times 10^6 Pa$$

Esfuerzo cortante

$$\text{Ecuación} \quad \tau_{max} = \frac{V \cdot S}{I \cdot b} \quad (9.3)$$

Dónde:

- τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo (Pa)
- V : Fuerza cortante (N)
- S : Módulo sección (m^3)
- I : Momento de inercia (m^4)
- b : Espesor de la sección transversal (m)

$$\tau_{max} = \frac{V \cdot S}{I \cdot b}$$
$$\tau_{max} = \frac{54 N \cdot 1,96 \times 10^{-6} m^3}{2,71 \times 10^{-8} m^4 \cdot 0,05 m}$$
$$\tau_{max} = 78,11 \times 10^3 Pa$$

Para realizar el cálculo del coeficiente de seguridad, se requiere aplicar la teoría de Von Mises que se detalla a continuación:

Ecuación
$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (10.3)$$

Donde:

- σ' : Esfuerzo de Von Mises (*MPa*)
- σ : Esfuerzo principal a flexión (*MPa*)
- τ_{xy} : Esfuerzo principal a corte (*MPa*)

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

$$\sigma' = \sqrt{2,82 \times 10^6 \text{ Pa}^2 + 3 \cdot (78,11 \times 10^3 \text{ Pa})^2}$$

$$\sigma' = 2,823 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Y, con el valor anteriormente calculado se procede con el cálculo del coeficiente de seguridad:

Ecuación
$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (11.3)$$

Dónde:

- n : Coeficiente de seguridad (Adimensional)
- S_y : Esfuerzo de fluencia del material (*MPa*)
- σ' : Esfuerzo de Von Mises (*MPa*)

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

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{2,823 \text{ MPa}}$$

$$n = 88,5$$

El coeficiente de seguridad es muy alto ya que las cargas que soporta la estructura son despreciables

Coefficiente de seguridad de los ejes

Los ejes serán los que conecten las diferentes caras del hexágono con los rodamientos.

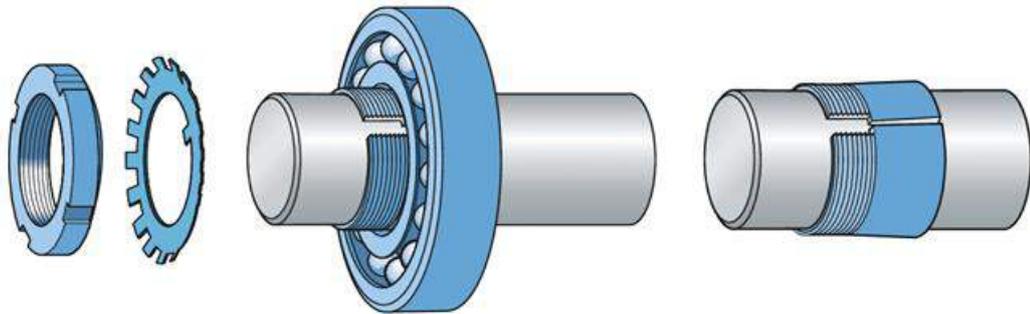


Ilustración 3-54: Elementos usados para el montaje de rodamientos

Fuente: (Solid Works, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Para el cálculo del coeficiente de seguridad del eje se lo analiza como una viga en voladizo con la aplicación de su carga crítica. En el diagrama de cuerpo libre la carga aplicada en el eje es de $W = 3 \text{ kg} = 29,4 \text{ N}$ con un momento de torsión $T = 15 \text{ Nm} = 15000 \text{ Nmm}$.

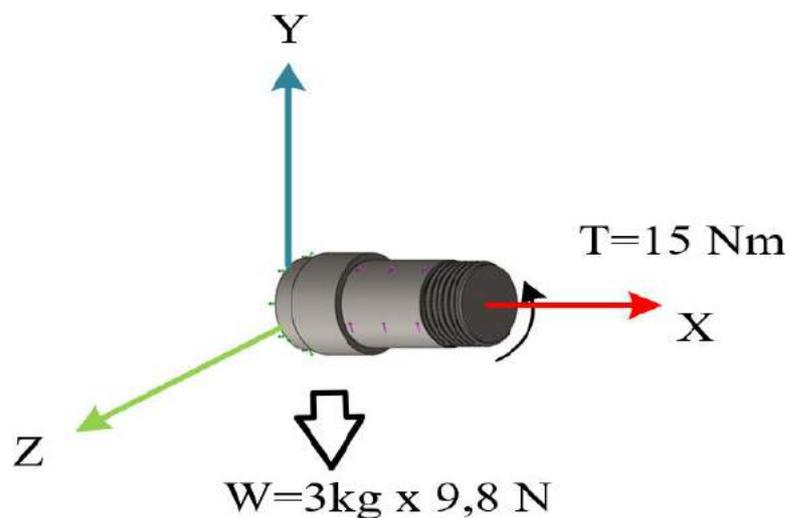


Ilustración 3-55: Diagrama de cuerpo libre de los ejes

Fuente: (Geogebra, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Para determinar el coeficiente de seguridad en el eje se utiliza el criterio de ASME B106.1M cuya ecuación se muestra a continuación:

$$\text{Ecuación} \quad \frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{k_f \cdot M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{k_f \cdot M_m}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_m}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (12.3)$$

Donde:

- n : Coeficiente de seguridad (*Adimensional*)
- d : Diámetro del eje (*mm*)
- k_f : *Factor* concentración de esfuerzo por fatiga de esfuerzo de la flexión (*Adimensional*)
- k_{fs} : *Factor* Concentración de esfuerzo por fatiga de esfuerzo de la torsión (*Adimensional*)
- M_a : Momento equivalente amplitud (*MPa*)
- M_m : Momento equivalente medio (*MPa*)
- T_a : Esfuerzo equivalente amplitud (*MPa*)
- T_m : Esfuerzo equivalente medio (*MPa*)
- S_e : Límite a la fatiga (*MPa*)

Se calcula los momentos y esfuerzos que influyen en el eje:

$$\text{Ecuación} \quad M_{\max} = W \cdot L \quad (13.3)$$

Donde:

- M_{\max} : Momento máximo (*Nmm*)
- W : Carga (*N*)
- L : Longitud (*mm*)

$$W = 29,4 \text{ N}$$

$$M_{\max} = W \cdot L$$

$$M_{\max} = 29,4 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = 1764 \text{ Nmm}$$

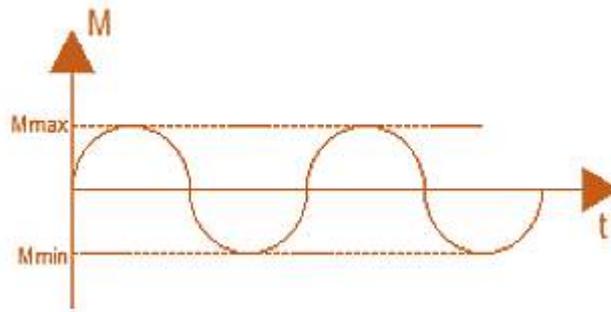


Ilustración 3-56: Diagrama de momento máximo y mínimo

Fuente: (Geogebra,2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Mediante el diagrama de momentos se puede determinar que el momento medio es $M_m = 0$ y el momento amplitud $M_a = 1764 \text{ N. mm}$.

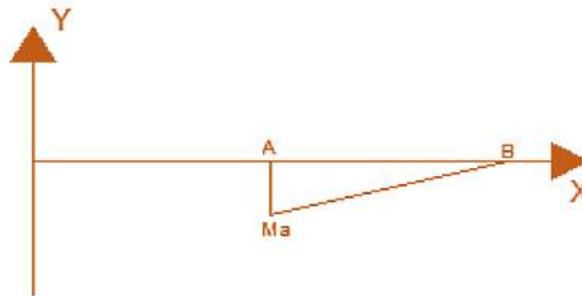


Ilustración 3-57: Diagrama de momento medio

Fuente: (Geogebra,2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

El momento torsor que el eje soporta es de 15000 N.mm el cual se representa de la siguiente manera:



Ilustración 3-58: Diagrama de momento torsor

Fuente: (Geogebra,2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Con este valor se calcula los momentos torsesos medio y amplitud. El momento torsor medio equivale a $T_m = 1500 \text{ N. mm}$ y el momento torsor amplitud $T_m = 0$.

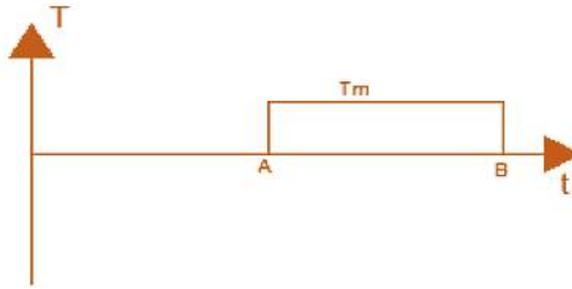


Ilustración 3-59: Diagrama de momento torsor medio y amplitud

Fuente: (Geogebra,2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Se puede observar en el diagrama de cuerpo libre del eje que en punto crítico es el punto A, con los valores previamente calculados se determina el coeficiente de seguridad, base a la ecuación (10.3)

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{k_f \cdot M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{k_f \cdot M_m}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_m}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left[4 \left(\frac{k_f \cdot M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs} \cdot T_a}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$k_f = 1,7$$

$$k_{fs} = 1,6$$

$$k_{total} = 0,6$$

$$d = 14 \text{ mm}$$

Para asegurar el coeficiente de seguridad se selecciona diversos materiales para asegurar que el eje soporte las cargas analizadas.

Primero se analiza un Acero 1020 cuyas características $S_y = 207 \text{ MPa}$ y $S_{ut} = 397 \text{ MPa}$ = y para determinar el S_e se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación} \quad S_e = S_e' \cdot k_{total} \quad (14.3)$$

Donde:

- S_e : Límite de fatiga (MPa)
- S_e' : Límite de fatiga de la prueba (MPa)
- k_{total} : Factor de concentración de esfuerzo (Adimensional)

Para determinar el límite de la fatiga de la prueba se aplica la ecuación (14.3):

$$Se' = 0,29 \cdot S_{ut}(\text{torsión})$$

Donde:

Se' : Límite de la fatiga de la prueba (MPa)

S_{ut} : Esfuerzo último (MPa)

$$Se' = 0,29 \cdot 379 \text{ MPa} = 109,91 \text{ MPa}$$

$$Se' = 109,91 \text{ MPa} \cdot 0,6 = 65,946 \text{ MPa}$$

Con estos valores calculados se procede con el cálculo del coeficiente de seguridad.

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \cdot 14^3} \left[4 \left(\frac{1,7 \cdot 1764}{65,946} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,6 \cdot 15000}{65,946} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$n = 0,84$$

Este valor es demasiado bajo por lo que se elige otro tipo de material.

Se escoge el acero 750 cuyas características son: $S_y = 655 \text{ MPa}$ y $S_{ut} = 1020 \text{ MPa}$. A continuación, se determina el límite de fatiga y el coeficiente de seguridad.

$$S_e = Se' \cdot k_{\text{total}}$$

$$Se' = 0,29 \cdot S_{ut} = 0,29 \cdot 1020 = 295,8 \text{ MPa}$$

$$S_e = 295,8 \cdot 0,6 = 177,48 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \cdot 14^3} \left[4 \left(\frac{1,7 \cdot 1764}{177,78} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,6 \cdot 15000}{177,48} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$n = 2,27$$

Por lo tanto, se tiene un coeficiente de seguridad igual a $n = 2,27$, que es un valor aceptable, pero para brindar más confiabilidad al diseño se elige otro material.

El acero 4340 templado y recocido presenta las siguientes propiedades: $S_y = 1590 \text{ MPa}$ y $S_{ut} = 1720 \text{ MPa}$. A continuación, se determina el límite de fatiga y el coeficiente de seguridad.

$$S_e = S_e' \cdot k_{\text{total}}$$

$$S_e' = 0,29 \cdot S_{ut} = 0,29 \cdot 1720 = 498,8 \text{ MPa}$$

$$S_e = 498,8 \cdot 0,6 = 299,28 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi \cdot 14^3} \left[4 \left(\frac{1,7 \cdot 1764}{299,28} \right)^2 + 3 \left(\frac{1,6 \cdot 15000}{229,28} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$n = 3,84$$

Este acero presenta un coeficiente de seguridad de 3,84 que brinda la confiabilidad necesaria al diseño.

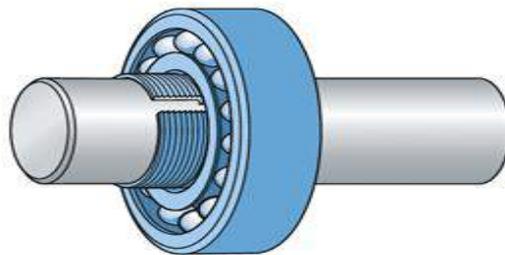


Ilustración 3-60: Tolerancia de los ejes

Fuente: (Solid Works, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Cronograma de actividades para la construcción del módulo en Project

Para el desarrollo de la presente investigación se ha considerado una serie de actividades que permitieron establecer una secuencia de actividades que faciliten el análisis de los criterios del usuario como del ingeniero que planifica la construcción del módulo de pruebas para el montaje y desmontaje de rodamientos.

Tabla 4-1: Planificación en días para la construcción del módulo

Nombre	Duración
Inicio	
Definición de producto	13 días
Recopilación de información específica	8 días
Aseguramiento del diseño cumpliendo requerimientos	5 días
Diseño conceptual	30 días
Funcionamiento global del producto	7 días
Definición de módulos	14 días
Alternativas de solución	5 días
Evaluación mediante criterios	4 días
Diseño de materialización	22 días
Diseño y simulación de elementos mecánicos	15 días
Selección de elementos y construcción	14,5 días
Diseño de detalle	18 días
Documentos utilizados para la construcción	18 días
Fin	

Fuente: (MS Project manager, 2022)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

En la Tabla 4-1: Se puede evidenciar una planificación de 83 días laborables en los cuales se han desarrollado actividades relacionadas con la construcción el módulo de pruebas de montaje y desmóntale de rodamientos que se puede observar en la Ilustración 4-1, sin embargo, con mayor detalle se puede ver en el **ANEXO A**.

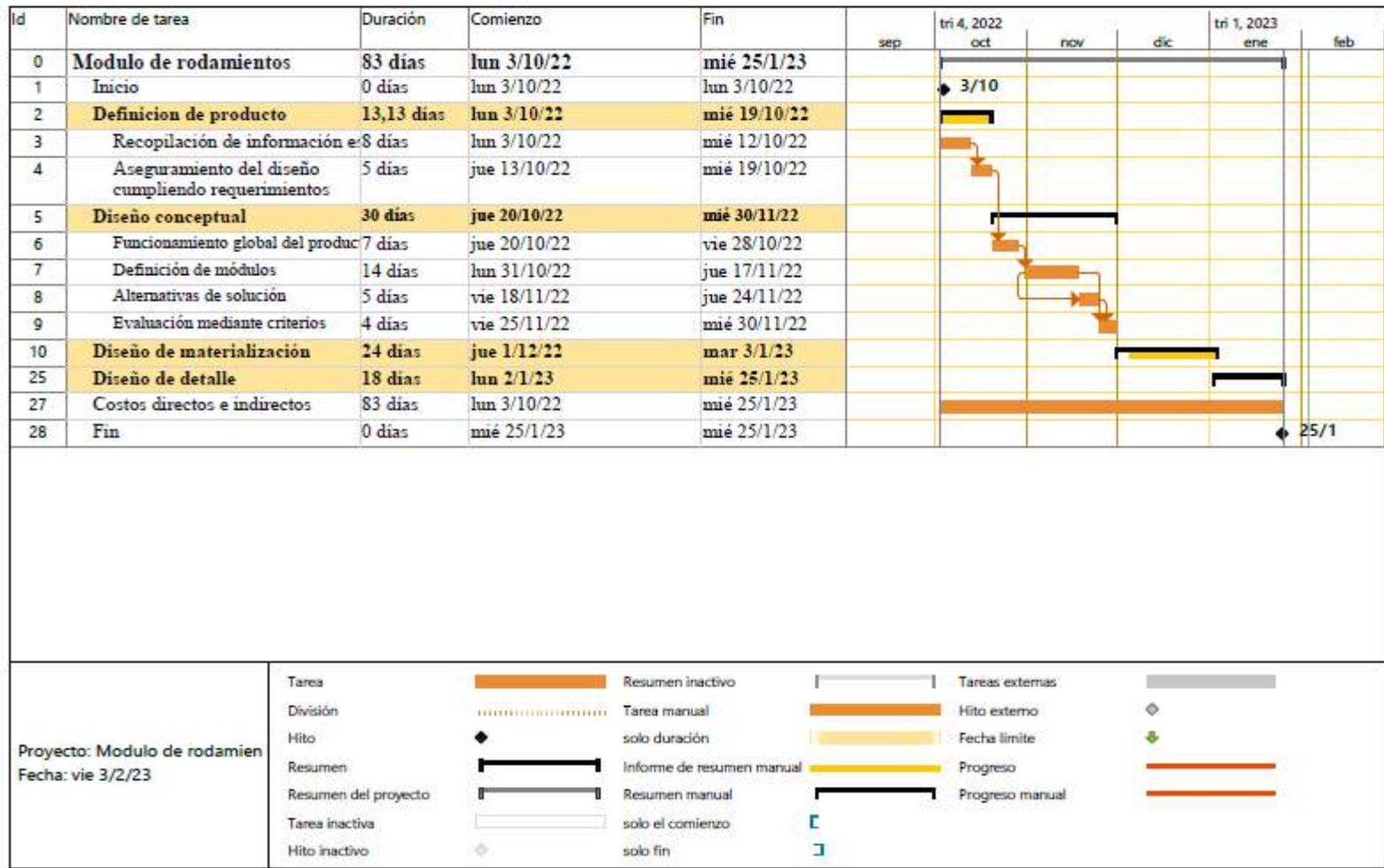


Ilustración 4-1: Cronograma de actividades para la construcción del módulo de pruebas

Fuente: (Project Manager, 2020)

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

4.1.1. Análisis de costos

Tabla 4-2: Costos directos para la construcción del módulo de montaje de rodamientos

Costos Directos		
Cantidad	Nombre	Precio (USD)
2	Plancha metálica ASTM A36 (5mm)	65,00
3	Plancha metálica ASTM A36 (1mm)	50,00
3	Tubo cuadrado de 1 1/4"	50,00
2	Barras de Acero 705	60,00
5	Electrodo 7018	5,00
14	Electrodo 6011	12,00
4	Garuchas 10cm	20,00
6	Rodamientos	200,00
2	Mango de fijación	10,00
2	Tuercas y Placas de fijación	10,00
2	hoja de Lija #80	4,00
2	hoja de Lija #120	4,00
2	Pintura de esmalte (Lt)	25,00
5	Thinner (Lt)	25,00
2	Manijas	2,50
1	aldaba	3,00
2	neplo de 1/4	3,50
1	tarro de Grasa	15,00
1	teflon	1,50
Total		565,5

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla 4-3: Costos directos para la construcción del módulo de montaje de rodamientos

Costos Indirectos	
Nombre	Precio (USD)
Torneado de los ejes	85,00
Alquiler de compresor	50,00
Alquiler de herramientas para montaje de rodamiento	40,00
Transporte - movilización	40,00
Alquiler de prensa	60,00
Elementos de protección personal	15,00
Elementos de medición	25,00
Gastos varios	21,00
Total	336,00

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Se puede establecer que los costos de la fabricación del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos fue de \$ 901,50. Los cuales se dividieron como costos directos e indirectos.

4.2. Descripción de actividades de la simulación vs la construcción.

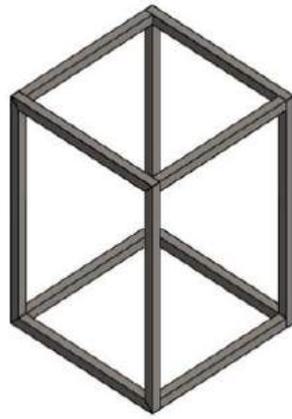


Ilustración 4-2: Construcción de la base

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Descripción: Para la construcción de la base se procedió a ensamblar con tubos de 2 x 2 cm y se utilizó electrodos 7018. Este tipo de electrodo es utilizado para soldaduras que requieren controles radiográficos en todas las posiciones, el arco que emite este electrodo es suave y la pérdida por salpicadura es baja.



Ilustración 4-3: Colocación de la plancha superior

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Descripción: Para la parte superior se colocó una plancha de acero de 5 mm, en la cual se utilizó el electrodo 7018.

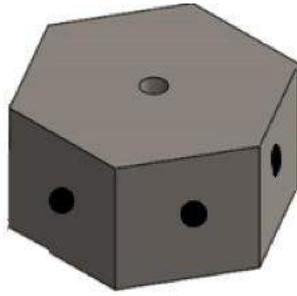


Ilustración 4-4: Construcción del hexágono

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Descripción: Para la construcción del hexágono se utilizó una plancha de acero de 5 mm de grosor y 20 x 20 cm, para cada cara y se utilizó para unir los cortes de metal el electrodo 7018 para la soldadura interna y para el exterior el electrodo 6011.

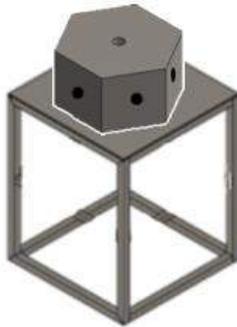


Ilustración 4-5: Colocación del Hexágono para pruebas

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.



Ilustración 4-6: Colocación de los ejes en el hexágono

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Se procedió a colocar los ejes en cada una de las caras del hexágono haciendo un agujero de 32 mm para el soporte entre el eje y las caras del hexágono. Para el efecto se utilizó el electrodo 6011.

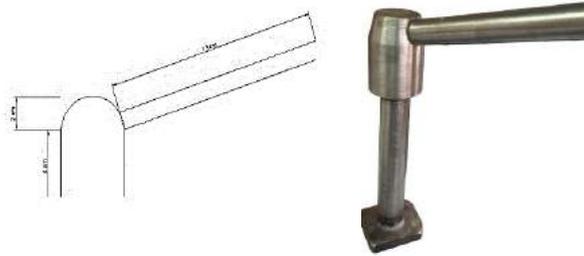


Ilustración 4-7: Construcción del seguro del usuario

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Descripción: Seguro del hexágono se construyó el eje de seguridad y sujeción del hexágono contra la mesa.

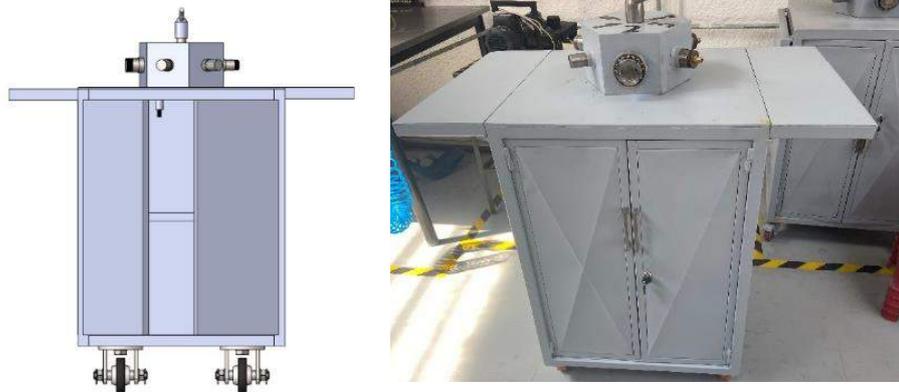


Ilustración 4-8: Colocación de pintura en el módulo

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Descripción: Vista final del módulo de pruebas para montaje y desmontajes de rodamientos colocación del tol lateral de 0,75 mm y pintura acrílica para el recubrimiento.

En esta sección se procedió a elaborar una comparación del ciclo que se consideró en la simulación y la construcción del módulo de pruebas, con lo cual el tiempo empleado fue bien aprovechado debido a que se tiene un cronograma previo.

4.3. Formato de Mantenimiento MTS-TIS

A continuación, se describen las posibles actividades de mantenimiento que se requieren desarrollar en el módulo de pruebas, debido a que a la falta de uso o excesivas actividades desarrolladas en el mismo pueda producirse un deterioro o desgaste de ciertas partes. En la Tabla 5-4, se puede apreciar las actividades generales de mantenimiento **MTS-TIS**; sin embargo, en el **Anexo B**, se puede apreciar con mayor detalle.

Tabla 4-4: Hoja de tareas de mantenimiento

		MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
		Departamento /Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	LUIS DAVID GUEVARA CALUCHO PAUL HENRRY PILCO RUÍZ			
Mantenimiento				Fecha:	25 de enero de 2023			
Nombre de la Operación		Equipo		Página:	1 de 1			
Mantenimiento de las partes y piezas mecánicas		Módulo de rodamientos						
MTS Base de conocimientos / Formación (Entrenamiento)								
BASE DE CONOCIMIENTOS				CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO				
Mecánica				Entrenamiento en proceso de montaje y desmontaje de rodamientos				
Seguridad industrial				Capacitación de MTS Y TIS				
Pintura								
<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (Diario)
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Limpieza y lubricación de partes móviles del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	TS-CQ1	Según TIS	10,00	M	1,0	10,0
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Revisión de la palanca de seguridad y presión del hexágono	TS-CQ2	Según TIS	1,00	D	1,0	1,0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Revisión de la bola de acero de desplazamiento interno	TS-CQ3	Según TIS	2,00	D	1,0	2,0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Revisión del resorte de soporte de la bola de acero de desplazamiento interno	TS-CQ4	Según TIS	1,00	D	1,0	1,0
<input checked="" type="checkbox"/>	5	Mantenimiento de la pintura	TS-CQ5	Según TIS	1,00	A	1,0	20,0
<input checked="" type="checkbox"/>	6	Limpieza de los ejes del módulo	TS-CQ6	Según TIS	3,00	A	1,0	3,0
<input checked="" type="checkbox"/>	7	Reportar observaciones en caso de haberlas	TS-CQ7	Según TIS	3,00	A	1,0	3,0
Total, minutos								40,0
Bloque de firmas					Historial de cambios en el trabajo			
Turno	Firma	Líder de Equipo	Líder de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio		
1								
2								

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

4.4. Guía de Laboratorio

La Guía de Laboratorio que se presenta, está diseñada para que el estudiante pueda familiarizarse con los equipos, reactivos y materiales que comúnmente se requiere para la práctica de laboratorio para que desarrolle habilidades y destrezas en el manejo de los implementos, asumiendo la labor con un criterio analítico y técnico para potenciar los conocimientos con información correcta. **Ver ANEXO C.**

4.5. Manual de Usuario

El Manual de Usuario tiene como objetivo disminuir la complejidad del uso del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos facilitando la adquisición de conocimiento, uso y aprendizaje de modelo desarrollado. Este documento contiene información acerca de todas las operaciones básicas que el modelo mecánico ofrece útiles para el seguimiento de la explicación. Se puede ver a mayor detalle en el **ANEXO D.**

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Para el presente trabajo se investigó las características y especificaciones con las que cuentan los rodamientos más utilizados en el medio tomando en cuenta diámetros que van desde 80mm hasta los 200mm.

Los planos fueron realizados para las diferentes piezas mecánicas que forman parte del módulo como son: la estructura del bastidor que conforma la mesa de trabajo, el módulo hexagonal, diseño y funcionamiento de la palanca que permitirá usar las diferentes caras en donde se encuentran los ejes de acero y finalmente los ejes.

Se analizó alternativas para la construcción del prototipo y desarrollo del diseño del módulo para montaje y desmontaje de rodamientos considerando ensayos de resistencia, una mesa de trabajo sobre la cual se asienta el hexágono con sus ejes de acero donde se puede montar y desmontar los rodamientos.

Se realizó pruebas en el módulo ya construido montando y desmontando rodamientos mediante la técnica de ángulo de apriete y se trasladó este módulo dentro de las instalaciones del laboratorio para mantenimientos correctivos que se encuentra en la Facultad de Mecánica en donde los estudiantes de la carrera podrán realizar sus prácticas, también se realizó un manual para su uso y mantenimiento.

5.2. RECOMENDACIONES

Ingresar el módulo construido como parte de los activos existentes en el laboratorio de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Planificar el mantenimiento periódico o dependiendo del uso que se dé al módulo, con la finalidad de conservar sus características de funcionamiento.

Capacitar a los estudiantes y docentes que manipulen el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos bajo supervisión de una persona que se encuentre con conocimiento sólidos para guiar y asesorar en el uso del módulo para evitar daños en el equipo y riesgo con la integridad física de las personas.

BIBLIOGRAFÍA

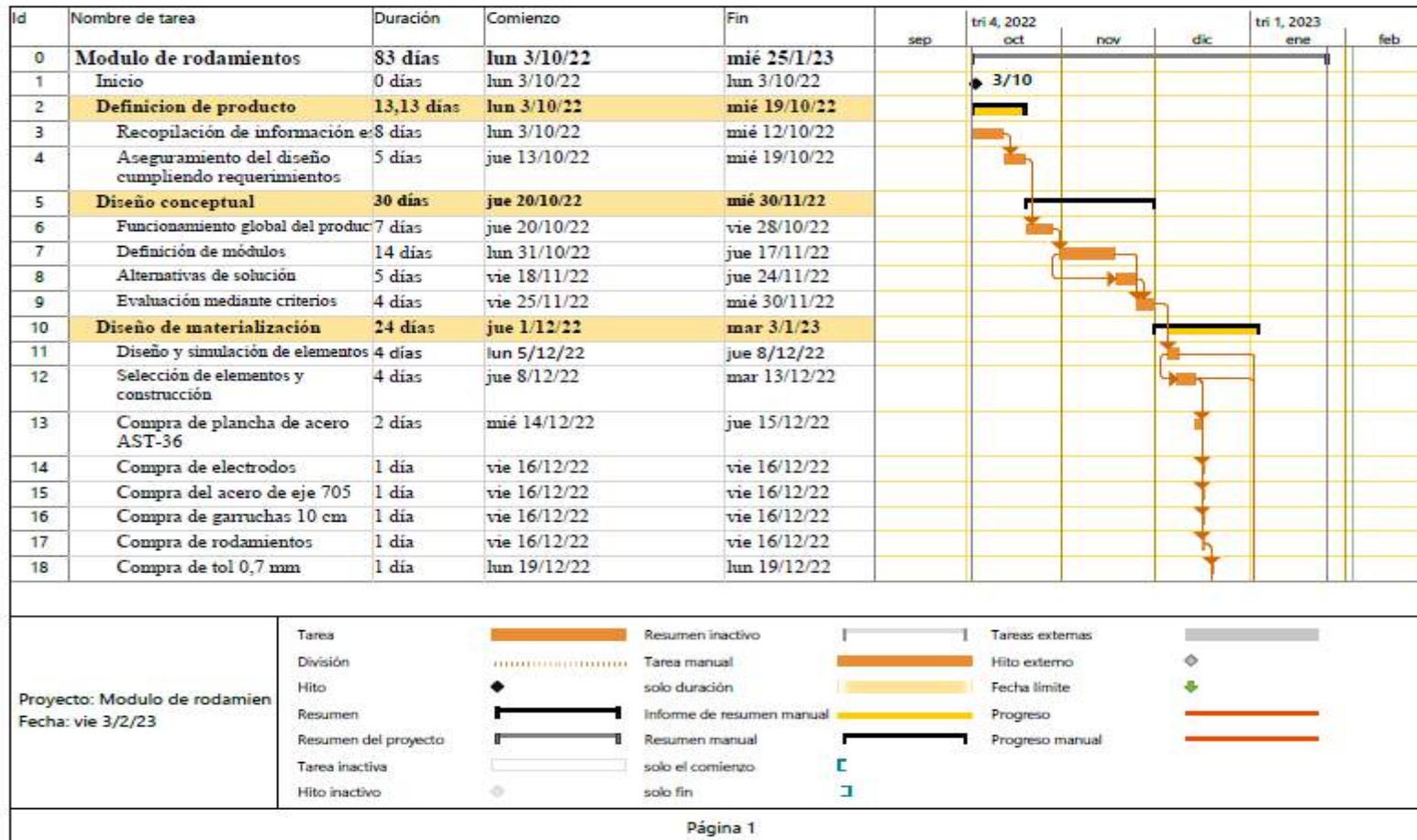
1. **ARRIZABALAGA Consulting.** *La relevancia de QFD.* [Blog] Madrid - España, 19 de mayo de 2016. [Consulta: 09 de septiembre de 2022.] Disponible en: <https://arrizabalagauriarte.com/en/la-relevancia-del-qfd-transformar-las-necesidades-cliente-requisitos-pueda-controlar/>.
2. **BALLESTEROS, Juan.** *La importancia de un banco de ensayos para mejorar en rendimiento de motor de 4 tiempos, Polo del conocimiento, vol. 14, (2022), (Ecuador) pp. 5-27.*
3. **BENITEZ, Juan.** *Diseño y Construcción de una máquina para el montaje y desmontaje de neumáticos para camiones y vehiculos de trabajo pesado rin 20-14.* Loja, Ecuador, 2017, pp. 43-54.
4. **CARMONA CASTAÑO, Diego & GONZÁLES MARTINEZ, Mauricio.** *Implementación de un banco de pruebas para rodamientos para el sistema de metrocable del metro de Medellín.* [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Instituto Universitario Pascual Bravo, (Medellín - Colombia). 2017. pp. 21-135. [Consulta: 09 de septiembre de 2022.]. Disponible en: http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/124/1/Rep_I_UPB_Ing_Mec_Banco.pdf
5. **CHILUISA, Marco.** *Aplicación del modelo QFD en dispositivos de almacenamiento personalizados.* [blog] 2022. [Consulta: 10 de noviembre de 2022.] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26602/1/UCE-FING-CPO-CHILUISA%20MARCO.pdf>.
6. **Cia. General de Aceros.** *General de Aceros.* [blog]. [Consulta: 27 de octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-1045/>.
7. **DEUSTO.** *¿Qué es y para que sirve Autodesk? Inventor en diseño de producto,* [blog] [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.deustoformacion.com/blog/disenio-arquitectonico/que-es-para-que-sirve-autodesk-inventor-disenio-producto>.

8. **DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD-ESPOCH. 2021.** *Informe final proceso de autoevaluación de carreras agosto 2021.* [blog] [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en: http://evaluacion.esPOCH.edu.ec/2/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=37.
9. **FUSION 360.** Autodesk . *Fusion 360.* [blog] [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.autodesk.mx/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.
10. **GALARZA, Martha.** 3D Natives. *¿Qué es Autodesk Inventor y cuáles son sus características principales?* [blog] 13 de junio de 2022. [Consulta: 17 de Octubre de 2022.] Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/que-es-autodesk-inventor-130620222/#!>.
11. **KOYO.** *Manual de Rodamientos.* [blog]. 2019, [Tokyo Japon]. [Consulta: 17 de Octubre de 2022] Disponible en: <https://koyola.com.pa/wp-content/uploads/2017/10/2-Rodamientos-ri%CC%81gidos-de-bolas.pdf>
12. **LUGO, Juan.** *¿Qué Es Un Rodamiento y Para Qué Sirve?* [blog] [Consulta: 13 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.lugohermanos.com/blog-industrial/que-es-un-rodamiento-y-para-que-sirve/#>.
13. **OFIPRIX.** *Ergonomía y Salud. Guía sobre la altura de una mesa.* [blog] [Consulta: 3 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ofiprix.com/blog/guia-sobre-la-altura-de-una-mesa/>.
14. **SHUGULÍ PAREDES, Cristhian Javier.** *Construcción de una prensa hidráulica manual para el montaje de rodamientos rígidos de bolas con diámetro interior desde 20mm hasta 30mm.* [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional, Quito- Ecuador. 2018. pp. 15-145. [Consulta: 3 noviembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1540/1/CD-0844.pdf>
15. **PÉREZ, Jorge.** *Rodamientos. Curso de máquinas mecánicas.* [blog] 2019. [Consulta: 13 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/rodamientos/index.html>.

16. **REFACCIONES INDUSTRIALES. BRR.** *Montaje y Desmontaje de Rodamientos.* [blog] 2019. [Consulta: 09 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://brr.mx/montaje-y-desmontaje-de-rodamientos/>.
17. **Rodavigo.** *Diseño de disposiciones de rodamiento.* Madrid - España. 2019: Mos. pp 70-79
18. **SCHAEFFLER Technologies.** Manual de Montaje de rodamientos. [blog] 2019. [Consulta: 19 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/catalogue_1/downloads_6/mh1_es_es.pdf
19. **SKF.** *1318K Rodamiento de bolas a rótula con agujero cónico.* [blog] 2019. [Consulta: 21 de octubre de 2022]. disponible en: <https://www.skf.com/cl/products/rolling-bearings/ball-bearings/self-aligning-ball-bearings/productid-1318%20K>
20. **SOLIDBI.** *Solidbi. solidworks, qué es y para que sirve.* [blog] 2019. [Consulta: 21 de octubre de 2022]. disponible en: <https://solidbi.es/solidworks/#:~:text=Definici%C3%B3n,proceso%20de%20desarrollo%20del%20producto.>
21. **SUMATEC.** *Sumatec. Importancia del mantenimiento de los rodamientos SKF.* [blog] 2020. [Citado el: 14 de octubre de 2022.] <https://sumatec.co/conozca-la-importancia-del-mantenimiento-de-tus-rodamientos-skf/>.
22. **TORRES, Gabriela.** *Rodamientos: tips y componentes.* [blog] 2021. [Citado el: 14 de octubre de 2022.] <https://urany.net/blog/rodamientos-tipos-y-componentes>.
23. **VALDÉS, Hernán.** *Diseño y construcción de un banco didáctico de montaje y desmontaje de rodamientos (Trabajo de titulación).* (Pregrado), Caracas, Venezuela. 2017. pp. 2-89. [Consulta: 3 noviembre 2022]. <https://docplayer.es/48682004-Disenoy-construccion-de-un-banco-didactico-de-montaje-y-desmontaje-de-rodamientos.html>

ANEXOS

ANEXO A: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DEL MÓDULO DE PRUEBAS DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	sep	tri 4, 2022 oct	nov	dic	tri 1, 2023 ene	feb
19	Compra de Lija fina 120 puntos y pintura	1 día	lun 19/12/22	lun 19/12/22						
20	Construcción	3 días	mar 20/12/22	jue 22/12/22						
21	Construcción de la base	3 días	vie 23/12/22	mar 27/12/22						
22	Construcción de los ejes	1 día	mié 28/12/22	mié 28/12/22						
23	Construcción del hexagono	1 día	jue 29/12/22	jue 29/12/22						
24	Construcción del mango de fijacion	2 días	vie 30/12/22	lun 2/1/23						
25	Diseño de detalle	18 días	lun 2/1/23	mié 25/1/23						
26	Documentos utilizados para la construcción	18 días	lun 2/1/23	mié 25/1/23						
27	Costos directos e indirectos	83 días	lun 3/10/22	mié 25/1/23						
28	Fin	0 días	mié 25/1/23	mié 25/1/23						25/1

Proyecto: Modulo de rodamien Fecha: vie 3/2/23	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					

ANEXO B: GUÍA DE LABORATORIO

Hoja de tareas de mantenimiento

		MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)										
		Departamento /Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	LUIS DAVID GUEVARA CALUCHO PAUL HENRRY PILCO RUÍZ							
Mantenimiento				Fecha:	25 de enero de 2023							
Nombre de la Operación		Equipo		Pagina:	1 de 1							
Mantenimiento de las partes y piezas mecánicas		Módulo de rodamientos										
MTS Base de conocimientos / Formación (Entrenamiento)												
BASE DE CONOCIMIENTOS				CAPACITACION / ENTRENAMIENTO								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Mecánica</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Pintura</td></tr> </table>				Mecánica	Seguridad industrial	Pintura	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Entrenamiento en proceso de montaje y desmontaje de rodamientos</td></tr> <tr><td>Capacitación de MTS Y TIS</td></tr> </table>				Entrenamiento en proceso de montaje y desmontaje de rodamientos	Capacitación de MTS Y TIS
Mecánica												
Seguridad industrial												
Pintura												
Entrenamiento en proceso de montaje y desmontaje de rodamientos												
Capacitación de MTS Y TIS												
<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (Diario)				
	1	Limpieza y lubricación de partes móviles del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	TS-CQ1	Según TIS	10,00	M	1,0	10,0				
	2	Revisión de la palanca de seguridad y presión del hexágono	TS-CQ2	Según TIS	1,00	D	1,0	1,0				
	3	Revisión del ruliman de desplazamiento interno	TS-CQ3	Según TIS	2,00	D	1,0	2,0				
	4	Revisión del resorte de soporte del ruliman de desplazamiento interno	TS-CQ4	Según TIS	1,00	D	1,0	1,0				
	5	Mantenimiento de la pintura	TS-CQ5	Según TIS	1,00	A	1,0	20,0				
	6	Limpieza de los ejes del modulo	TS-CQ6	Según TIS	3,00	A	1,0	3,0				
	7	Reportar observaciones en caso de haberlas	TS-CQ7	Según TIS	3,00	A	1,0	3,0				
Total minutos								40,0				
Bloque de firmas					Historial de cambios en el trabajo							
Turno		Líder de Equipo	Líder de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio						
1	Firma											
	Fecha											

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ1

PÁGINA 1 DE 7	TIS – CQ1		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA) 				Área / Departamento		Mantenimiento		
	Tarea 1		Descripción de la tarea: Limpieza y lubricación de partes móviles del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos			Fecha de realización		26-01-23	Realizado por:	Luis David Guevara Calucho Paul Henry Pilco Ruíz	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de pasos	 Medio ambiente
Módulo de montaje de rodamientos		Laboratorio de mantenimiento		10 minutos							
✓	Sim.	#	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Ubicación del equipo		Examinar el área donde se encuentra el equipo		Riesgo específico: - Dificultad de movilización - Presión en las garruchas y suciedad <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">3</div> </div>				
		2	Verificar las condiciones del lugar		Analizar el lugar si facilita las condiciones para trabajar sin riesgos						
		3	Evaluar el estado actual de las garruchas para proceder a limpiar y lubricar		Proceder a la limpieza y lubricación						
					Pregúntate: ¿has realizado un reconocimiento de riesgos? ¿Existen condiciones inseguras reconocibles? ¿Qué lesiones o accidentes podrían ocurrirme? ¿Cuál es la situación más grave que podría ocurrirme? Actuar en forma segura. Entrenar a nuestros compañeros. Pensar antes de actuar. Observar los riesgos.						
Bloque de firmas											
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales			Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
	Firma										
	Fecha										

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ2

PÁGINA 2 DE 7	TIS – CQ2		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA) 				Área / Departamento		Mantenimiento			
	Tarea 2		Descripción de la tarea: Revisión de la palanca de seguridad y presión del hexágono			Fecha de realización		26-01-23		Realizado por:		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo							Tiempo estándar
	Módulo de montaje de rodamientos		Laboratorio de mantenimiento			Seguridad	Critico	Secuencia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de pasos	Medio ambiente	1 minuto
✓	Sim.	#	Descripción de pasos	Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Reconocimiento de la palanca de seguridad	Verificar presencia de corrosión			Limpieza de la palanca de seguridad, como herramientas necesarias se requiere un cepillo de acero para quitar la corrosión. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20px; text-align: center;">1</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20px; text-align: center;">2</div>  </div>					
		2	Verificar las condiciones actuales	Proceder con la limpieza o lubricación								
Bloque de firmas												
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales			Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
	Firma											
	Fecha											
	Firma											
	Fecha											

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ3

PÁGINA 3 DE 7	TIS – CQ3		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)				 Área / Departamento		Mantenimiento			
	Tarea 3		Descripción de la tarea: Revisión de la bola de acero de desplazamiento interno				Fecha de realización		26-01-23	Realizado por:	Luis David Guevara Calucho Paul Henry Pilco Ruíz	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo							Tiempo estándar
	Módulo de montaje de rodamientos		Laboratorio de mantenimiento			Seguridad	Critico	Secuencia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de pasos	Medio ambiente	2 minutos
✓	Sim.	#	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Constatación de la bola de acero de desplazamiento interno				 					
		2	Verificar las condiciones de los equipos		Para la constatación del correcto funcionamiento y facilidad de movilización del hexágono se debe verificar que se encuentre la bola de acero en la posición adecuada entre la mesa y el hexágono							
Bloque de firmas												
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales			Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
	Firma											
	Fecha											

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ4

PÁGINA 4 de 7	TIS – CQ4		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)				 Área Departamento /		Mantenimiento	
	Tarea 4		Descripción de la tarea: Revisión del resorte de soporte de la bola de acero de desplazamiento interno				Fecha de realización 26-01-23		Realizado por: Luis David Guevara Calucho Paul Henry Pilco Ruíz	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo		Tiempo estándar 1 minuto			
			Laboratorio de mantenimiento							
✓		Sim.	#	Descripción de pasos	Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)	Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
			1	Ubicación del resorte de soporte de la bola de acero	Revisar entre la sección de la mesa y el hexágono si se encuentra la bola de acero con el resorte de soporte.	 				
			2	Verificación visual	Revisar si se encuentra libre de algún objeto extraño para un correcto funcionamiento.					
Bloque de firmas										
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales		Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
	Firma									
	Fecha									
	Firma									
	Fecha									

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ5

PÁGINA 5 DE 7	TIS – CQ5		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)				 Área / Departamento		Mantenimiento			
	Tarea 5		Descripción de la tarea: Mantenimiento de la pintura				Fecha de realización		26-01-23	Realizado por:	Luis David Guevara Calucho Paul Henry Pilco Ruíz	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de pasos	 Medio ambiente	Tiempo estándar
			Laboratorio de mantenimiento									20 minutos
✓	Sim.	#	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Ubicación del equipo				   					
		2	Verificar la condición actual de la pintura		Cubrir las partes que no deben tener contacto con la pintura.							
		3	Proceso de lijado		Procedimiento de lijado con lija de 150 a 180 granos							
		4	Procedimiento de pintado		Uso de pintura de látex o la acrílica para pintar el módulo o las partes que se encuentran deterioradas.							
Bloque de firmas												
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales			Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
	Firma											
	Fecha											
	Firma											
	Fecha											

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ6

PÁGINA 6 DE 7	TIS – CQ6		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)				 Área / Departamento		Mantenimiento			
	Tarea 1		Descripción de la tarea: Limpieza de los ejes del módulo				Fecha de realización		Realizado por:			
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	 Seguridad	 Crítico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de pasos	 Medio ambiente	Tiempo estándar
	Módulo de montaje de rodamientos		Laboratorio de mantenimiento									
✓	Sim.	#	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Verificación de grasa o cualquier sustancia en los ejes del módulo		Evaluar si los ejes poseen grasa o alguna sustancia que pueda deteriorar en metal		  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">2</div> </div>					
		2	Limpieza con desengrasante		Limpieza de los ejes con desengranzante o thinner							
Bloque de firmas												
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales			Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
	Firma											
	Fecha											
	Firma											
	Fecha											

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Hoja de tareas TIS – CQ7

PÁGINA 7 DE 7	TIS – CQ7		 Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA) 				Área / Departamento		Mantenimiento		
	Tarea 1		Descripción de la tarea: Reportar observaciones en caso de haberlas				Fecha de realización		Realizado por:		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de pasos	 Medio ambiente
Módulo de montaje de rodamientos		Laboratorio de mantenimiento		26-01-23							
✓	Sim.	#	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Ubicación del equipo				Describir cualquier anomalía que se detecte al momento de la práctica en cuanto al funcionamiento del módulo para su oportuna reparación o mantenimiento.  				
		2	Verificar las condiciones del equipo en uso.		Reportar cualquier novedad referente a un desperfecto en la máquina.						
Bloque de firmas											
Turno		Líder de equipo	Líder de grupo	Detalles adicionales			Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
	Firma										
	Fecha										
	Firma										
	Fecha										

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

ANEXO C: GUÍA DE LABORATORIO

GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: “MONTAJE Y DESMONTAJE DE UN RODAMIENTO DE BOLAS A RÓTULA 1208K SOBRE UN MANGUITO DE FIJACIÓN AJUSTANDO EL JUEGO POR EL MÉTODO DE ÁNGULO DE APRIETE.”

DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: **FECHA DE ENTREGA:**

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar la práctica de montaje y desmontaje del rodamiento de bolas a rotula 1208K, sobre el manguito de fijación con ajuste por el método de ángulo de apriete.

Objetivo específico

- Conocer las características del rodamiento de bolas a rótula 1208K.

- Identificar los materiales necesarios para el montaje y desmontaje del rodamiento de bolas a rótula.
- Conocer el correcto rango de ajuste para el montaje del rodamiento y conocer la importancia de un buen ajuste.

MARCO TEÓRICO

Rodamiento de bolas a rótula

Este tipo de rodamiento fue originado por el grupo AB SKF, la cual se ha constituido durante el paso del tiempo como una empresa multinacional de alto renombre, su principal actividad es el diseño y la fabricación de rodamientos, sellos, y demás productos para sistemas mecánicos y mantenimiento para áreas mecánicas e industriales, actualmente fabrica este tipo de rodamientos con una variedad de diseños y dimensiones de acuerdo con las necesidades de los clientes (SKF, 2022).



Ilustración 3-1: Rodamiento de bolas a rótula.

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 pág. 66).

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

INSTRUCCIONES

La práctica de laboratorio se desarrollará mediante el cumplimiento secuencial de los siguientes pasos:

- Compruebe la dimensión del eje Tolerancia máxima h10 con la ayuda del calibrador y con la numeración del manguito de fijación



Ilustración 4-1: Utilización del calibrador.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la correcta utilización del calibrador.

- Desempaque y retire el aceite anticorrosivo del manguito de fijación.



Ilustración 4-2: Puesta a punto del manguito de fijación.

- Pase una fina capa de aceite sobre la superficie interna y externa del manguito de fijación.



Ilustración 4-3: Lubricación del manguito de fijación.

- Coloque el manguito en el eje. Si es necesario, ábralo insertando un destornillador en la ranura.



Ilustración 4-4: Montaje del manguito de fijación.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del montaje del manguito de fijación.

- Retire el rodamiento 1208 K del embalaje, retire el anticorrosivo del agujero y del diámetro externo, y proceda a colocar el rodamiento sobre el manguito de fijación.



Ilustración 4-5: Montaje del rodamiento 1208K

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del rodamiento 1208K montado sobre el manguito de fijación.

- Lubrique la rosca y la cara biselada de la tuerca que estará en contacto con el rodamiento.



Ilustración 1-6: Lubricación de la rosca de apriete.

- Rosque la tuerca en el manguito, sin arandela, con las manos o con la llave de gancho HN 5-6, aprete hasta que el rodamiento esté bien asentado y la tuerca encuentre resistencia. Ese es el punto inicial antes de la reducción del juego del rodamiento.



Ilustración 4-7: Pre-sujeción del rodamiento.

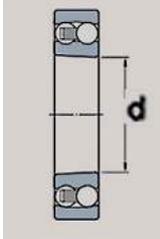
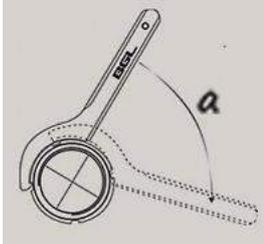
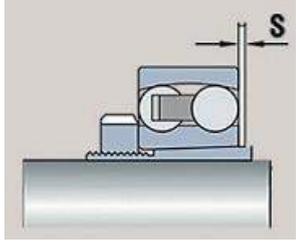


- Apriete la tuerca en el manguito con una llave de gancho HN, de acuerdo con el agujero del rodamiento y con la ayuda del goniómetro verificar el ángulo de apriete indicado en la tabla a continuación.



Ilustración 4-8: Marcación del ángulo de apriete correspondiente.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la utilización del goniómetro.

Tabla de Angulo de Apriete y Desplazamiento Axial		
		
Diámetro del Agujero	Angulo de apriete de la tuerca KM	Desplazamiento axial
d	α (1)	S
mm	0	mm
20	80	0.22
25 a 30	55	0.22
35 a 40	70	0.30
45 a 50	80	0.35
50 a 65	95	0.40
70	Rosca paso 1,5 BGL 75	0.40
75 a 80	85	0.35
85 a 100	110	0.60
110 a 12	125	0.70

- Retire la tuerca utilizada para montaje. Coloque la arandela de traba MB y rosque la tuerca de fijación con firmeza utilizando la llave de gancho HN.



Ilustración 4-9: Colocación de la arandela de traba.

- Alinee la ranura más próxima de la tuerca con el diente externo de la arandela y dóblela con la ayuda de una punción o extractor de pasadores.



Ilustración 4-10: Fijación de la arandela de traba.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la colocación fijación de la arandela de traba.

- Para finalizar, certifíquese que el rodamiento puede girarse fácilmente con las manos.



Ilustración 4-11: Certificación del correcto montaje.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración de la culminación del montaje.

DESMONTAJE DE RODAMIENTO

- Marque la posición del manguito de fijación en el eje, de manera que un nuevo manguito pueda ser montado de nuevo en la posición aproximada. Levanté el diente de traba MB con la ayuda de un destornillador, punzón y martillo de golpe.



Ilustración4-12: Retiro del diente de la arandela de traba.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del procedimiento del levantamiento del diente de la arandela de traba.

- Desenrosque la tuerca utilizando una llave de gancho HBN retirando la arandela de traba NB. Vuelva a poner la turca de fijación dándole algunas vueltas con la mano.



Ilustración4-13: Retiro de la arandela de traba.

- Ponga la llave de impacto al lado opuesto del rodamiento para recibir algunos impactos, el apoyo en el anillo interno provoca la liberación del rodamiento del manguito, desenroscar y quitar la tuerca.



Ilustración4-14: Desmontaje del rodamiento 1208K.

En este cuadro coloque una imagen o ilustración del desmontaje del rodamiento.

- Finalmente remueva el rodamiento y después el manguito de fijación.



Ilustración4-13: Desmontaje del manguito de fijación.

Actividades por desarrollar

Las actividades o etapas en forma secuencial para el desarrollo de la práctica se indican de la siguiente manera:

Observación y recomendación de instrumentos y equipos

Equipos de protección personal

- Guantes
- Gafas de seguridad
- Botas industriales
- Mandil

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
- Goniómetro
- Tabla física del ángulo de apriete 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

Manejo de instrumentos y equipos

(Describir secuencialmente el manejo del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos, pasos empleados)



.....



.....



.....



.....



.....

Toma y recolección de datos

(Describir la relación existente entre diámetro del agujero del rodamiento, ángulo de apriete y desplazamiento axial.)



.....



.....



.....



.....



.....

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 axial 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 desplazamiento axial interno del rodamiento después de ser montado)

.....
.....

Observaciones

1. ¿Describa los tipos de cargas que soportan los rodamientos de bolas a rótula y sus principales aplicaciones?

.....
.....

2. ¿Qué características tienen los manguitos de fijación y dónde se los ocupa?

.....
.....

3. ¿Cómo se clasifican los rodamientos de bolas a rótula?

.....
.....

4. ¿Qué significa el código 1208K del rodamiento?

.....
.....

5. ¿Describa la forma de comprobación de la tolerancia que existió en la práctica y a qué tipo de ajuste corresponde?

.....
.....

Conclusiones

(Describir en forma lógica las conclusiones a las que llegó usted con la realización de esta práctica)

.....
.....
.....
.....
.....

Recomendaciones

(Describir en forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Bibliografía

KHONSARI, M.; BOOSER, R. Applied Tribology: Bearing Design and Lubrication (3rd. ed.). ed. [blog] Wiley, 2017. 672 p. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/188484?>

ÅSTRÖM, O. et al. Catalogo generale SKF. Video recordings of an EHL point contact lubricated with grease. [blog] 2019. Disponible en: https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/166/f50/catalogo-general-skf.pdf

LÍDER DE EQUIPO

**ING. FÉLIX GARCÍA
DOCENTE**

ANEXOS

Colocar las ilustraciones o documentos correspondientes a la práctica realizada.

ANEXO D: MANUAL DE USUARIO

El presente manual de usuario del módulo para el montaje y desmontaje de rodamientos ha sido desarrollado para que los estudiantes de la asignatura de Mantenimiento Correctivo dispongan de la información necesaria y adecuada para realizar las prácticas de laboratorio de una forma correcta.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

De igual manera tener la información de las tareas de mantenimiento y los respectivos repuestos del módulo de montaje y desmontaje de rodamientos.

Precauciones:

- Usar el equipo de protección personal adecuado.
- Verificar que el seguro de las garruchas esté puesto.
- Verificar el seguro del hexágono (palanca de ajuste) antes de empezar con la práctica.

Manual de Operación.

El presente manual de operación contiene una secuencia de pasos a seguir donde se indica como ejecutar cada uno de ellos, para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

1. Utilizar Equipo de Protección Personal

- Guantes para trabajos especiales TMBA-G11W
- Gafas de seguridad
- Mandil
- Zapatos de trabajo Industrial.
- Casco de seguridad.

2. Verifique que los seguros de las garruchas del módulo estén puestos para empezar a realizar la práctica correspondiente.

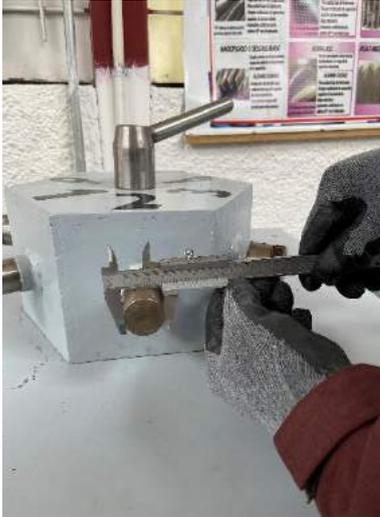
3. Desajuste el seguro del hexágono y mueva lentamente hasta ubicar en la práctica que desea utilizar, en este caso ubique en el lado número 2 del hexágono para realizar la práctica.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

MONTAJE DE RODAMIENTO

4. Compruebe la dimensión del eje Tolerancia máxima h10 con la ayuda del calibrador y con la numeración del manguito de fijación.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

5. Desempaque y retire el aceite anticorrosivo del manguito de fijación.



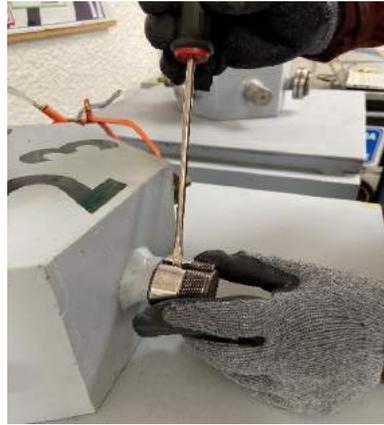
Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

6. Pase una fina capa de aceite sobre la superficie interna y externa.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

7. Coloque el manguito en el eje. Si es necesario, ábralo insertando un destornillador en la ranura.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

8. Retire el rodamiento 1208 K del embalaje, retire el anticorrosivo del agujero y del diámetro externo, y proceda a colocar el rodamiento sobre el manguito de fijación.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

9. Lubrique la rosca y la cara biselada de la tuerca que estará en contacto con el rodamiento.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

10. Rosque la tuerca en el manguito, sin arandela, con las manos o con la llave de gancho HN 5-6, aprete hasta que el rodamiento esté bien asentado y la tuerca encuentre resistencia. Ese es el punto inicial antes de la reducción del juego del rodamiento.

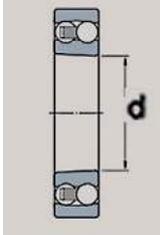
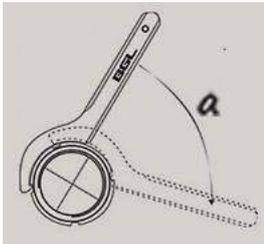
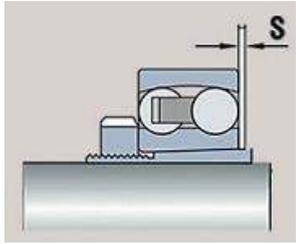


Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

11. Apriete la tuerca en el manguito con una llave de gancho HN, de acuerdo con el agujero del rodamiento y con la ayuda del goniómetro verificar el ángulo de apriete indicado en la tabla a continuación.

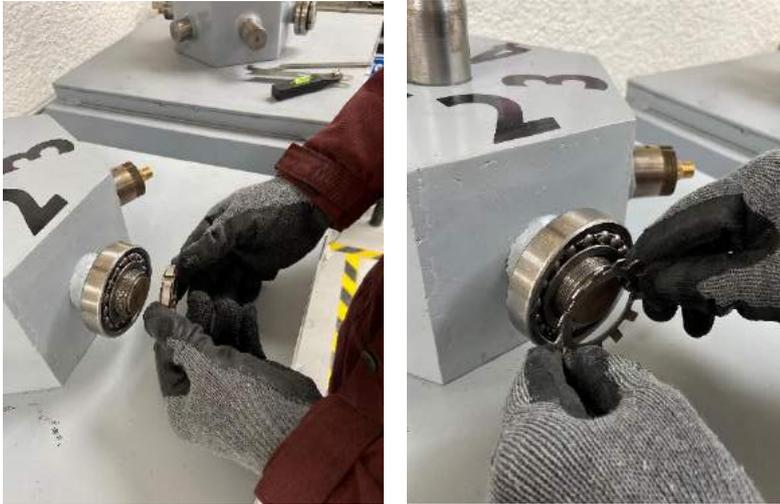


Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

Tabla de Angulo de Apriete y Desplazamiento Axial		
		
Diámetro del Agujero	Angulo de apriete de la tuerca KM	Desplazamiento axial
d	α (1)	S
mm		mm
20	80	0.22
25 a 30	55	0.22
35 a 40	70	0.30
45 a 50	80	0.35
50 a 65	95	0.40
	Rosca paso 1,5 BGL	
70	75	0.40
75 a 80	85	0.35
85 a 100	110	0.60
110 a 12	125	0.70

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

12. Retire la tuerca utilizada para montaje. Coloque la arandela de traba MB y rosque la tuerca de fijación con firmeza utilizando la llave de gancho HN.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

13. Alinee la ranura más próxima de la tuerca con el diente externo de la arandela y dóblela con la ayuda de una punción o extractor de pasadores.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

14. Para finalizar, certiffíquese que el rodamiento puede girarse fácilmente con las manos.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

DESMONTAJE DE RODAMIENTO

1. Marque la posición del manguito de fijación en el eje, de manera que un nuevo manguito pueda ser montado de nuevo en la posición aproximada. Levanté el diente de traba MB con la ayuda de un destornillador, punzón y martillo de golpe.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

2. Desenrosque la tuerca utilizando una llave de gancho HBN retirando la arandela de traba NB.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

3. Vuelva a poner la turca de fijación dándole algunas vueltas con la mano.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

1. Ponga la llave de impacto al lado opuesto del rodamiento para recibir algunos impactos, el apoyo en el anillo interno provoca la liberación del rodamiento del manguito, desenroscar y quitar la tuerca.



Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

2. Finalmente remueva el rodamiento y después el manguito de fijación.



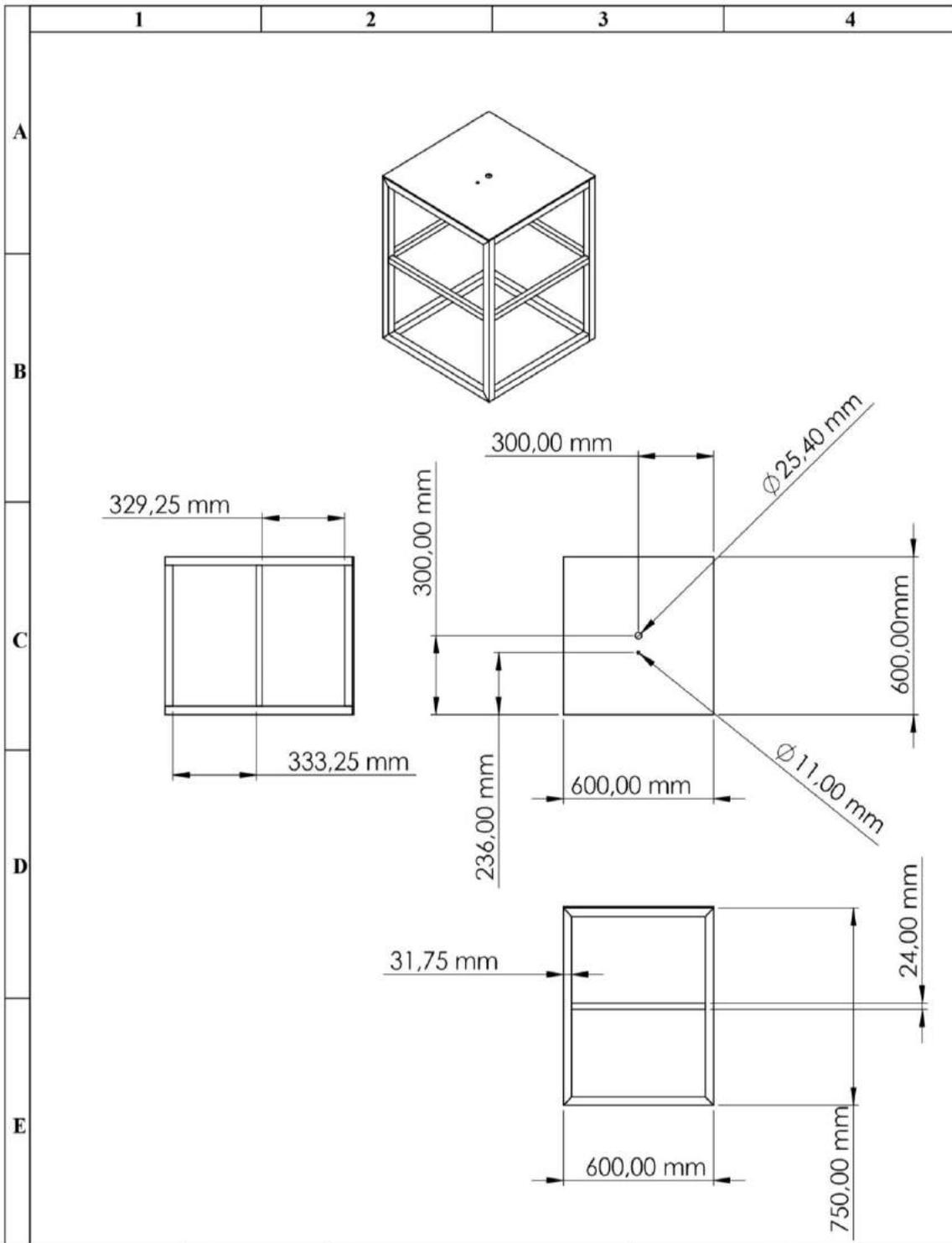
Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

ANEXO E: LISTA DE REPUESTOS

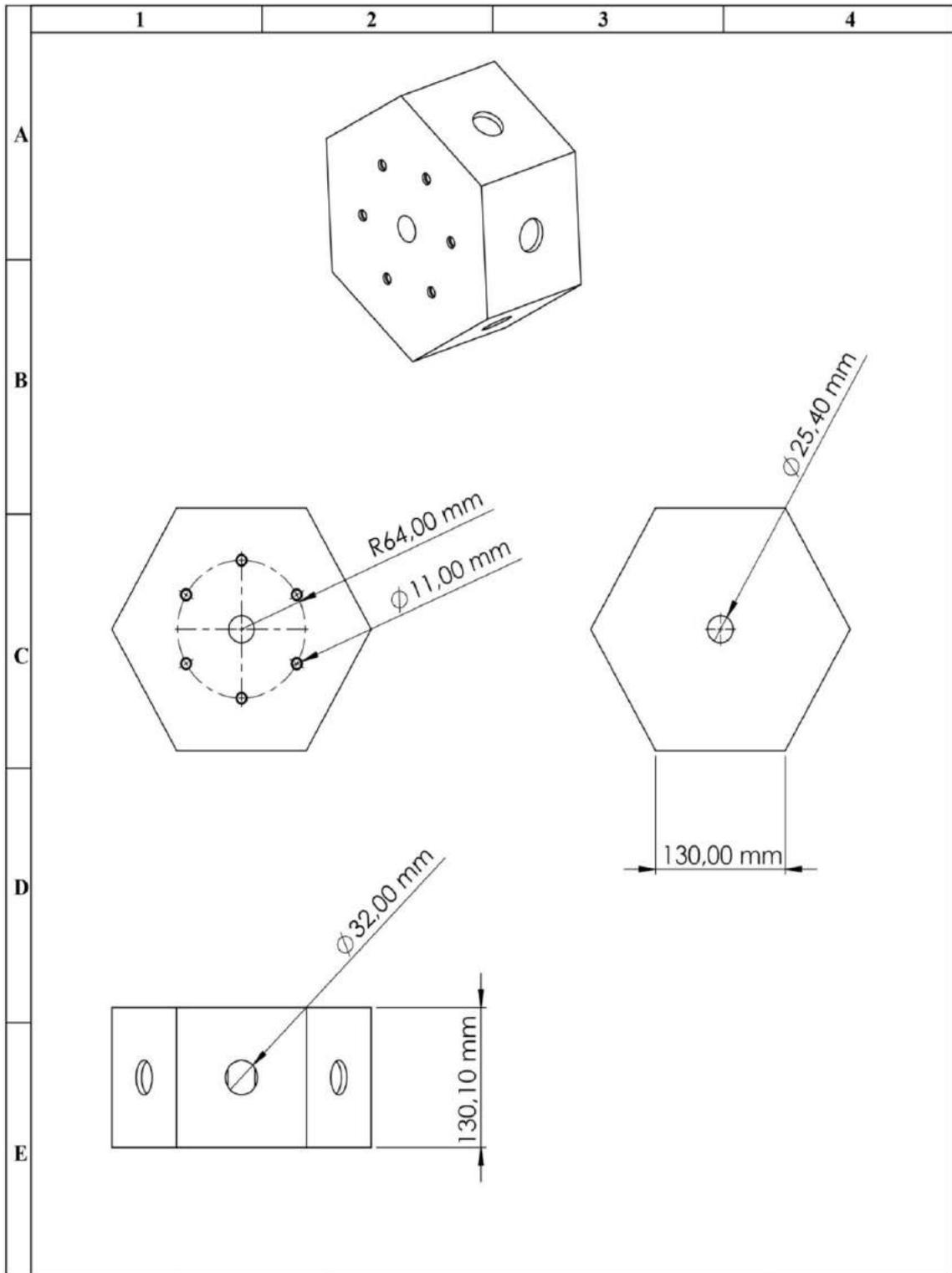
Repuestos para el módulo de montaje y desmontaje de rodamientos	
Rodamiento 1208K	
Mango y arandela de fijación	
Resorte que soporta una bola de acero.	
Seguro de las Garruchas	

Realizado por: Guevara, L., Pilco, P. 2022.

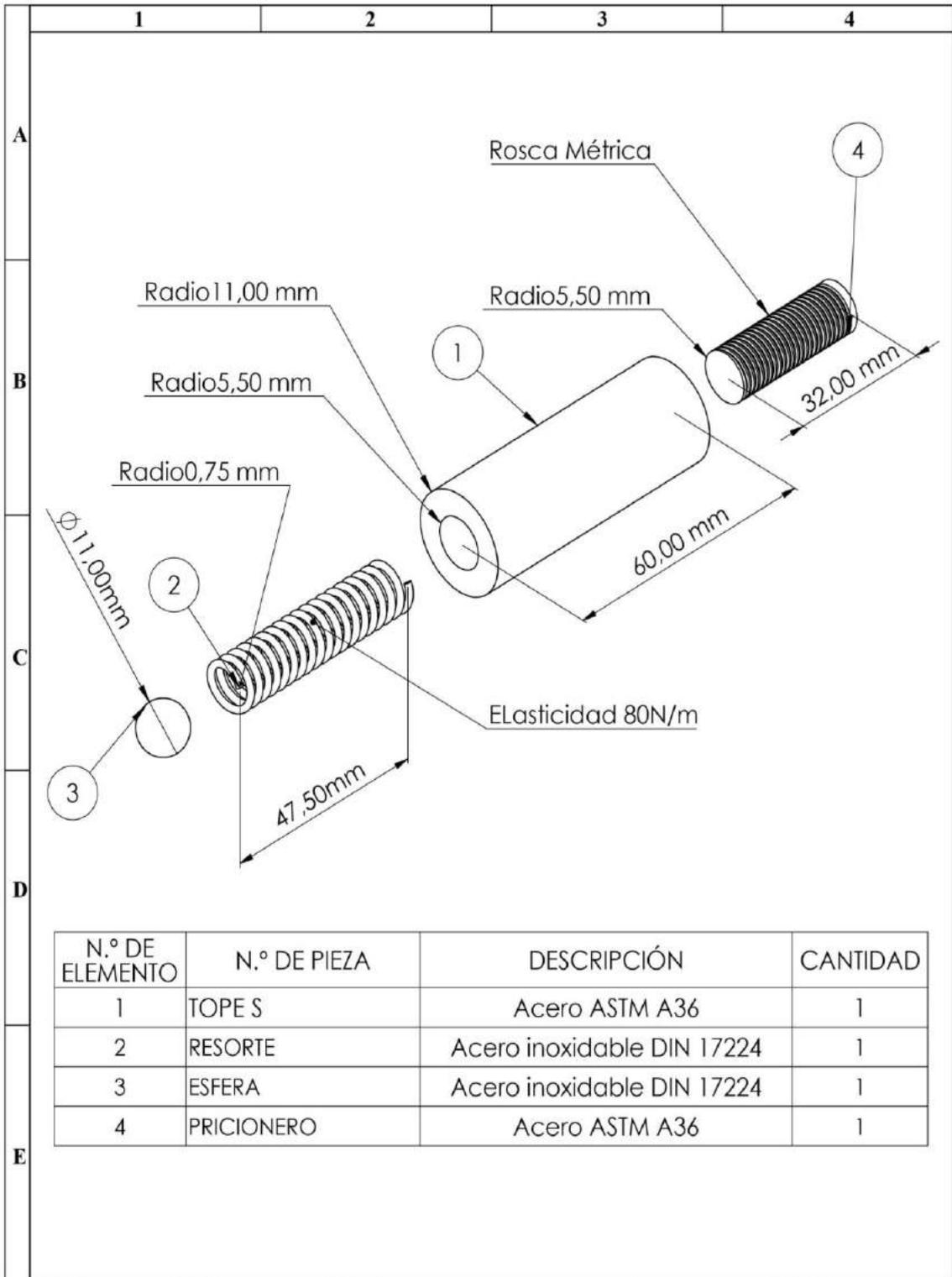
ANEXO F: PLANOS



N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-ET-001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Email: pulp1011@gmail.com		Teléfono: 0984667248		Denominación:			
Estructura		Estructura		Peso (Kg)		Tolerancia ESCALA Registro	
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	35		±0.5[mm] 1:1	
Proyectó	Sr. Guevara D. Sr. Pilco P.		30/06/2023				
Dibujó	Sr. Guevara D. Sr. Pilco P.		30/06/2023				
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. García F.		30/06/2023	Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023	Nombre de archivo:			
				Estructura.sldprt			

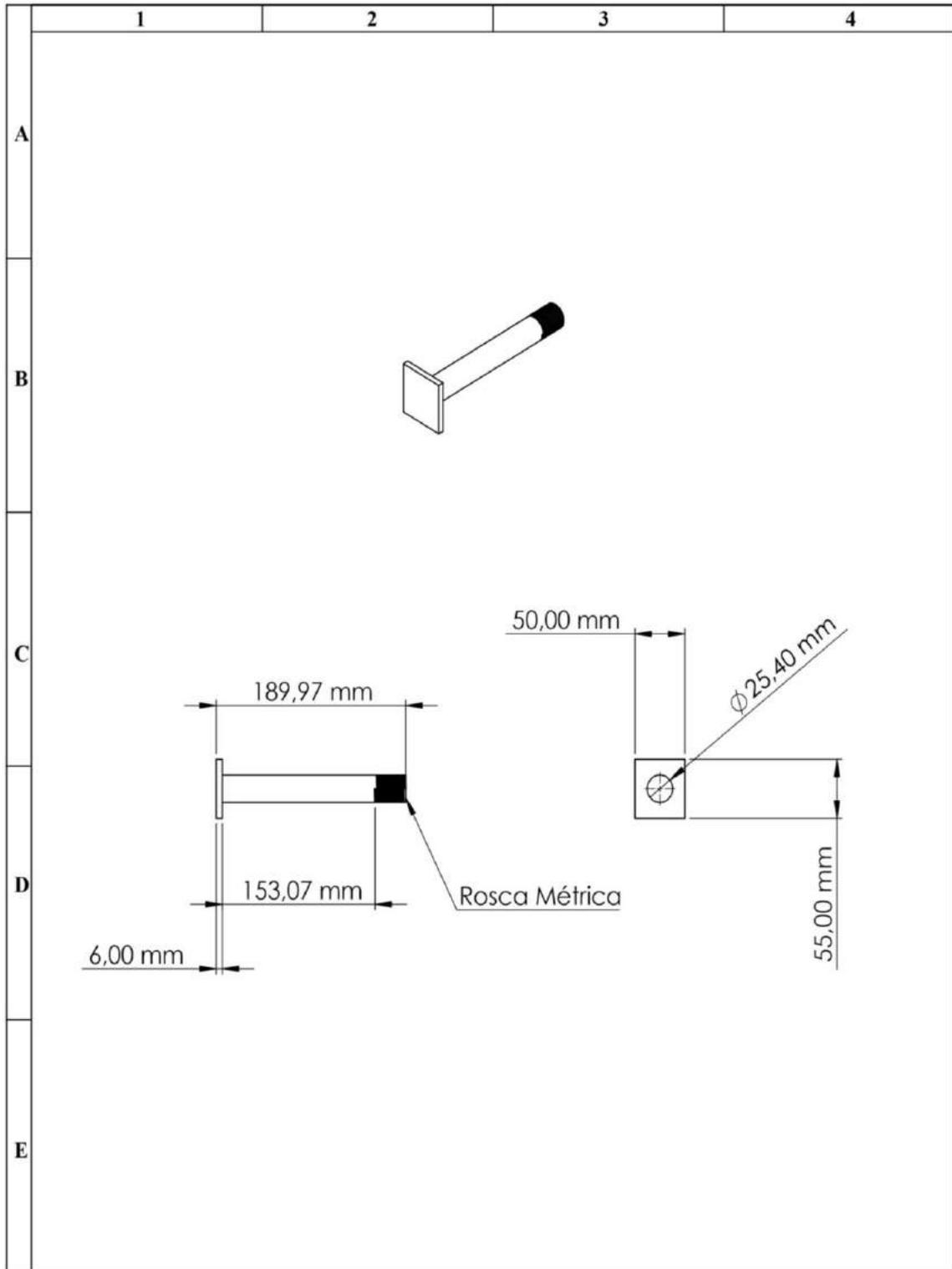


N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: F/M/C/G/M/E/H/86001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Email: pjp1011@gmail.com Telefono: 0984667248				Denominación:			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Hexágono		8.5 ±0.5[mm] 1:1	
Proyectó	Sr. Guevara D. Sr. Pileo P.		30/06/2023			Materiales: Acero ASTM A 36	
Dibujó	Sr. Guevara D. Sr. Pileo P.		30/06/2023	Nombre de archivo: Hexágono.sldprt			
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. Garcia F.		30/06/2023				
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023				



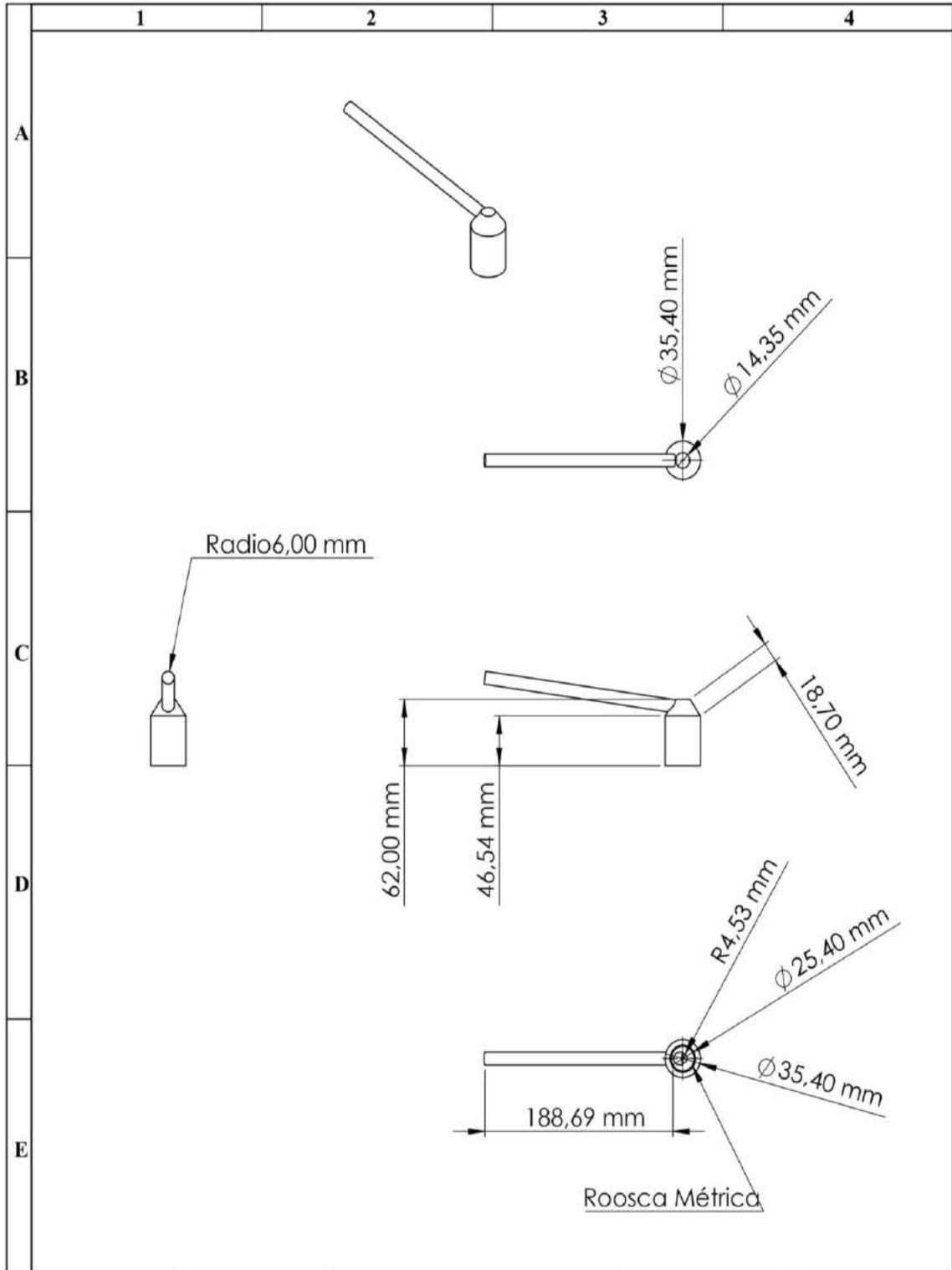
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TOPE S	Acero ASTM A36	1
2	RESORTE	Acero inoxidable DIN 17224	1
3	ESFERA	Acero inoxidable DIN 17224	1
4	PRICIONERO	Acero ASTM A36	1

N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-SG-001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: pulp1011@gmail.com		Teléfono: 0984667248		Denominación:					
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales:		1.5	±0.5[mm]	1:1	
Proyectó	Sr. Pilco P. Sr. Guevara D.		30/06/2023	Nombre de archivo: Seguro.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Dibujó	Sr. Pilco P. Sr. Guevara D.		30/06/2023						
Revisó	Ing. Buhay J. Ing. Garcia F.		30/06/2023						
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023						

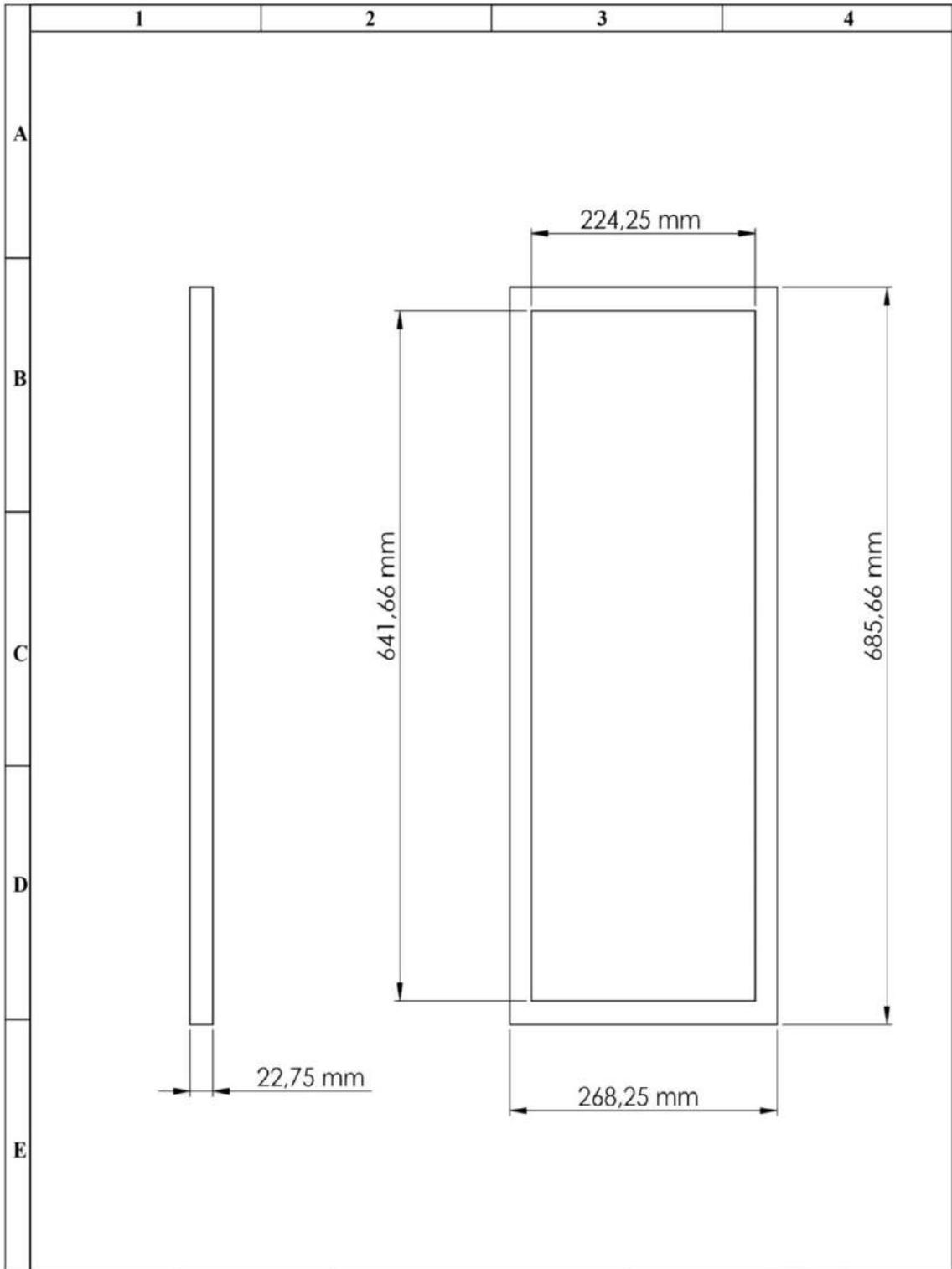


N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-SP-001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL						
Email: polp1011@gmail.com Teléfono: 0984667248				Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	SOPORTE		2.4		±0.5[mm]	1:1			
Proyectó	Sr. Pileo P. Sr. Guevara D.		30/06/2023			Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Dibujó	Sr. Pileo P. Sr. Guevara D.		30/06/2023			Acero ASTM A 36						
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. García F.		30/06/2023			Nombre de archivo:						
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023			Soporte.sldprt						

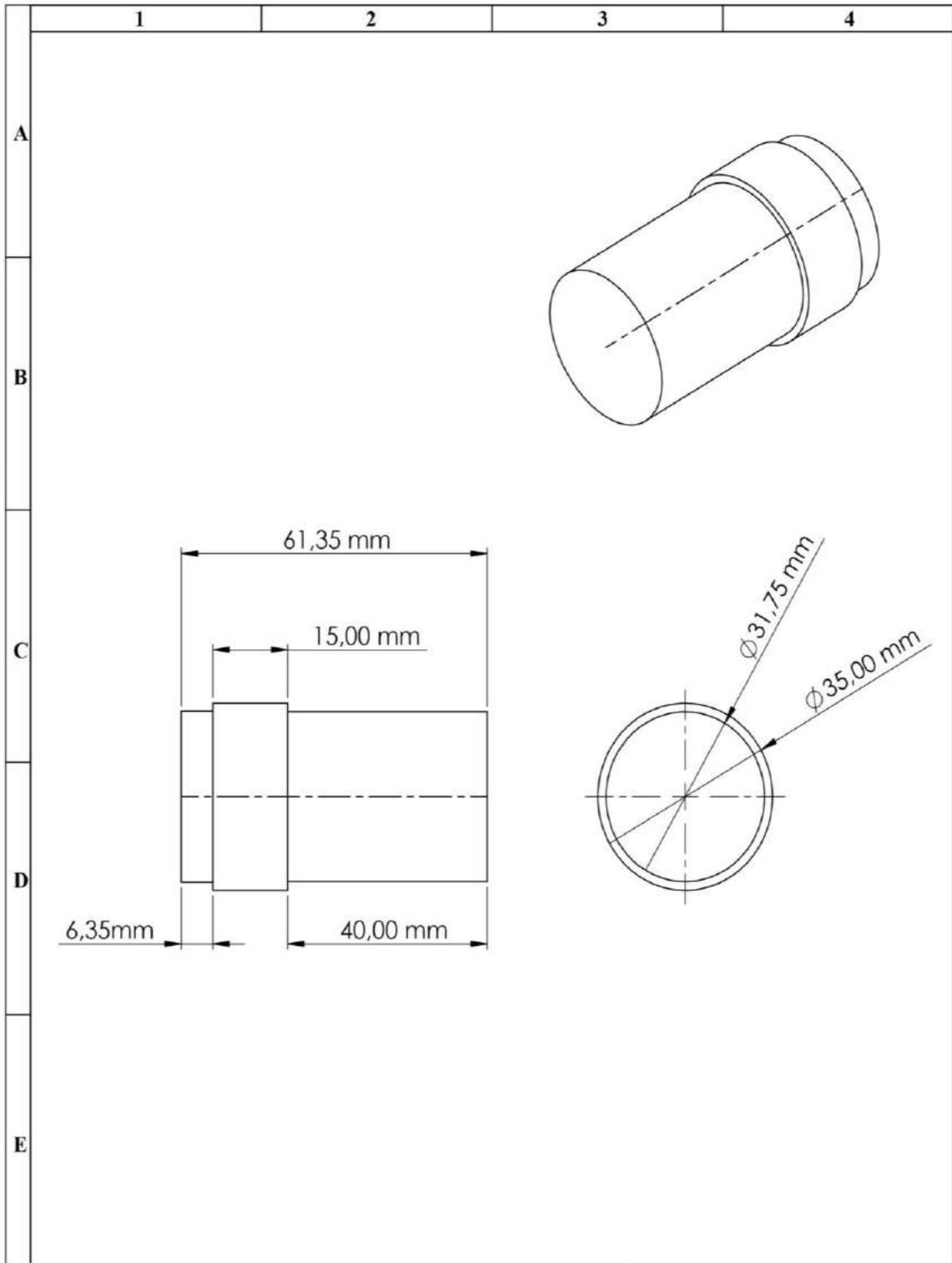




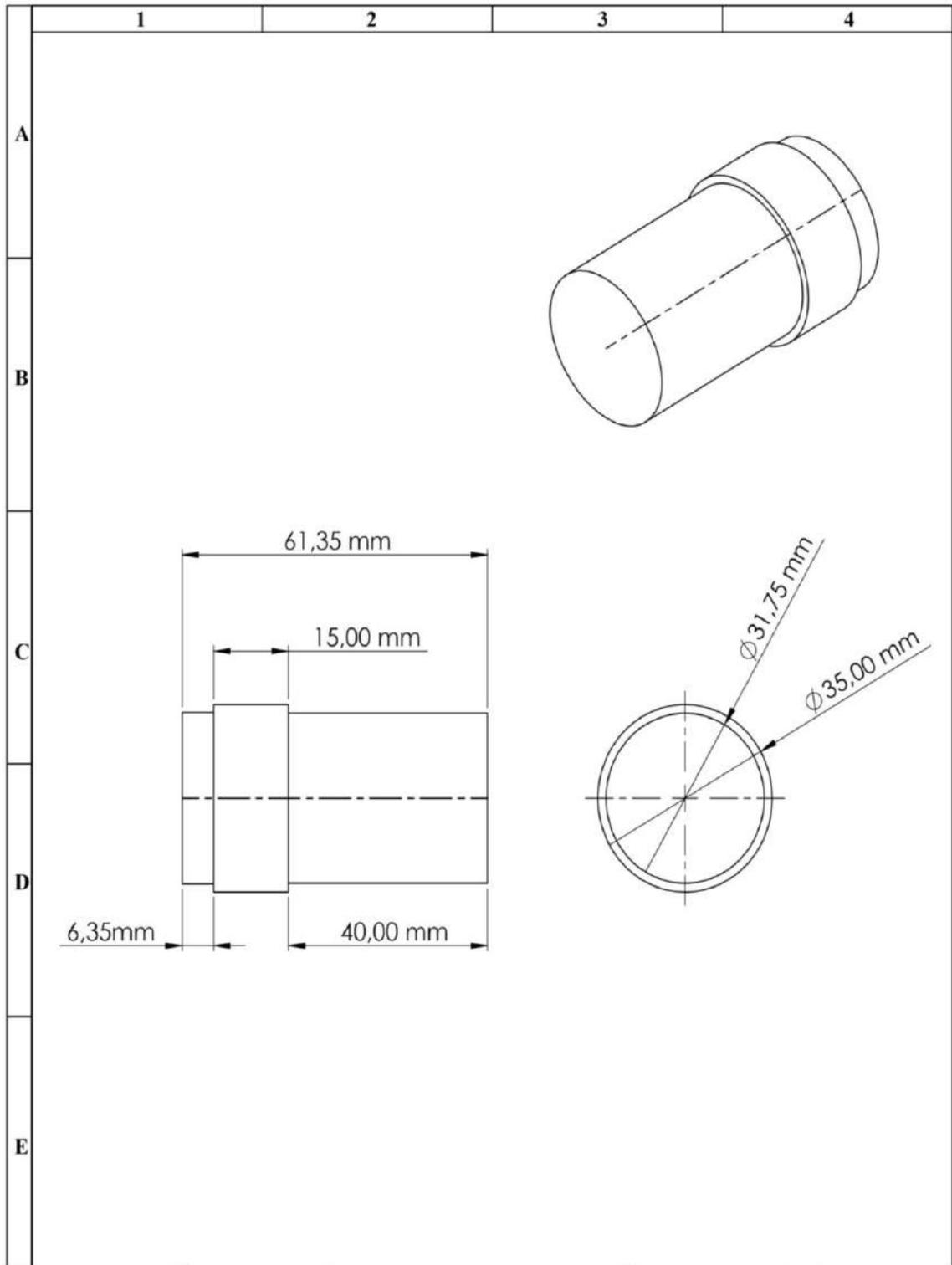
N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-MJ-001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email: pulp1011@gmail.com Teléfono: 0984667248				Denominación:						Peso (Kg)
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	MANIJA		1.7		±0.5[mm]	1:1	
Proyectó	Sr. Pilco P. Sr. Guevara D.		30/06/2023			Materiales: Acero 705		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL		
Dibujó	Sr. Pilco P. Sr. Guevara D.		30/06/2023	Nombre de archivo: Manija.sldprt						
Revisó	Ing. Bañay J. Ing. García F.		30/06/2023							
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023							



N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-TA-001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email:pulp1011@gmail.com Teléfono:0984667248				Denominación:				PUERTA		
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales: TUBO CUADRADO ASTM A 36 - Tol 1mm		Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro	
Proyectó	Sr. Pilco P. Sr. Guevara D.		30/06/2023			3.54	±0.5[mm]	1:1		
Dibujó	Sr. Pilco P. Sr. Guevara D.		30/06/2023			Nombre de archivo: Puerta.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL		
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. García F.		30/06/2023							
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023							

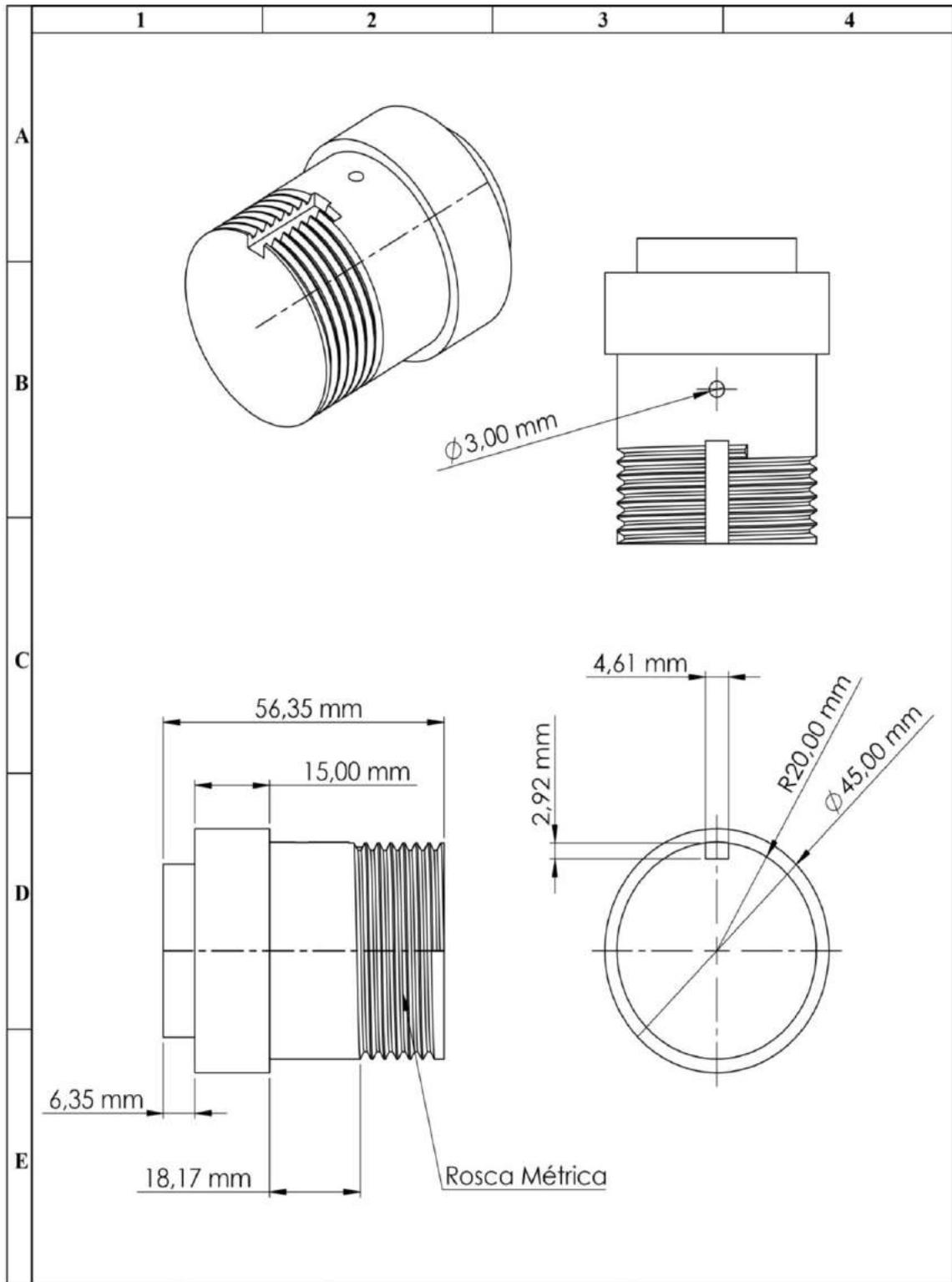


N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación:	FM-CMI-EJ-001			
Email:pulp1011@gmail.com Teléfono:0984667248				Denominación:	Eje1			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:					
Proyectó	Sr. Guevara D. Sr. Pileo P.		30/06/2023	Materiales:	Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro
Dibujó	Sr. Guevara D. Sr. Pileo P.		30/06/2023	Acero 705	3	±0.5[mm]	1:1	
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. Garcia F.		30/06/2023	Nombre de archivo:	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023	Eje1.sldprt				

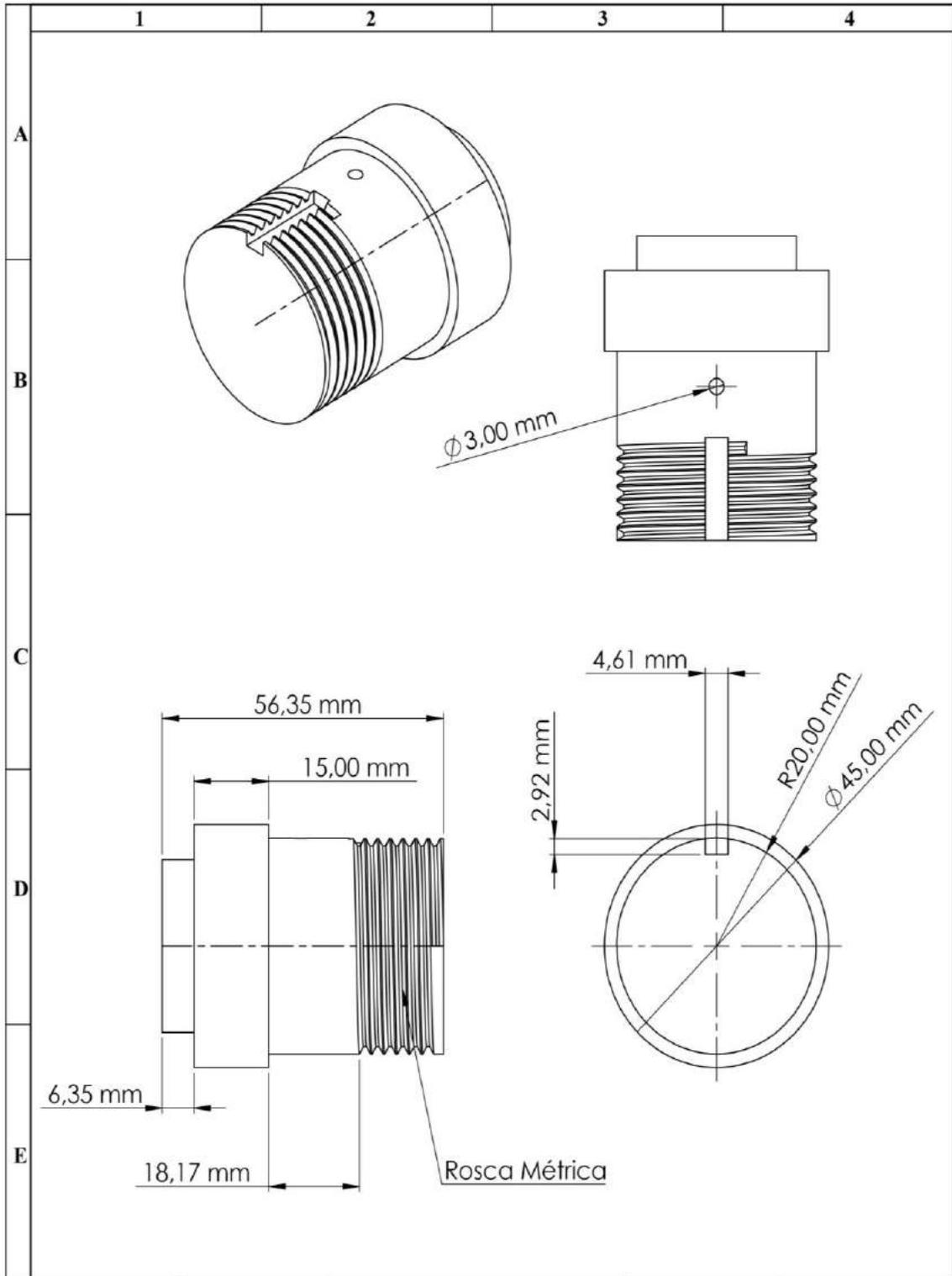


N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-EJ-002		ESPOCH				
Email: pulp1011@gmail.com		Teléfono: 0984667248		Denominación: Eje2		FACULTAD DE MECÁNICA				
						INGENIERIA DE				
						MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:			Peso (Kg)	Tolerancia	ESCALA	Registro	
Proyectó	Sr. Guevara D. Sr. Pilco P.		30/06/2023			3	±0.5[mm]	1:1		
Dibujó	Sr. Guevara D. Sr. Pilco P.		30/06/2023	Materiales: Acero 705		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Revisó	Ing. Buhay J. Ing. García F.		30/06/2023	Nombre de archivo: Eje2.sldprt						
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023							

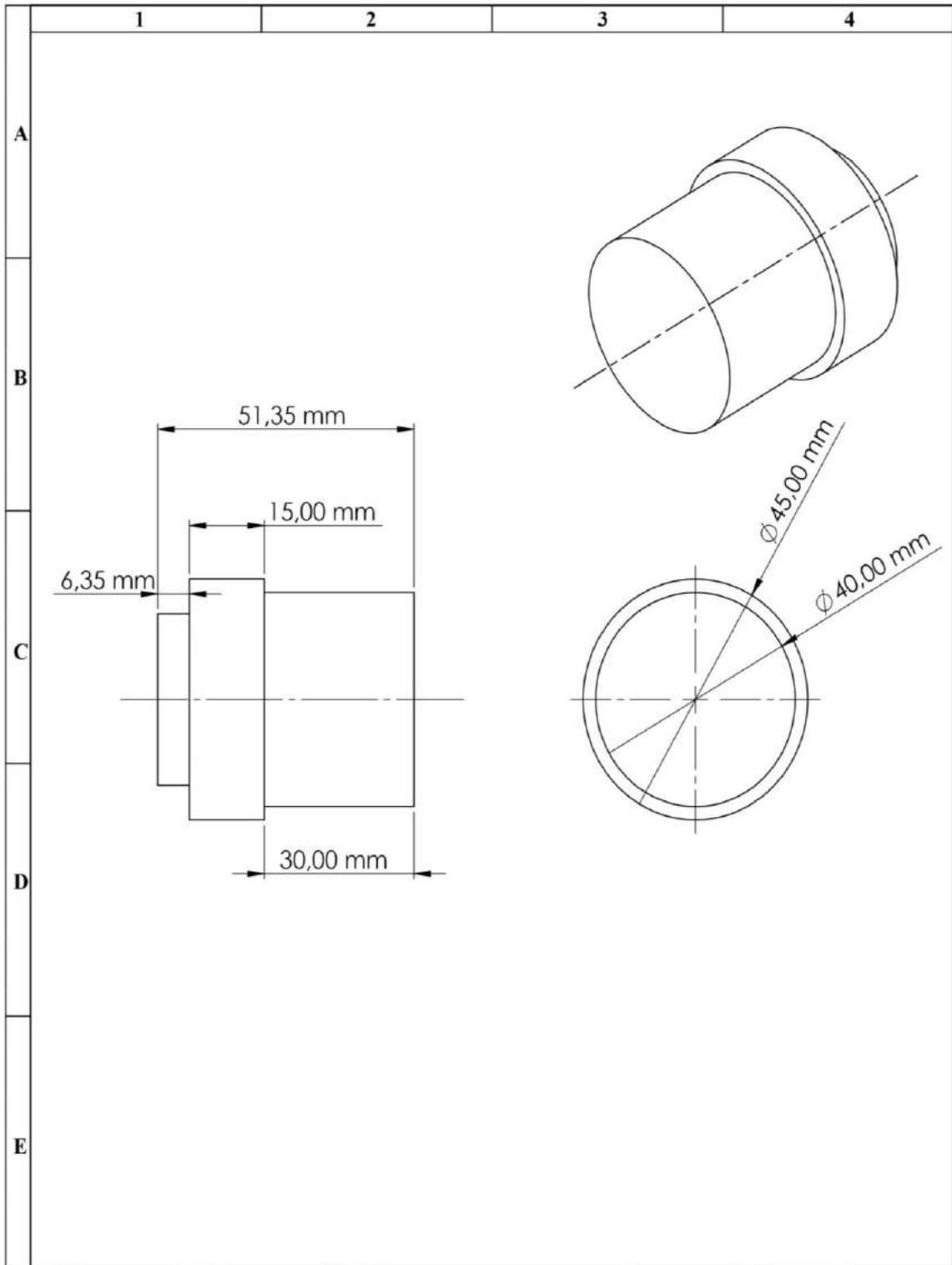




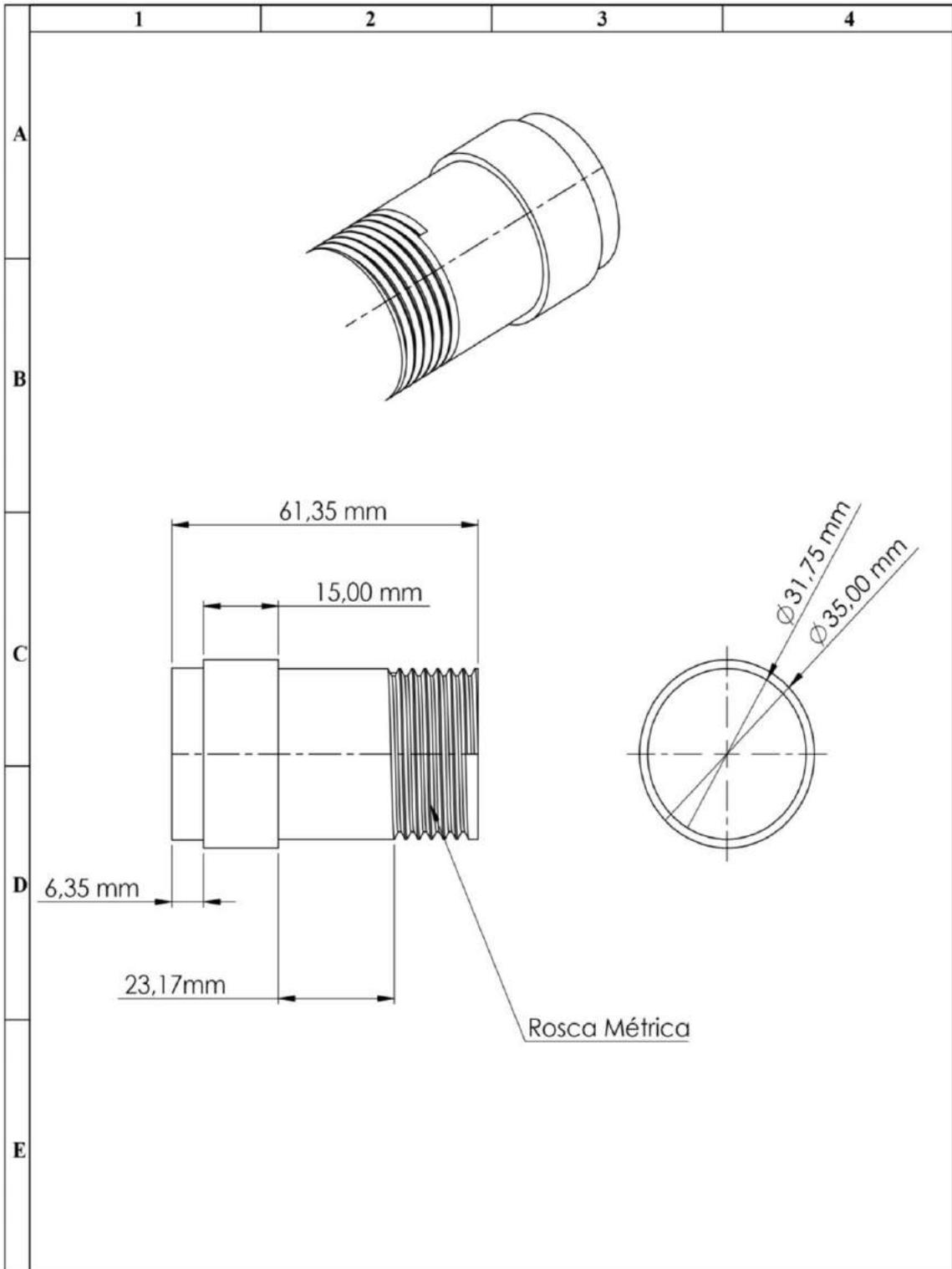
N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-EJ-003		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email:pulp1011@gmail.com		Teléfono:0984667248		Denominación:						Peso (Kg)
Eje 3		30/06/2023		3		±0.5[mm]		1:1		
Materiales:		Acero 705		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL						
Nombre de archivo:		Eje3.sldprt								
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:							
Proyectó	Sr. David G. Sr. Paul P.		30/06/2023							
Dibujó	Sr. David G. Sr. Paul P.		30/06/2023							
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. García F.		30/06/2023							
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023							



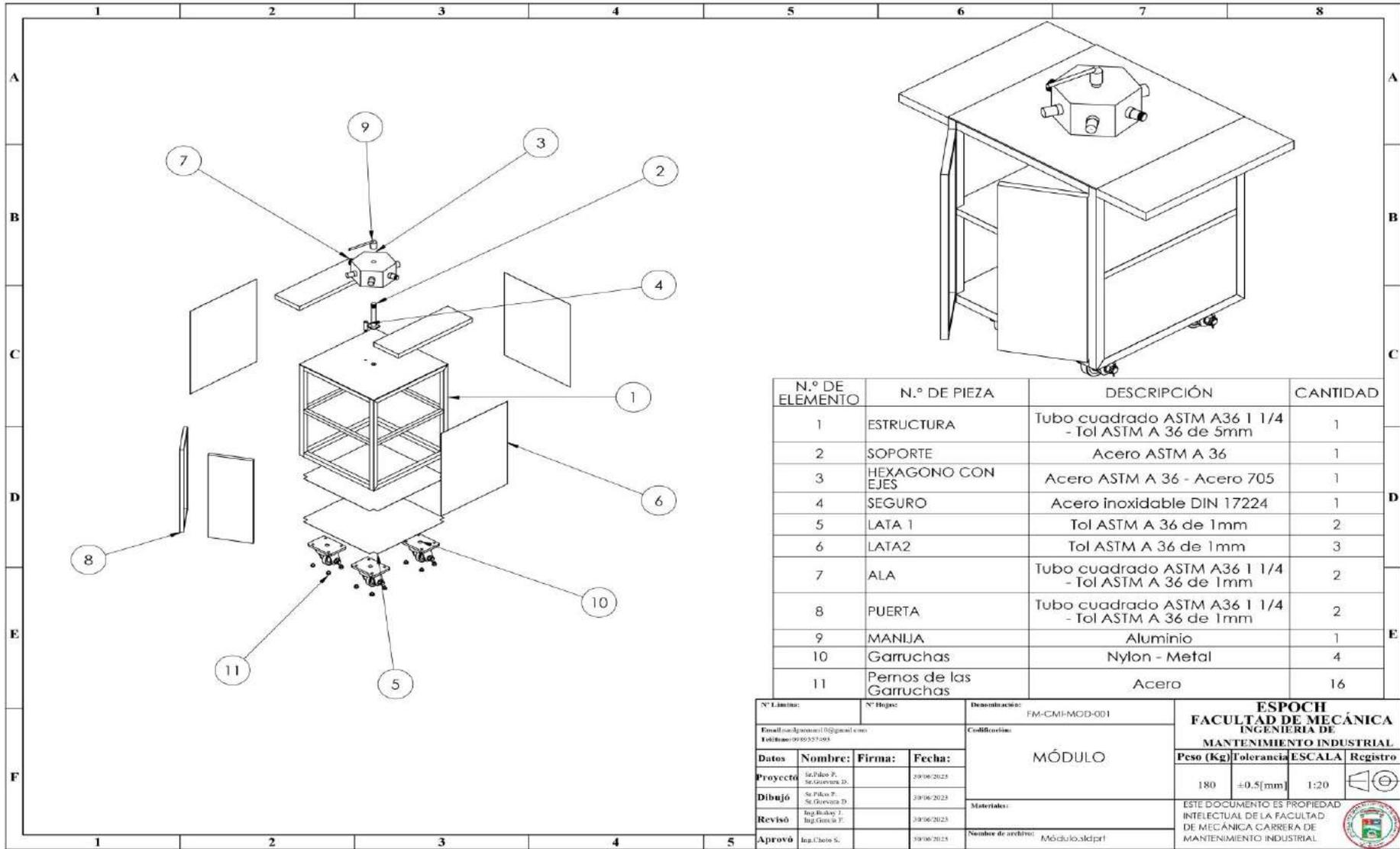
N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-EJ-004		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email:pulp1011@gmail.com Teléfono:0984667248				Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		ESCALA	
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Eje 4				3		±0.5[mm]		1:1			
Proyectó	Sr.David G. Sr.Paul P.		30/06/2023					Materiales:		Acero 705		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Dibujó	Sr.David G. Sr.Paul P.		30/06/2023	Nombre de archivo:		Eje4.sldprt									
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. Garcia F.		30/06/2023												
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023												



N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-EJ-005		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: pulp1011@gmail.com Teléfono: 0984667248				Denominación:				Eje 5	
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Materiales:		Peso (Kg)	Tolerancia		
Proyectó	Sr. David Guevara Sr. Paul Pilco		30/06/2023			Acero 705		2.7	±0.5[mm]
Dibujó	Sr. David Guevara Sr. Paul Pilco		30/06/2023	Nombre de archivo:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Revisó	Ing. Buñay J. Ing. García F.		30/06/2023						
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023						



N° Lámina:		N° Hojas:		Codificación: FM-CMI-EJ-006		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email:pulp1011@gmail.com Teléfono:0984667248				Denominación:						Peso (Kg)
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Eje 6		3.2		±0.5[mm]	1:1	
Proyectó	Sr.Pilco P. Sr.Guevara D.		30/06/2023			Materiales: Acero 705		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL		
Dibujó	Sr.Pilco P. Sr.Guevara D.		30/06/2023	Nombre de archivo: Eje6.sldprt						
Revisó	Ing.Buñay J. Ing.García F.		30/06/2023							
Aprovó	Ing. Choto S.		30/06/2023							



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA	Tubo cuadrado ASTM A36 1 1/4 - Tol ASTM A 36 de 5mm	1
2	SOPORTE	Acero ASTM A 36	1
3	HEXAGONO CON EJES	Acero ASTM A 36 - Acero 705	1
4	SEGURO	Acero inoxidable DIN 17224	1
5	LATA 1	Tol ASTM A 36 de 1mm	2
6	LATA2	Tol ASTM A 36 de 1mm	3
7	ALA	Tubo cuadrado ASTM A36 1 1/4 - Tol ASTM A 36 de 1mm	2
8	PUERTA	Tubo cuadrado ASTM A36 1 1/4 - Tol ASTM A 36 de 1mm	2
9	MANIJA	Aluminio	1
10	Garruchas	Nylon - Metal	4
11	Pernos de las Garruchas	Acero	16

Nº Lámina:		Nº Hojas:		Denominación: FM-CMI-MOD-001		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Email: (sac)@esPOCH.edu.ec		Teléfono: 0995357595		Código: MÓDULO			
Datos	Nombre:	Firma:	Fecha:	Peso (Kg) Tolerancia ESCALA Registro 180 ±0.5[mm] 1:20		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Proyecto	Dr. Pablo P. St. Guayana D.		20/06/2025				
Dibujo	Dr. Pablo P. St. Guayana D.		20/06/2025				
Revisó	Ing. Raluy J. Ing. García F.		20/06/2025				
Aprobó	Ing. Choto S.		20/06/2025	Número de archivo: Módulo.sldprt			

ANEXO G: CATALOGO DE GARRUCHAS



Catálogo Garruchas

Garrucha plataforma giratoria rodaje 10cm
para 80 kg
SM 24247



FICHA TÉCNICA

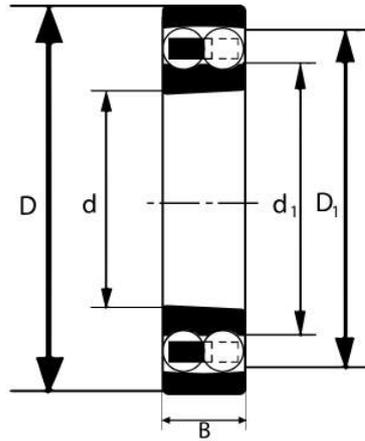
Categoría_vtex: Accesorios para muebles	SubCategoría_vtex: Garruchas y ruedas para muebles
Area_vtex: Ferrería	Características: Ideal para trasladar y/o movilizar muebles fácilmente.
Garantía: 1 Año	Observaciones: Tener en cuenta el tipo de piso.
Modelo: Girat Rodaje/pu.	Tipo de Producto: Garrucha
Sub-Tipo de Producto: Plataforma	Material: Nylon/Metal
Color: Naranja	Marca: SM
Advertencia de uso: No exceda el peso máximo de carga.	Capacidad de carga: 80 kg
Medida: 10 cm	

ANEXO H: CATALOGO DEL RODAMIENTO



▷ Rodamiento 1208-K oscilante de bolas 40X80X18mm

TRANSLINK SKU: 1208K-TL



Ficha Técnica	
Numeración del rodamiento	1208-K
Tipo del eje	Cónico
Diametro interno (d)	40 mm
Diametro externo (D)	80 mm
Altura (B)	18 mm
Resalte del anillo interior (d1)	54 mm
Resalte del anillo exterior (D1)	67,3 mm
Claridad entre los aceros	C3
CAPACIDAD DE CARGA	
Capacidad de carga Dinámica radial	19,400 N ≈ 19,4 qq
Capacidad de carga Estática radial	6,500 N ≈ 6,5 qq
Capacidad Límite de fatiga	415 N ≈ 0,4 qq
VELOCIDAD	
Velocidad Límite de rotación	10,100 rpm
Velocidad de referencia	8,600 rpm
Factor de cálculo	0,22

Acerca de:

La serie de rodamientos esféricos de bolas, también conocido como rodamientos oscilantes, están diseñados para soportar cierto grado de desalineación. Gracias a su diseño, este soporta alta velocidad, por lo tanto, también soporta altas cargas radiales en velocidades mas altas comparándolo con los rodamientos de rodillos cilíndricos, debido a su punto de contacto. Estos rodamientos suelen ser mas silenciosos, y trabajan en temperaturas mas bajas.

Aplicaciones:

Las aplicaciones más populares en este tipo de productos son las siguientes:

- Motores agrícolas
- Maquinaria industrial
- Soportes de bridas
- Chumaceras bi-partidas
- Bandas transportadoras
- Ejes de barcos

Lubricación:

Se recomienda que estos sean lubricados de manera continua, ya sea sumergidos, o con abundante grasa para cojinete, puesto que si este detalle se descuida, el tiempo de vida de los mismos, disminuye.

Montaje:

Toma en cuenta que este rodamiento pose EJE CÓNICO, lo que indica que necesitas **combinarlo con un manguito de fijación a la medida**. Este se vende por separado dependiendo de las necesidades del equipo, y la medida del eje. Una vez posees el bushing adecuado, procede a colocarlo en el cojinete de manera correcta, atravesando el mango en el mismo, y dejando sobrepuesta la arandela y la tuerca. Procede a colocar el cojinete junto con el eje. Una vez este se encuentre debidamente colocado en donde se piensa utilizar, procede a apretar la tuerca. Una vez esta se encuentre debidamente apretada, baja una de las estrellas de la arandela para que esta castigue de manera correcta al eje y evite así que este se salga.