



Sistematización del proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos mediante metodología DFMA - Diseño para fabricación y ensamble – para la empresa Tablecortes S.A.S.

Rafael Alfonso Fuquene

Código: 10431514021

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá - Colombia

2023

Sistematización del proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos mediante metodología DFMA - Diseño para fabricación y ensamble – para la empresa Tablecortes S.A.S.

Rafael Alfonso Fuquene

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

Director :
Henry Moreno Acosta

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ciudad, Colombia

Año

NOTA DE ACEPTACIÓN

Sistematización del proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos mediante metodología DFMA - Diseño para fabricación y ensamble – para la empresa Tablecortes S.A.S.

Cumple con los requisitos para optar
Al título de Ingeniero electromecánico.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

DEDICATORIA

Este proyecto de grado está dedicado de antemano a Dios por permitirnos vivir, soñar y llevar a cabo las metas propuestas del presente proyecto; A mi familia y en especial a mis padres Rafael Alfonso Rojas y Betty Fúquene Córdoba por darme la vida, creer en mi darme amor, apoyo y querer siempre lo mejor para mi bienestar, gracias por los estudios básicos que me han consolidado como profesional. A mi abuelo Juan de Jesús Alfonso Quijano quien fue la persona que más me apoyo cuando decidí dar esta gran pasa en mi vida.

A mis compañeros de estudio y profesores que de una u otra forma me guiaron para alcanzar los logros requeridos a lo largo de estos 5 años o más y a la universidad Antonio Nariño por la educación y formación como ingeniero electromecánico.

AGRADECIMIENTOS.

Un enorme Agradecimiento al director de proyecto Henry Moreno Acosta por su apoyo, paciencia, asesoría y cordialidad mostrada en la ejecución del presente proyecto de diseño, guiando el proceso de tal forma que se pudiese realizar satisfactoriamente, dejando enseñanzas a aplicar en el ámbito profesional.

Agradezco a los evaluadores por la colaboración prestada y aquellas observaciones al proyecto buscando la mejora al 100% de la idea propuesta. A la comunidad FIMEB UAN que prestaron apoyo para la ejecución de los procesos educativos en la carrera, fomentando la cultura del conocimiento, aprendizaje y autodisciplina, dando desarrollo directo al país y a la comunidad primaria donde se puede aplicar o ejercer la profesión aprendida en la Universidad Antonio Nariño.

RESUMEN

El proceso de diseño y fabricación de mecanismos de entretenimiento apoyados por la metodología DFMA no existe en Tablecortes S.A.S. En este proyecto se presenta la propuesta de organizar el proceso de diseño y fabricación de estos mecanismos para niños y adultos mediante la metodología DFMA. Los mecanismos de entretenimiento son conocidos como "Autómatas de Madera" en redes sociales y generan interés por su integración de movimientos en partes o componentes de personajes o objetos que transmiten mensaje. La aplicación de la metodología DFMA permite mejoras en la producción, optimizar los procesos de diseño y fabricación, reducir la producción no conforme y proporcionar documentación técnica. El diseño se apoyará en la tecnología CAD y se incorporarán técnicas y dispositivos modernos como el corte láser en la definición del proceso de fabricación. **Palabras clave:** Diseño, Fabricación, Mecanismos de entretenimiento, CAD, DFMA, Tablecortes S.A.S., Propuesta de proyecto

ABSTRACT

The design and manufacture process of leisure mechanisms supported by DFMA methodology does not exist at Tablecortes S.A.S. This proposal presents the project to organize the design and manufacture process of entertainment mechanisms for children and adults, using the DFMA methodology - Design for Manufacture and Assembly. The leisure mechanisms, referred to as "Wooden Automats" on social networks, generate interest due to their integration of movements in parts or components of characters or objects that convey a message. The application of the DFMA methodology will improve productivity, optimize design and manufacturing processes, reduce non-conform production, and provide technical documentation. The design will be supported by CAD technology and modern techniques and devices such as laser cutting will be incorporated in the definition of the manufacturing process.

Keywords:

Design, Manufacturing, Entertainment Mechanisms, CAD, DFMA methodology, Tablecortes S.A.S., Project Proposal

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 GENERALIDADES DEL PROYECTO	18
1.1. Introducción	18
1.2. Planteamiento del problema	19
1.3. Objetivos.	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.	22
1.4. Justificación.	23
1.5. Alcance del proyecto	24
1.5.0. Descripción de los autómatas.....	24
1.5.1. Autómatas en madera.	24
1.5.2. Partes de un autómata	26
2 ESTADO DEL ARTE	28
2.1. Diagramas de movimientos autómata 1.....	37
2.2. Diagramas de movimiento autómata 2.....	50
3 MARCO TEÓRICO	51
3.1. Teoría de los mecanismos básicos	51
3.2. Engranajes de diente recto	51
3.2.1. Formulas fundamentales	52
3.3. Leva seguidora	55
3.3.1. Tras ductor Transformación de movimiento	56
3.3.2. Diagrama de desplazamiento.....	57
3.3.4. Diseño gráfico y analítico del perfil de la leva.....	59
3.4. Biela manivela	60
3.4.1. Componentes básicos del mecanismo.....	62
3.4.2. Funcionamiento y transformación del movimiento.....	64
3.5. Poleas	64
3.5.1. Relación de transmisión por diámetros.....	65
3.6. Mecanismo de 4 barras	66
3.6.1. Método gráfico y análisis de posición.....	66
3.7. Ruedas de fricción	70
4 DISEÑO PRELIMINAR	77
4.1.1. Problema.....	77
4.1.2. Funciones, requisitos de diseño y criterios de selección.....	78
4.1.3. Requisitos de diseño.....	78
4.1.4. Criterios de selección.....	79
4.1.5. Alternativas de diseño y selección.....	79
4.1.6. Decisión de diseño para la fabricación del autómata.....	83
5 DISEÑO DE DETALLE	85
5.1.0. Análisis de los movimientos y mecanismos del autómata.....	85
5.1.2. Diagramas de movimientos	91
5.2.0. Modelamientos y diseño CAD (SolidWorks 2023)	93
5.3.0. Cálculo de movimientos.....	93

5.4.0. Relación en la relación de transmisión de movimiento.....	94
5.4.1. Diseño primer tren de engranajes.....	95
5.4.2. Dimensionamiento y cálculo de los engranajes del primer tren.....	96
5.4.3. Diseño segundo tren de engranajes.....	97
5.4.4. Dimensionamiento y cálculo de los engranajes del segundo tren.....	98
5.4.5. Análisis y cálculo de mecanismos generadores de movimientos de salida.....	100
5.5.0. Cálculos Momento 1 y Momento 8.....	100
5.5.1. Posiciones del personaje y mecanismos	101
5.5.2. Mecanismos involucrados los movimientos 1M.2 y 1M.1.....	102
5.5.3. Cálculo del mecanismo de 4 barras.....	102
5.6.0. Calculo mecanismo de transmisión ortogonal.....	107
5.6.1. Cálculos Momento 2 y Momento 7.....	108
5.6.2. Posiciones del personaje y mecanismos.....	109
5.6.3. Mecanismos involucrados en el movimiento 1M.3 – 1M.4.....	109
5.6.4. Calculo mecanismo biela manivela.....	110
5.6.5. Calculo mecanismo leva seguidor.....	113
5.6.6. Condiciones del seguidor.....	114
5.7.0. Calculo momento 3.....	121
5.7.1. Posiciones del personaje y mecanismos	122
5.7.2. Mecanismos involucrados en el movimiento 1M.5.....	122
5.7.3. Calculo mecanismo leva seguidor	122
5.7.4. Condiciones del seguidor.....	123
5.8.0. Cálculos momento 4 y momento 6.....	128
5.8.1. Calculo mecanismo de transmisión ortogonal.....	128
5.9.0. Cálculos momento 5.....	130
5.9.1. Posiciones del personaje y mecanismos.....	130
5.9.2. Calculo mecanismo leva seguidor	131
5.9.3. Condiciones del seguidor	132
5.10.0. Fabricación del prototipo (corte laser)	137
6. CRITERIOS METODOLOGIA DFMA.....	138
CONCLUSIONES	140
BIBLIOGRAFÍA	142

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Autómatas artesanal de un solo movimiento.....	20
Figura 2. Autómatas escritores	26
Figura 3. Partes de un autómatas	27
Figura 4. Autómata junto al mar picante	30
Figura 5. Autómata Drácula	41
Figura 6. Sistema de engranaje.....	52
Figura 7. Partes de un engranaje.....	54
Figura 8. Mecanismo de Leva-Seguidor.....	55
Figura 9. Geometría básica de la Leva-Seguidor.....	57
Figura 10. Diagrama de desplazamiento.	58
Figura 11. Representación diseño gráfico de un perfil de leva.	59
Figura 12. Mecanismo Biela-Manivela.....	63
Figura 13. Esquema Biela-Manivela.....	64
Figura 14. Biela-Manivela mecanismo de 4 barras.....	67
Figura 15. Nomenclatura composición Biela-Manivela.....	68
Figura 16. Trayectorias posibles de los nodos.....	69
Figura 17. Intersección de la trayectoria relativa B/A con respecto a la absoluta B	69
Figura 18. Trazo de triángulos para calculo teorema de coseno	70
Figura 19. Operadores mecanismo de fricción	71
Figura 20. Ruedas de fricción	71
Figura 21. Ruedas de fricción sentido de giro: Mecanismo Itani V2.....	71
Figura 22. Sentido de giro ruedas de fricción	72
Figura 23. Ejemplo de un diseño inicial en la metodología DFMA.....	73
Figura 24. Autómata junto al mar picante.....	80
Figura 25. Autómata Drácula	81
Figura 26. Autómata Doncella francesa	82
Figura 27. Autómata de fabricación artesanal (doncella francesa)	84
Figura 28. Posición inicial personajes (doncella francesa)	93
Figura 29. Mecanismo de movimiento de entrada (doncella francesa)	94
Figura 30. Primer tren de engranajes de diente recto	96
Figura 31. Segundo tren de engranajes de diente recto	98
Figura 32. Flujo de movimiento transmisión de reducción ($nt=12/1$)	100
Figura 33. Posiciones del movimiento 1M.2 y 1M.1	101
Figura 34. Dimensiones mecanismo de 4 barras	103
Figura 35. Posición inicial mecanismo de 4 barras	105
Figura 36. Posición final mecanismo de 4 barras	107
Figura 37. Transmisión ortogonal movimiento 1M.2 y 1M.1	108
Figura 38. Posiciones de movimiento 1M.3 – 1M4	109
Figura 39. Angulo de giro y diámetro de la manivela	110
Figura 40. Desplazamiento de la biela.	111

Figura 41. Mecanismo biela manivela cadera doncella.	112
Figura 42. Perfil de la leva movimiento 1M.3.	120
Figura 43. Desplazamiento del seguidor de la leva.	121
Figura 44. Posiciones del movimiento 1M.5	122
Figura 45. Movimiento de rotación alternativo seguidor de leva	123
Figura 46. Montaje leva seguidor 1M.3.	124
Figura 47. Perfil de la leva movimiento 1M.5.	127
Figura 48. Desplazamiento del seguidor de la leva.	127
Figura 49. Mecanismo de transmision ortogonal 1M.1-1M.2.....	129
Figura 50. Mecanismo de transmision ortogonal	130
Figura 51. Posiciones del movimiento 3M.6	131
Figura 52. Movimiento lineal tipo alternativo de leva seguidor 3M.6	132
Figura 53. Perfil de la leva movimiento 3M.6.....	136
Figura 54. Desplazamiento del seguidor de la leva.....	136

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del autómeta 1.	29
Tabla 2. Nomenclatura de los personajes autómeta 1.....	31
Tabla 3. Cuadro de nomenclatura de movimientos.....	31
Tabla 4. Movimiento de los personajes autómeta 1.....	32
Tabla 5. Momento de los personajes autómeta 1.	33
Tabla 6. Descripción del autómeta 2.	40
Tabla 7. Nomenclatura de los personajes autómeta 2.....	41
Tabla 8. Nomenclatura de los personajes autómeta 2.....	41
Tabla 9. Cuadro de nomenclatura de movimientos autómeta 2.....	42
Tabla 10. Movimiento de los personajes autómeta 2.....	42
Tabla 11. Momento de los personajes autómeta 2.	43
Tabla 12. Tipos de movimientos fórmulas para el calculo de desplazamiento.....	62
Tabla 13. Metodología DFMA.....	75
Tabla 14. Análisis y criterios de selección capítulo 15 elementos R. Mott.	83
Tabla 15. Nomenclatura de los personajes.....	86
Tabla 16. Cuadro de nomenclatura de los movimientos	86
Tabla 17. Momento de los personajes autómeta doncella francesa.....	87
Tabla 18. Calculo dimensión de engranajes primer tren.....	97
Tabla 19. Calculo dimensión de engranajes segundo tren.....	98
Tabla 20. Calculo mecanismo de 4 barras.....	106
Tabla 21. Calculo mecanismo biela manivela.....	113
Tabla 22. Diseño y calculo mecanismo leva seguidor en Excel.....	117
Tabla 23. Diseño y calculo mecanismo leva seguidor en Excel.	125
Tabla 24. Diseño y calculo mecanismo leva seguidor en Excel.....	134

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1. Movimientos de salida personaje 2 autómeta (Señora).....	38
Gráfico 2. Movimientos de salida personaje 3 autómeta (Niño)	38
Gráfico 3. Movimientos de salida personaje 4 autómeta (Niña)	39
Gráfico 4. Movimientos de salida personaje 5 autómeta (Adolescente)	39
Gráfico 5. Movimientos de salida personaje 6 autómeta (Pelota)	40
Gráfico 6. Movimientos de salida personaje 1 autómeta (Drácula)	49
Gráfico 7. Movimientos de salida personaje 2 autómeta (Ataúd)	50
Gráfico 8. Movimientos de salida personaje 3 autómeta (Sol)	50
Gráfico 9. Movimientos de salida personaje 1 autómeta (Doncella)	91
Gráfico 10. Movimientos de salida personaje 2 autómeta (Señor)	92
Gráfico 11. Movimientos de salida personaje 3 autómeta (Perro)	92

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se expone y organiza el proceso de diseño y fabricación de mecanismos de diversión para niños y adultos bajo el nombre de "*Autómatas en madera*", mediante la utilización de la metodología DFMA (Diseño para fabricación y ensamble) para la *empresa Tablecortes S.A.S.*

El objetivo principal es organizar y mejorar el proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos en la empresa Tablecortes S.A.S, con la implementación de la dicha metodología que ha demostrado ser efectiva para el aumento de la productividad y la reducción de costos, como se pudo evidenciar en la industria automotriz donde se ha usado esta herramienta para lograr un ahorro significativo en el ensamble y una reducción en la cantidad de partes sin afectar la funcionalidad del mecanismo, lo que demuestra la eficacia de la metodología DFMA y que su aplicación en la fabricación de autómatas de madera puede traer consigo mejoras en los procesos de diseño y fabricación (Freckleton, 1997).

La Metodología DFMA permitirá a la empresa tener un proceso de diseño y fabricación más eficiente y organizada, mejorando su productividad y posibilidades comerciales. Además, a través de esta se moderniza y se agiliza el diseño, fabricación y ensamble técnico de estos mecanismos, con los cuales se mejora la productividad, se disminuye la producción no conforme y se facilita la documentación técnica de los procesos y productos y simplificación y mejoramiento de los diseños (Araque & Vélez, 2016).

En el primer capítulo se presenta el proyecto, donde se plantea el problema que se desea resolver con el desarrollo de este trabajo, esto será acompañado de los antecedentes, donde se expone las investigaciones del proyecto, se definen los objetivos específicos a alcanzar y se lleva a cabo la justificación donde se da las razones o motivos al lector para que sustente la importancia de la utilización de DFMA en la empresa Tablecortes S.A.S.

En el segundo capítulo se lleva a cabo el estado del arte donde se realiza un exhaustiva estudio y análisis al mecanismo de dos autómatas identificando movimientos de salida generado y se diseña una gráfica en donde se pretende plasmar el ciclo de funcionamiento de cada autómata.

En el tercer capítulo se lleva a cabo el marco teórico realizando el estudio y análisis de diferentes mecanismos básicos en la mecánica los cuales son utilizados para desarrollar este tipo de sistemas como lo son los autómatas en madera adicional se presentarán conceptos básicos y procedimientos realizados al aplicar la metodología DFMA con ayuda de una tabla la cual realiza un pequeño resumen de los aspectos contenidos en esta metodología.

En el cuarto capítulo se implementa la metodología DFMA con ayuda del libro diseño de elementos de máquinas R. Mott. Editorial Pearson. 4^a. Edición para la selección del diseño a fabricar la cual se rige bajo ciertos criterios y requerimientos que abordan el problema los cuales se deben tener en cuenta en este proceso.

En el quinto capítulo presenta el análisis de los resultados obtenidos en el cálculo de los mecanismos utilizados en el autómata seleccionado en el capítulo anterior de acuerdo a los criterios mencionados

1.2 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema principal consiste en que la información existente en redes sociales para la fabricación de “autómatas en madera” proviene de procesos artesanales, no formales, no ordenados, que dificultan desarrollar una producción ordenada y eficiente.

Al carecer de información ordenada o sistematizada para diseñar y producir diferentes tipos de “autómatas en madera”, sobre todo a partir de unos recursos constructivos estandarizados y modulares tipo “lego”, es que se ven afectados los procesos de fabricación, más aún cuando se piensan en procesos de fabricación en línea. Esta carencia de organización en la información afecta

los procesos de diseño y fabricación de “autómatas en madera”. No existen planos, análisis de diseño, selección de materiales, procesos de fabricación, ni mucho menos los estándares y pasos a seguir para el correcto ensamble.

Estos procesos de diseño y fabricación no existen aún en la empresa, y este proyecto es la primera aproximación a la definición de estos. Pero la definición de estos procesos se requiere organizar o sistematizar la información para facilitar el paso de una propuesta artesanal, presentada en redes sociales, a una propuesta formal con el correspondiente soporte técnico documental.

La importancia de tener un proceso descrito y organizado en el diseño y fabricación de productos es crucial para garantizar la eficiencia y eficacia en la producción. Un proceso bien estructurado permite mejorar la productividad, agilidad, disminución de producción no conforme y siendo lo más importante la documentación de los procesos, de los productos y simplifica y mejora los diseños (Vollmann et al., 2004).

Figura 1

Autómatas artesanal de un solo movimiento



Nota. <https://www.pinterest.es/pin/933159985262649224/>

Cuando no existe un proceso organizado de diseño y fabricación, se presenta una serie de problemas como:

1. Ineficiencia en la producción.
2. Mayor cantidad de producción no conforme.
3. Dificultad en la documentación técnica .
4. Falta de mejora en los diseños.
5. Disminución en la productividad .
6. Pérdida de interés por parte de inversionistas o clientes
7. Posibilidades comerciales.

Con esta metodología, la empresa busca *optimizar* los procesos de producción y mejorar la calidad de los productos. Sin embargo, en caso de no llevar a cabo una metodología como la DFMA, la empresa Tablecortes S.A.S. podría enfrentar resultados negativos en la implementación de esta propuesta. Teniendo entre ellos:

- Retrasos en la entrega de los productos,
- Disminución en la calidad
- Aumento en los costos.
- Ensamble no estandarizados y ordenados

Es necesario cambiar la concepción de producción artesanal por una de carácter ordenado y formal, para mejorar la eficiencia y eficacia en la fabricación de mecanismos de diversión para niños y adultos. Esto permitirá lograr una producción más ordenada y eficiente, una mayor satisfacción de los clientes y una mejor imagen de la empresa.

Para solucionar esta problemática es necesario implementar una metodología en la empresa Tablecortes S.A.S para solucionar los problemas de ineficiencia en el proceso de diseño y fabricación de mecanismos de diversión. La metodología permitirá:

- Una mayor organización en la información

- Un proceso más eficiente,
- Mejora la calidad de los productos
- Reduce el desperdicio
- Reduce los costos

Además, con el desarrollo de este proyecto se pretende resolver también el problema que se le presenta a la empresa Tablecortes S.A.S. de acumulación de retales de madera, como resultado de los procesos de corte de láminas de MDF. Estos retales de MDF representan aproximadamente el 5% del material comercializado, y restan espacio para almacenar material.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos de este documento son:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Sistematizar el proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos mediante metodología DFMA – Diseño para fabricación y ensamble – para la empresa Tablecortes S.A.S.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir y caracterizar los movimientos de salida de los personajes u objetos del mecanismo recreativo hasta un número de seis.
- Definir y caracterizar seis mecanismos generadores de los movimientos de salida.
- Integrar y coordinar al menos seis movimientos de salida.
- Elaborar el diseño y cálculo cinemático de los mecanismos generadores de los movimientos.
- Definir el proceso de fabricación, ensamble y puesta en funcionamiento del mecanismo recreativo teniendo en cuenta los planteamientos de la guía metodológica DFMA.
- Elaborar la documentación que soporta el diseño y la fabricación

1.4 JUSTIFICACION

Esta propuesta de proyecto tiene como objetivo utilizar la metodología DFMA para mejorar el proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos en la empresa *Tablecortes S.A.S.* La implementación de la metodología ofrece la posibilidad de simplificar el proceso de diseño, reducir sustancialmente las piezas innecesarias y optimizar los procesos de fabricación y ensamble. Se pretende aprovechar los residuos de los procesos de corte de maderas aglomeradas o MDF para reducir costos y tiempo de producción.

El uso de la metodología DFMA permite identificar áreas de mejora en el diseño de un producto, lo puede llevar a una *optimización* en su fabricación y ensamble, esto se logra al estudiar y analizar la fabricación y ensamblaje de los componentes, así como el proceso de fabricación permitiendo identificar y eliminar partes innecesarias o mejorar la eficiencia en el ensamble. Además, se incorporan al diseño, modular y escalar, permitiendo simplificar la producción y el número de piezas, contribuyendo a la reducción de costos en materiales.

La utilización de plantillas, guías, herramientas y matrices también ayuda a optimizar los procesos de fabricación y ensamble reduciendo el tiempo y los costos de mano de obra. El uso de la metodología DFMA también permite mejorar la calidad de los productos. Al planificar y analizar detalladamente cada aspecto del diseño y la fabricación, se pueden identificar y corregir problemas potenciales antes de que se produzcan durante la producción en masa. Esto asegura que los productos cumplan con el estándar de calidad y requerimientos del cliente, reduciendo el riesgo de fallas y devoluciones.

Además, al tener un proceso de fabricación más organizado y eficiente, se puede aumentar la productividad y reducir los errores humanos, lo que contribuye a una mayor calidad del producto final.

Por otro lado, las plantillas, guías, herramientas y matrices permiten una producción más eficiente y organizada. Estas herramientas ayudan a mantener un control metrológico de la producción, lo que a su vez mejora la calidad y precisión del producto final. Además, la modularidad y escalabilidad incorporadas en la metodología simplifican la elaboración y reducen el número de piezas innecesarias para un producto, lo que a su vez facilita la producción. La filosofía detrás de la metodología DFMA es la simplicidad, lo cual significa que se busca minimizar la cantidad de

piezas y componentes innecesarios en el diseño, y optimizar los procesos de fabricación y ensamble.

En otras palabras, la metodología DFMA permite la producción de productos de alta calidad de manera eficiente y organizada, lo que se traduce en una reducción de costos y una mayor eficiencia en la fabricación y ensamble.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

La empresa Tablecortes S.A.S. proporcionara el material de fabricación, producto de los residuos generados de su actividad comercializar tableros de madera aglomerada MDF.

Este proyecto fundamentalmente abarca el sistematizar la información requerida para el proceso de diseño y fabricación de mecanismos recreativos, aplicando la metodología DFMA y avanzar en una fase inicial de implementación del diseño y la construcción física de los elementos en madera por parte de la empresa Tablecortes S.A.S. El mecanismo recreativo tendrá dimensiones totales máximas de 25 cm x 25 cm x 25 cm ya que se encuentra dentro del rango de medida de los retales clasificados como desperdicios actualmente y el material que se utilizará será madera aglomerada MDF.

1.5.1 DESCRIPCION DE LOS AUTOMATAS

1.5.2 AUTOMATAS EN MADERA.

Los autómatas son dispositivos que recrean diferentes aspectos y movimientos de seres vivos u objetos como (animales, humanos, arboles, carros, pelotas, instrumentos musicales, etc.) con propósito de tipo lúdico o recreativo. Es un vasto universo combinando la mecánica junto a la tecnología y la creatividad de un artista.

El diseño de un autómata combina diferentes elementos mecánicos simples (levas, poleas, engranajes, bielas, etc.). ordenados o programados en forma mecánica los cuales son montados generalmente en (ejes, bases, soportes) estos generan unos movimientos de salida secuenciales

transmitidos a los personajes que componen el autómata para lograr la creación de algo más complejo y atractivo. La combinación de estos componentes básicos debidamente programados permite dar vida a una amplia variedad de creaciones divertidas y sorprendentes. Es un proceso en el que la imaginación y la creatividad del diseñador se combinan con los conocimientos en ramas de la mecánica y tecnología para lograr la creación de algo realmente impresionante y mágico a la vista.

Estos dispositivos tienen un espacio que está relacionado con las personas que interactúan u operan con estos mecanismos los cuales operan por accionamiento manual por lo tanto son de un grado de libertad ya que solo hay un elemento actuador de entrada que es la mano de la persona que interactúa u opera el autómata ingresando un movimiento de entrada de rotación permanente en un solo sentido, este movimiento de entrada se traslada a la zona de mecanismos donde es distribuido y transformado en varios tipos de movimientos de salida a través de los elementos mecánicos simples (levas, poleas, engranajes, biela manivela, etc.) y posteriormente transmitido este movimiento a los personajes que componen el autómata.

Otra característica de estos mecanismos son los materiales que se utilizan para su fabricación ya que son materiales de fácil procesamiento básicamente maderas de diferente tipo seleccionadas de acuerdo a la calidad que se le quiere dar al producto final.

La creación de autómatas data de la antigüedad, con una larga historia de innovación y perfeccionamiento a lo largo de los siglos. Un ejemplo de estos se evidencia en la Figura 1 , la cual, hace referencia al mecanismo de un autómata el cual se compone de cinco personajes que replican las acciones de escritores humanos (Burgos, 2017).

En la actualidad, los autómatas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde entretenimiento hasta industrias y robótica. Por ello es que su utilidad e importancia no se limitan únicamente al campo del entretenimiento y la lúdica, sino que tiene un sinnúmero de opciones que deben ser aprovechadas dentro del ámbito de la ingeniería, solo por dar un ejemplo.



Figura 2 autómatas escritores Fuente.
<https://co.pinterest.com/pin/526710118930607271/>

1.5.3 PARTES DE UN AUTOMATA

Todo autómatas se conforma fundamentalmente por cuatro elementos.

- Base (estructura principal).
- Personajes.
- Mecanismos generadores de movimientos de salida.
- Mecanismo generador de movimiento de entrada.

Cada uno de estos elementos, en perfecta coordinación, da como resultado un movimiento armónico, que se relaciona muchas veces con aspectos estéticos, y que da la sensación de movilidad, tan importante al momento de determinar este tipo de ejercicios. La siguiente figura

enumera cada una de las partes, para dar una respuesta mucho más gráfica de cada uno de los elementos que hacen parte de un autómata.

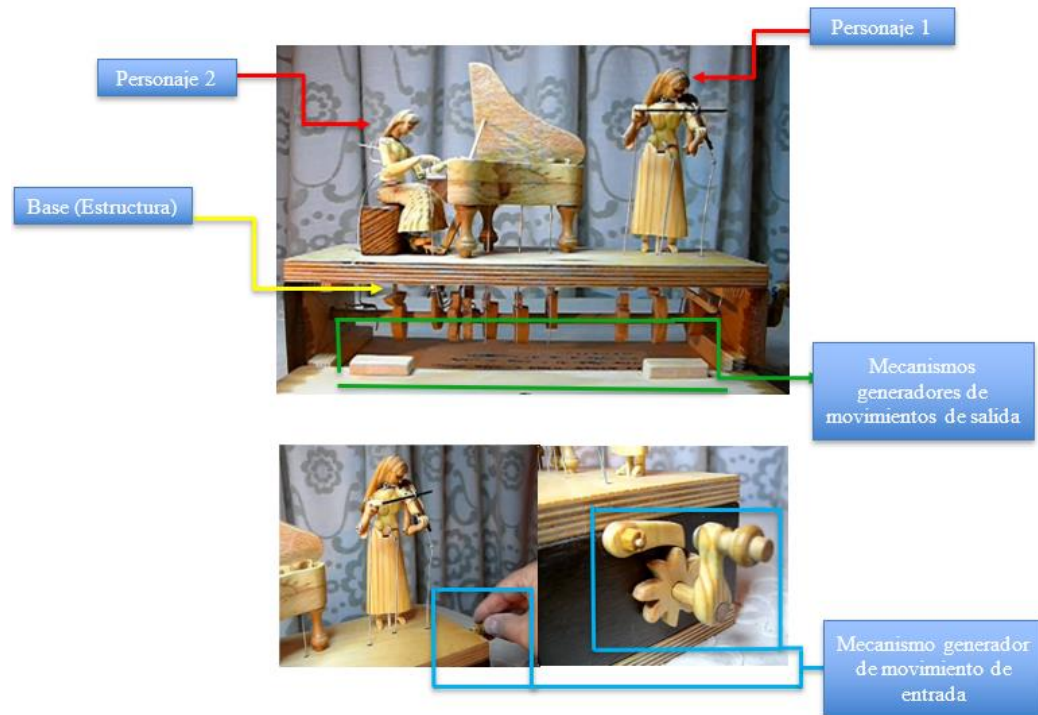


Figura 3 partes de un autómata Fuente: edición propia

Base (Estructura principal). La base o estructura principal es el componente del autómata encargado de sostener todos los elementos que conforman este sistema como lo son los mecanismos generadores de movimiento tanto de entrada como de salida, adicional a esto en su parte superior cuenta con una tarima o escenario donde se ubican los personajes que protagonizan el sketch o historia que quiere mostrar el autómata de madera.

Personajes. Los personajes juegan un papel importante en el autómata ya que son los encargados de transmitir el mensaje que se quiere dar al espectador o persona que interactúa con el mecanismo mediante los movimientos de salida generados, es importante aclarar que todo elemento que haga parte del sketch y genere un movimiento de forma independiente sobre la tarima es clasificado como personaje el cual puede ser (persona, animal, árbol, objeto, etc.)

Mecanismos generadores de movimientos de salida. Los mecanismos generadores de movimientos de salida son los elementos del autómeta que tienen como función transformar el movimiento de entrada de rotación permanente en un solo sentido el cual es inducido por la mano de la persona que opera el mecanismo. Esta transformación se da a través de mecanismos simples como (levas, poleas, bielas, engranajes, etc.) generando movimientos de diferente tipo para los personajes como lo son (rotación vertical y horizontal, rectilíneo de elevación y descenso, pendular, etc.) estos mecanismos son diseñados de acuerdo a los movimientos que se quiere generar en los personajes del autómeta.

Mecanismo generador de movimientos de entrada. Este mecanismo de tipo manual es el encargado de interactuar con el elemento actuador el cual es la mano de la persona que opera el autómeta induciendo al sistema un único movimiento de entrada de rotación pura y permanente con un grado de libertad mediante un mecanismo simple que por lo general es una manivela.

2. ESTADO DEL ARTE

Teniendo en cuenta que es indispensable desarrollar una aproximación a lo que se puede encontrar en las bases de datos académicas, así como en las demás fuentes no académicas, ejemplos claros de lo que se conoce como los autómetas en madera, así como observar cuales son las características de los diferentes tipos que se encuentran en la web, y con ello saber un poco más del tema a trabajar, en los siguientes apartados se hace una descripción sucinta de una serie de autómetas que se consideran puede describir muy bien lo que se espera con el proyecto que se ha venido desarrollando.

Tabla 1.
Descripción del autómata 1.

Descripción del Autómata 1.			
Autor del diseño: Tim Douglas			
Nombre:	Junto al Mar Picante	Número de movimientos de entrada:	1
Duración:	1:23	Número de movimientos de salida:	12
Personajes:	6	Fuente: YouTube	https://www.youtube.com/watch?v=pfvJHxfNw88

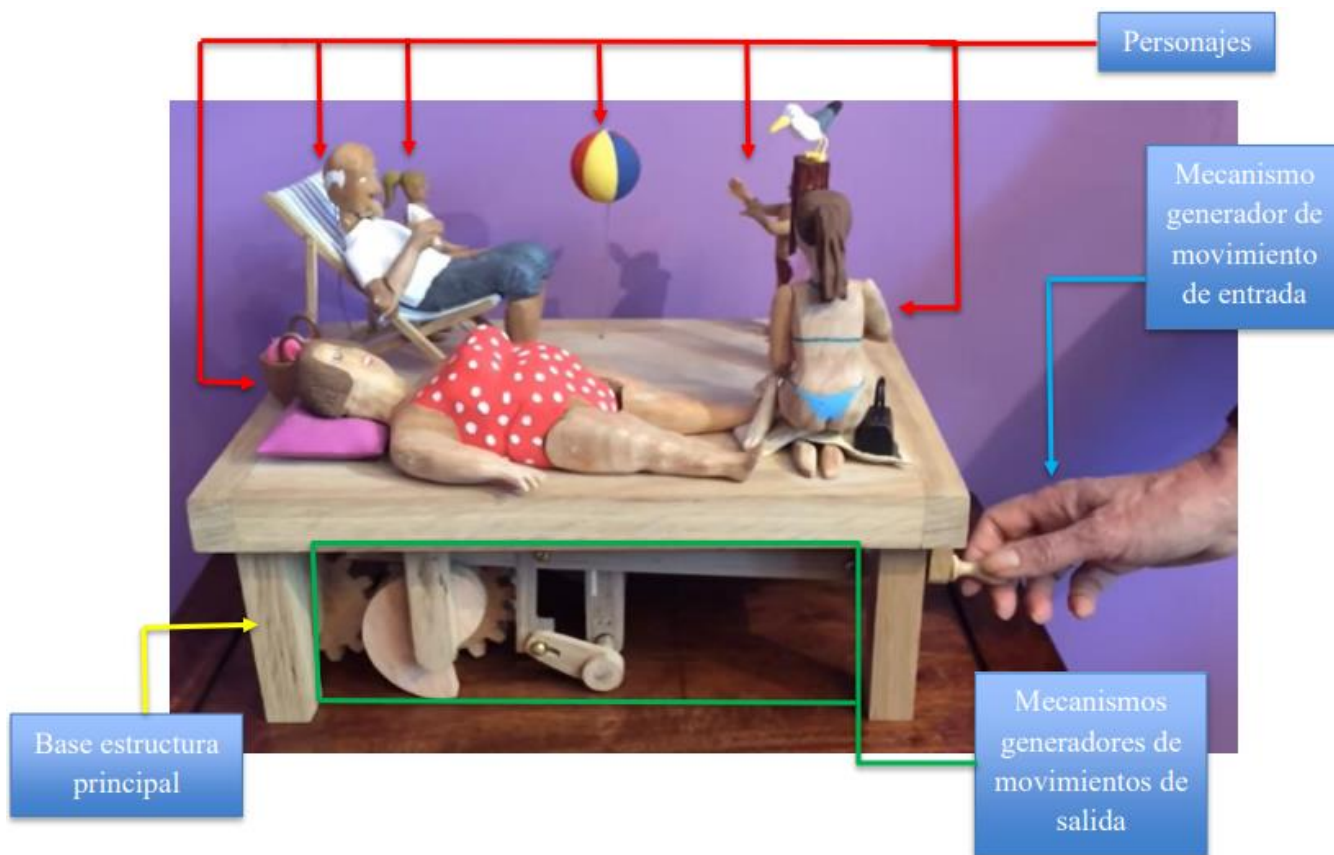
Descripción de la Historia:

Este autómata nos cuenta una corta historia de una familia la cual se encuentra disfrutando de un paseo en la playa en donde nos muestra a el abuelo el cual está comiendo un helado sentado en su silla de playa, en la parte de atrás del escenario se encuentra dos niños jugando con una pelota de forma continua durante todo ciclo de funcionamiento, de repente el abuelo se queda dormido y en consecuencia deja caer el helado que se estaba comiendo sobre la señora que se encontraba acostada sobre la arena tomando el sol y en cuanto siente el frio del helado sobre su pecho se asusta y accidentalmente empuja a la joven adolescente contra un poste en madera, el abuelo al sentir el estruendo generado se despierta y levanta el brazo con el que sujetaba el helado.

Nota. Elaboración propia.

A continuación, se observa el autómata descrito en la tabla anterior para darle una mayor evidencia grafica de los componentes y demás elementos que se han descrito.

Figura 4
 Junto al mar picante



Ahora bien, en los siguientes puntos es necesario desglosar cada uno de los elementos propuestos, para con dicho fin describir de manera muy detallada cada uno de los movimientos que realiza el autómata referenciado, para lo cual antes que nada es importante darle la nomenclatura a cada uno de los personajes. Esta nomenclatura sigue los siguientes parámetros:

Tabla 2.
Nomenclatura de los personajes autómeta 1

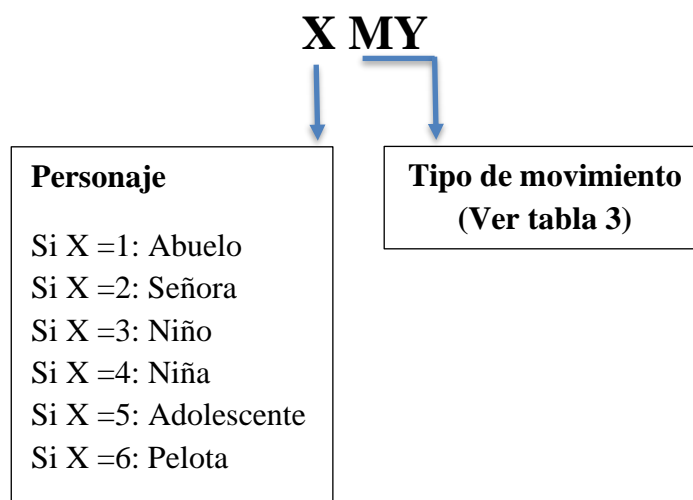


Tabla 3.
Cuadro de nomenclatura de movimientos

Ítem	Nombre	Tipo de Movimiento		Sentido de Giro		Nomenclatura
		Entrada	Salida	Horario	Anti horario	
1	Movimiento de Entrada	X		X		ME
2	Rotación horizontal restringido antihoraria		X		X	M2
3	Rotación vertical restringido horario		X	X		M3
4	Rotación Vertical Alternativo		X	Alternativo		M5
5	Traslación rectilínea vertical alternativa		X	Alternativo		M6
6	Rotación vertical restringido antihorario		X		X	M4
7	Rotación horizontal restringido horaria		X	X		M1

Fuente: Elaboración propia propia



Tabla 4


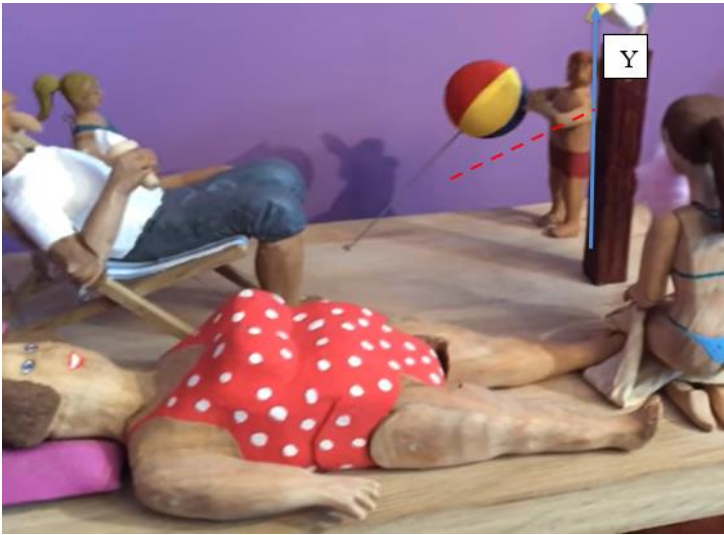
Tabla de movimiento de los personajes



Personaje (P1):	Abuelo	Personaje (P2)	Señora
MOVIMIENTOS DE SALIDA		MOVIMIENTOS DE SALIDA	
Rotación vertical alternativa	1M5	Rotación vertical restringida horario	2M3
Rotación vertical restringida horario	1M3	Rotación vertical restringida antihorario	2M4
Rotación vertical restringida antihorario	1M4		
TOTAL, MOVIMIENTOS	3	TOTAL, MOVIMIENTOS	2
Personaje (P3):	Niño	Personaje (P4):	Niña
MOVIMIENTOS DE SALIDA		MOVIMIENTOS DE SALIDA	
Rotación vertical restringida horario	3M3	Rotación vertical restringida horario	4M3
Rotación vertical restringida antihorario	3M4	Rotación vertical restringida antihorario	4M4
TOTAL, MOVIMIENTOS	2	TOTAL, MOVIMIENTOS	2
Personaje (P5):	Adolescente	Personaje (P6):	Pelota
MOVIMIENTOS DE SALIDA		MOVIMIENTOS DE SALIDA	
Rotación vertical restringida horario	3M3	Rotación vertical alternativa	6M5
Rotación vertical restringida antihorario	3M4		
Personaje (P3):	Niño		
TOTAL, MOVIMIENTOS	2	TOTAL, MOVIMIENTOS	1

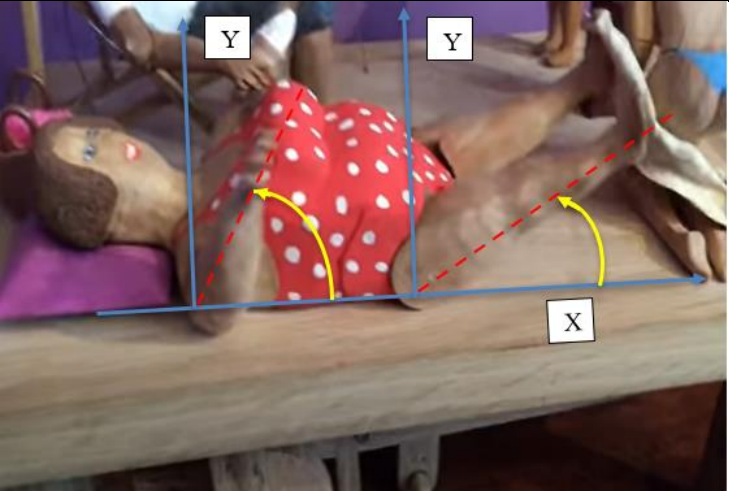

Fuente. Elaboración propia.

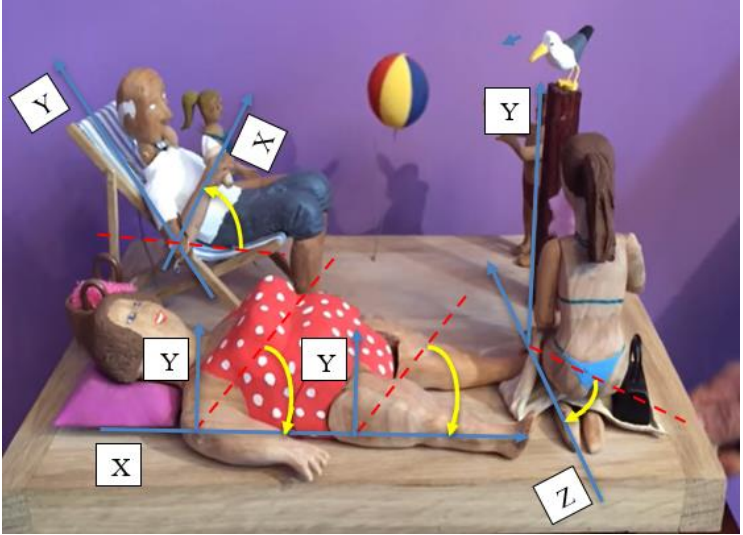
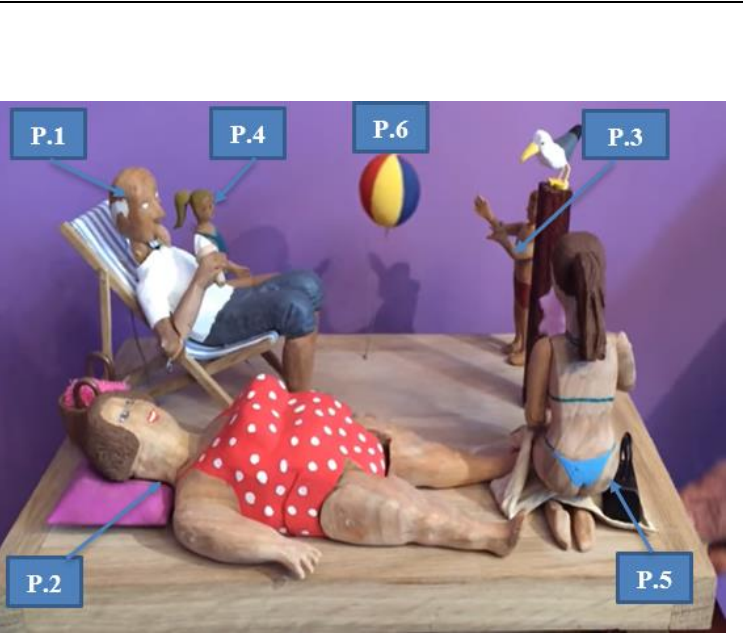
Tabla 5 Momento de los personajes autómatas 1.

Momento	Posición	Descripción
0		<p>Posición inicial de los 6 personajes</p> <p>para iniciar a describir los movimientos de salida se debe aplicar un movimiento de entrada (ME) rotacional en la manivela de entrada del mecanismo</p> <p>Tipo de movimiento de entrada</p> <p>Movimiento de rotación en sentido horario (ME)</p>
1		<p>Pelota</p> <p>la pelota da el movimiento inicial del sistema haciendo una rotación de 35° con respecto al eje (Y) en sentido antihorario hacia las manos de la niña y luego hacia las manos del niño rotando en sentido opuesto haciendo este movimiento de forma cíclica</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>rotación horizontal Alternativa (6M5)</p>

2		<p>Niña</p> <p>En cuanto la pelota se inclina hacia ella sus brazos se levantan realizando un Giro 60° grados con respecto al eje (Y) en sentido contrario a las manecillas del reloj y en cuanto el movimiento de la pelota cambia de dirección hacia el niño sus brazos regresan a la posición inicial realizando un giro en sentido horario.</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> -rotación vertical restringido antihorario (4M4) -rotación vertical restringido horario (4M3)
3		<p>Niño</p> <p>cuando la pelota se inclina hacia él el niño sus brazos se levantan realizando un Giro 60° grados con respecto al eje (Y) en sentido horario y cuando el movimiento de la pelota cambia de dirección hacia la niña sus brazos regresan a la posición inicial</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> -rotación vertical restringido antihorario (3M3)

4		<p>Abuelo</p> <p>Su cuello realiza un movimiento rotativo alternativo oscilando de $(0^\circ$ a $40^\circ)$ grados con respecto a su eje (Y) proyectado en el eje (X) a la altura de su hombro realizando cuatro ciclos con este movimiento para comerse el helado</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Rotación vertical alternativo (1M5)</p>
5		<p>Abuelo</p> <p>Al dormirse el abuelo su brazo rota 70° grados sobre su eje (Y) en sentido horario con respecto al eje (X) dejando caer el helado sobre el pecho de la señora que esta acostada en la arena.</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Rotación vertical restringido horario (1M3)</p>

6		<p>Señora</p> <p>Al sentir el helado frío en su pecho la señora se asusta y levanta sus cuatro extremidades rotándolas 45° grados con respecto a su eje (X) en sentido antihorario con respecto al eje (Y)</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Rotación vertical restringido antihorario (2M4)</p>
7		<p>Adolescente</p> <p>La adolescente al ser empujada por la señora sus piernas rotan 30° grados con respecto al eje (Z) en sentido antihorario proyectado al eje (Y) provocando que se golpee la cabeza con un tronco que se encontraba clavado en la playa.</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Movimiento rotación horizontal restringido horario (5M4)</p>

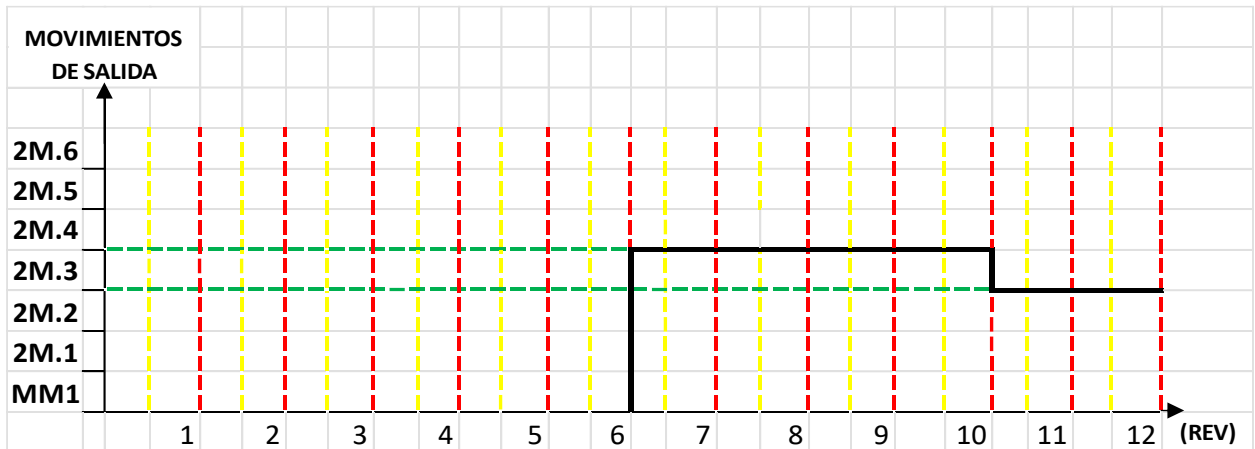
8		<p>Abuelo-Señora-Adolescente</p> <p>El abuelo, la señora y la adolescente realizan de forma independiente una rotación al mismo tiempo para regresar cada uno a su posición inicial.</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Movimiento rotación vertical restringido antihorario (1M4)</p>
0		<p>-Abuelo (P.1)</p> <p>-Señora (P.2)</p> <p>-Niño (P.3)</p> <p>-Niña (P.4)</p> <p>-Adolescente (P.5)</p> <p>-Pelota (P.6)</p> <p>Todos los personajes regresan a su posición inicial (momento 0) listos para iniciar un nuevo ciclo de funcionamiento del sistema</p>

DIAGRAMAS DE MOVIMIENTOS AUTOMATA 1

A partir de la información que se presentó en la tabla anterior se toma información para desarrollar una herramienta que va a ser útil para el estudio ordenado y sistemático de los movimientos del autómata la doncella francesa. En estos diagramas se van a mostrar en el eje horizontal un número

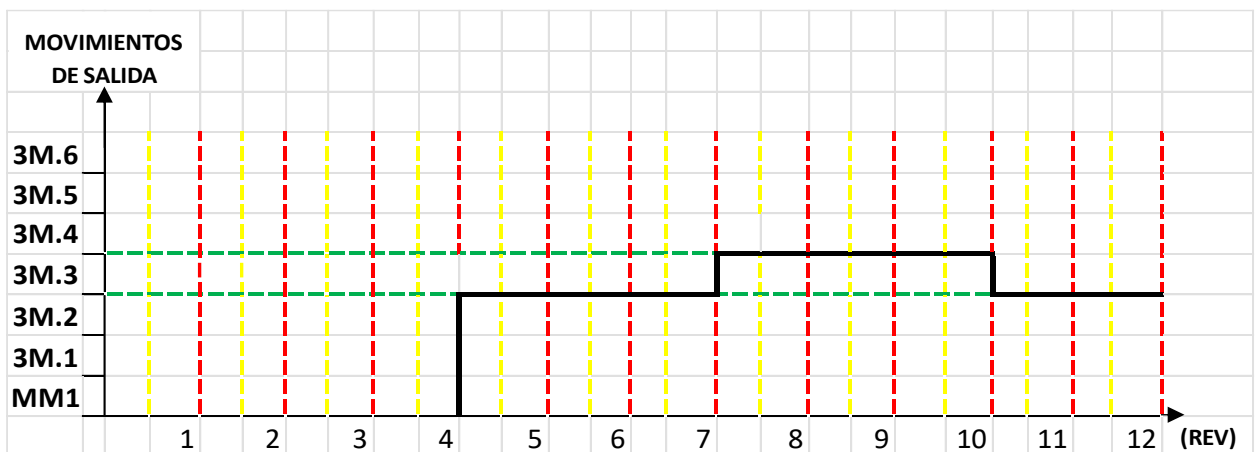
determinado de revoluciones necesarias para completar el ciclo de funcionamiento del autómata mientras que en el eje vertical se ubicarán los diferentes tipos de movimientos de salida del autómata descritos en la tabla 3.

Gráfico 1: Movimientos de salida personaje 2 autómata (Junto al marpicante)



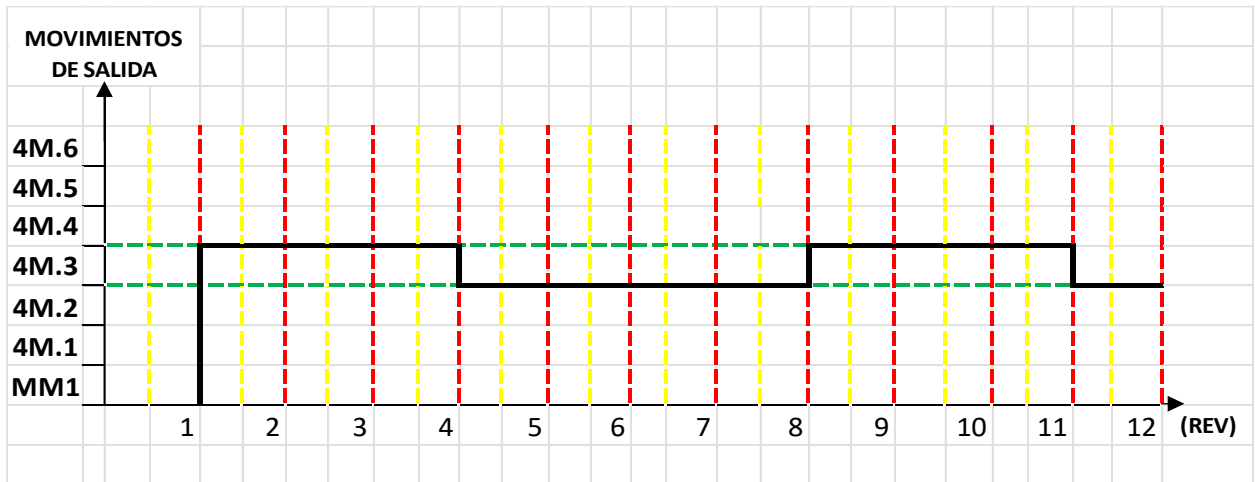
Fuente: Autor

Gráfico 2: Movimientos de salida personaje 3 autómata (Junto al mar picante)



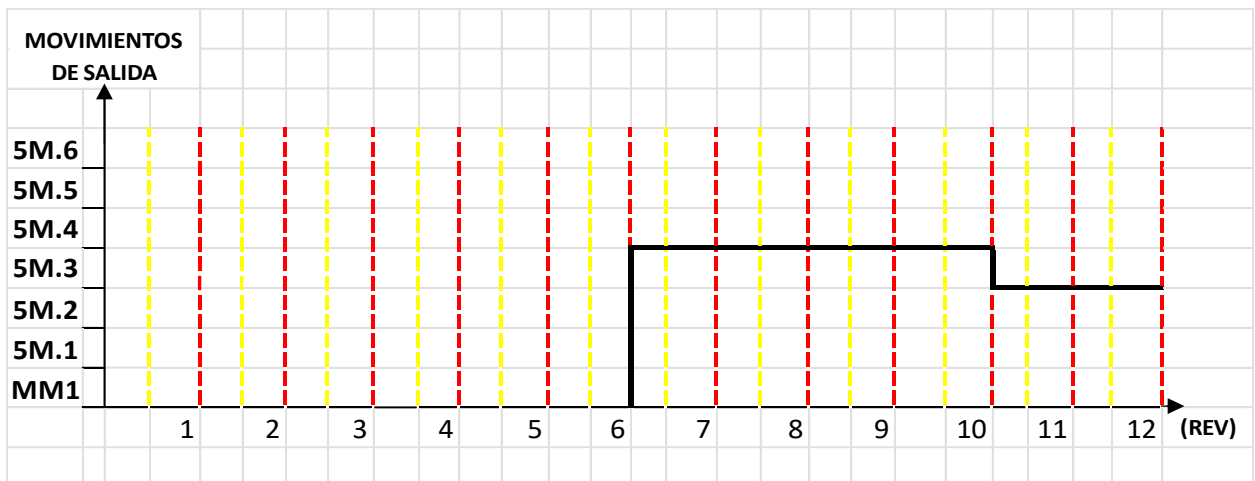
Fuente: Autor

Gráfico 3: Movimientos de salida personaje 4 autómeta (Junto al mar picante)

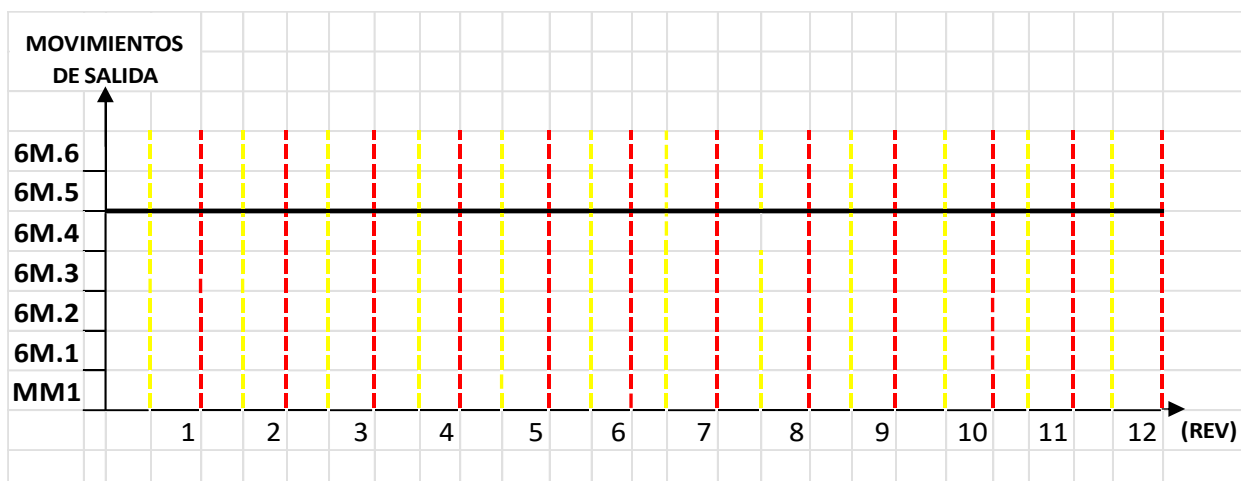


Fuente: Autor

Gráfico 4: Movimientos de salida personaje 5 autómeta (Junto al mar picante)



Fuente: Autor

Gráfico 5: Movimientos de salida personaje 6 automática (Junto al mar picante)

Fuente: Autor

Tabla 6.

Descripción del autómata 2.

Descripción del Autómata 1.**Autor del diseño:** Tim Douglas**Nombre:** Dracula **Número de movimientos de entrada:** 1**Duración:** 2:12 **Número de movimientos de salida:** 10**Personajes:** 3 **Fuente:** YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=cCclh7qq-GE&>**Descripción de la Historia:**

Este autómata cuenta la historia de un personaje icónico como lo es Drácula, el sketch da inicio cuando se eleva el ataúd de la profundidad de la tierra. posteriormente al estar en la superficie se abre lentamente la tapa del ataúd dando un toque de suspenso a la historia seguidamente Drácula se despierta e inclina su cuerpo para sentarse, al girar su cabeza y observar su entorno nota que ya está amaneciendo y el sol está saliendo por lo tanto rápidamente gira su cabeza y se acuesta nuevamente cerrando la tapa del ataúd y finalmente desciende sobre la superficie de la tierra ocultándose nuevamente el sol para dar inicio a un nuevo ciclo de funcionamiento.

Nota. Elaboración propia.

Figura 5. Autómata Drácula Fuente: edición propia

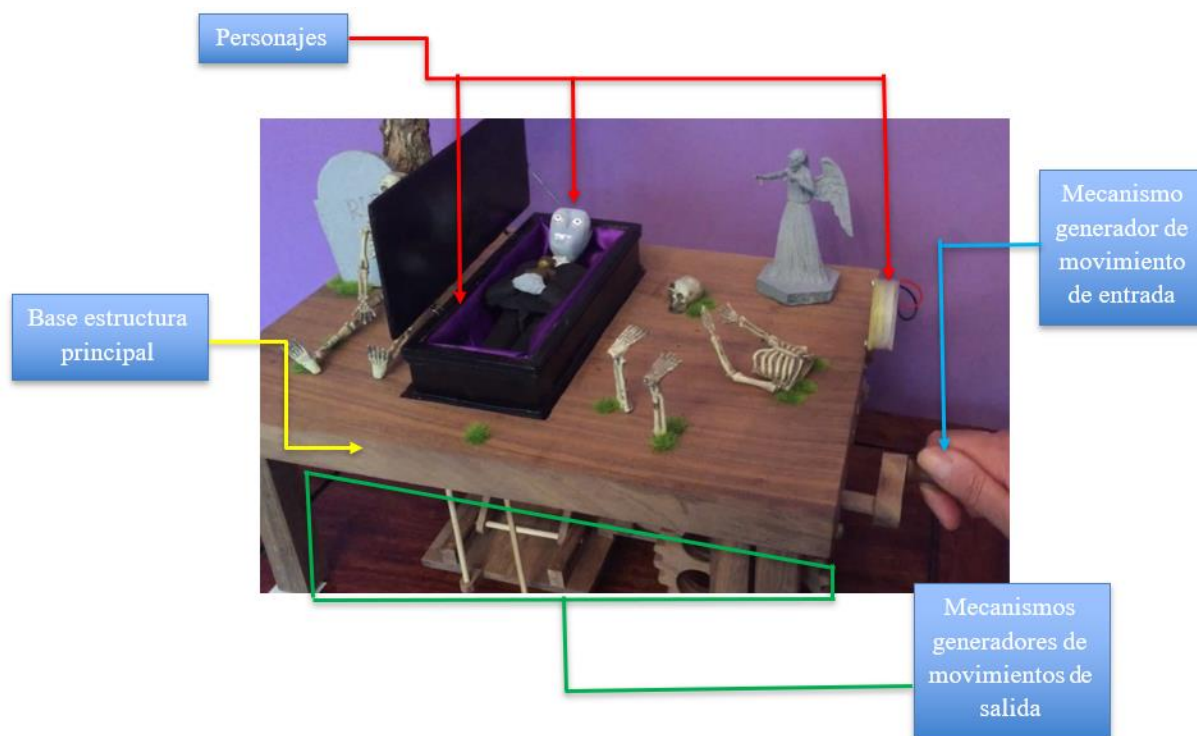


Tabla 8.

Nomenclatura de los personajes autómata 2

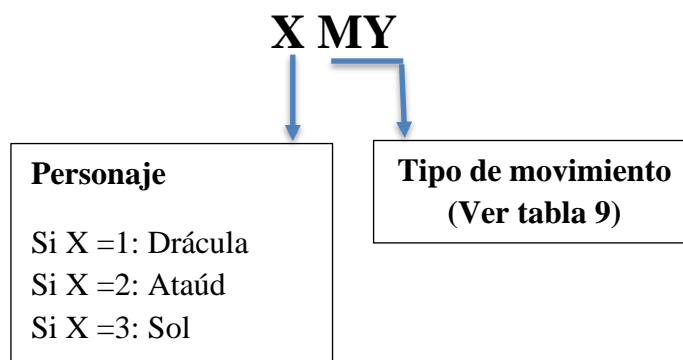


Tabla 9. Cuadro de nomenclatura de movimientos autómeta 2

Ítem	Nombre	Tipo de Movimiento		Sentido de Giro		Nomenclatura
		Entrada	Salida	Horario	Anti horario	
1	Movimiento de Entrada	X		X		ME
2	Rotación horizontal restringido antihoraria		X		X	M2
3	Rotación vertical restringido horario		X	X		M3
4	Rotación Vertical Alternativo		X	Alternativo		M5
5	Traslación rectilínea vertical alternativa		X	Alternativo		M6
6	Rotación vertical restringido antihorario		X		X	M4
7	Rotación horizontal restringido horaria		X	X		M1
8	Traslación rectilínea vertical restringida ascendente		X	Ascendente		M7
9	Traslación rectilínea vertical restringida descendente		X	Descendente		M8


Tabla 10 movimiento de los personajes autómeta 2

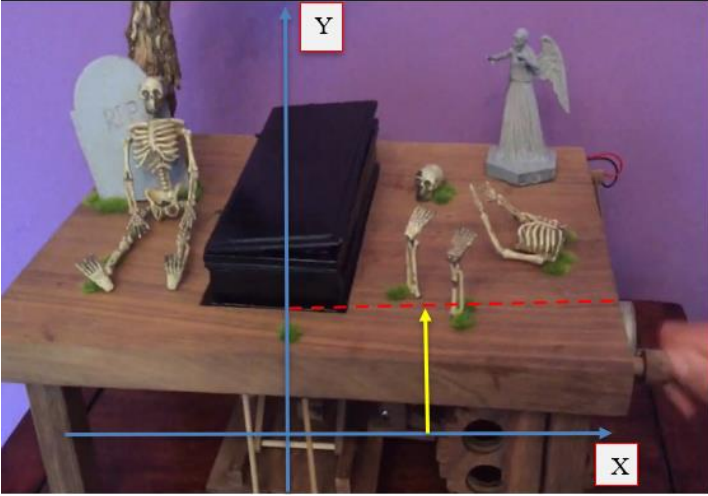

Personaje (P1):	Drácula	Personaje (P2)	Ataúd
MOVIMIENTOS DE SALIDA		MOVIMIENTOS DE SALIDA	
Rotación vertical restringida antihorario	1M4	Traslación rectilínea vertical Restringida ascendente	2M7
Rotación vertical restringida horario	1M3	Traslación rectilínea vertical restringida descendente	2M8
Rotación horizontal restringida antihorario	1M2	Rotación vertical restringida antihorario	2M4
Rotación horizontal restringida horario	1M1	Rotación vertical restringida horario	2M3
TOTAL MOVIMIENTOS	4	TOTAL MOVIMIENTOS	4



Personaje (P3):	sol
MOVIMIENTOS DE SALIDA	
Rotación vertical restringida horario	3M3
Rotación vertical restringida antihorario	3M4
TOTAL MOVIMIENTOS	2


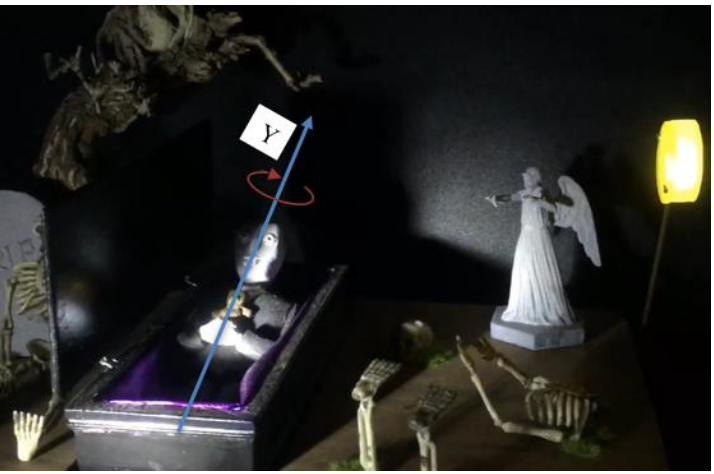
Fuente. Elaboración propia.



Tabla 11. Momento de los personajes autómatas 2.


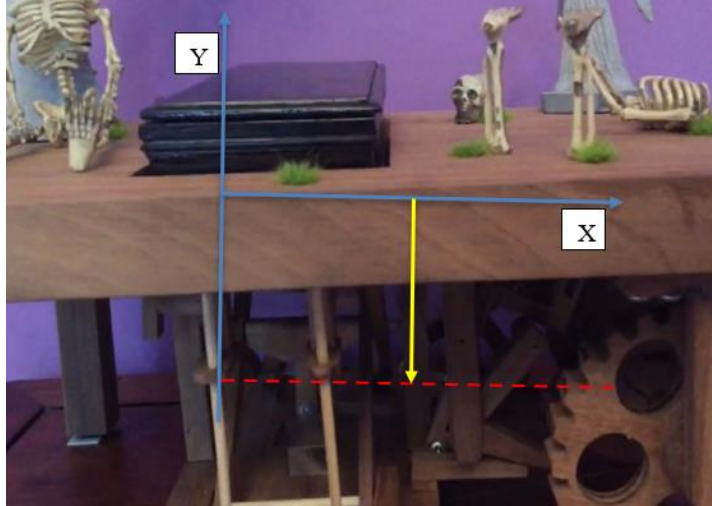
Momento	Posición	Descripción
0		<p>Posición inicial de los tres personajes</p> <p>para iniciar a describir los movimientos de salida se debe aplicar un movimiento de entrada (ME) rotacional en la manivela de entrada del mecanismo</p> <p>Tipo de movimiento de entrada</p> <p>Movimiento de rotación en sentido horario (ME)</p>

1		<p>Ataúd</p> <p>El ataúd asciende de la profundidad de la tierra a la superficie a través de un movimiento rectilíneo</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Traslación rectilínea vertical restringida ascendente (2M7)</p>
2		<p>Ataúd</p> <p>Se levanta la tapa del ataúd realizando un Giro 90° grados con respecto al eje (X) en sentido antihorario proyectado en el eje (Y)</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <p>-rotación vertical restringido antihorario (2M4)</p>

3		<p>Sol</p> <p>Sale el sol en su punto mas alto realizando un Giro 70° grados con respecto al eje (Z) en sentido horario proyectado en el eje (Y)</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> -rotación vertical restringido horario <p>(3M3)</p>
4		<p>Drácula</p> <p>Drácula inclina su torso realizando un Giro 70° grados con respecto al eje (Z) en sentido antihorario proyectado en el eje (Y) para sentarse</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> -rotación vertical restringido antihorario <p>(1M4)</p>

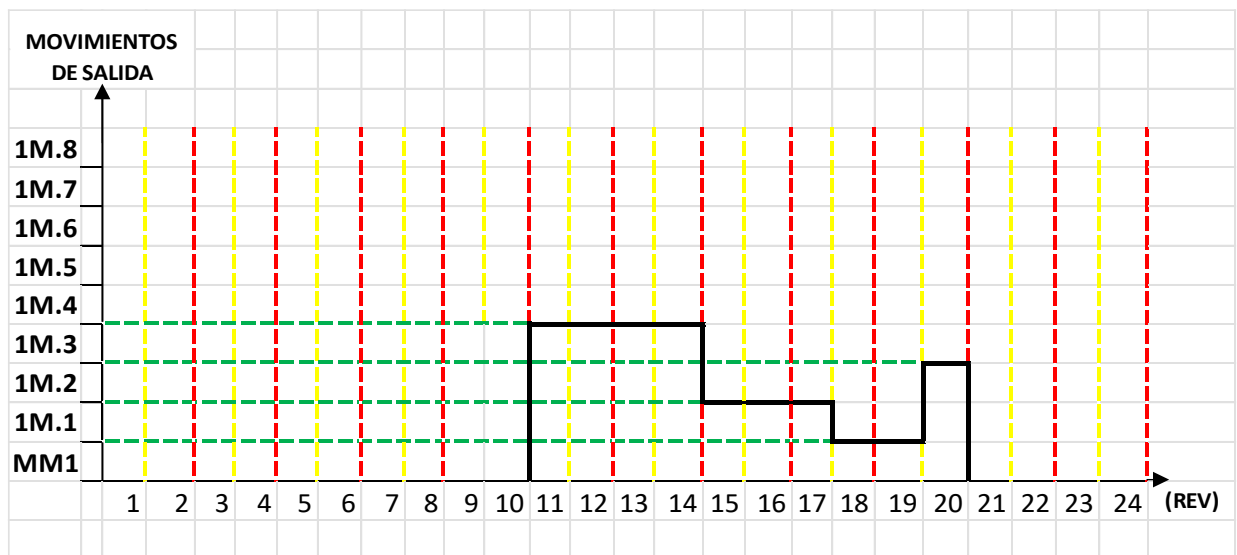
5		<p>Dracula</p> <p>Su cabeza rota 60° grados sobre su eje (Z) en sentido antihorario observando que ya está amaneciendo y él sol está alumbrando.</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>-rotación horizontal restringido antihorario (1M2)</p>
6		<p>Drácula</p> <p>Su cabeza rota 60° grados sobre su eje (Z) en sentido horario observando que ya está amaneciendo y él sol está alumbrando.</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>-rotación horizontal restringido horario (1M2)</p>

7		<p>Drácula</p> <p>Drácula se acuesta realizando un Giro 70° grados con respecto al eje (Z) en sentido horario para reposar nuevamente en su ataúd</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> -rotación vertical restringido antihorario (1M4)
8		<p>Ataúd</p> <p>Se cierra la tapa del ataúd realizando un Giro 90° grados con respecto al eje (X) en sentido antihorario proyectado en el eje (Y)</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <ul style="list-style-type: none"> -rotación vertical restringido horario (2M3)

<p>9</p>		<p>Sol</p> <p>El sol se esconde realizando un Giro 70° grados con respecto al eje (Y) en sentido antihorario proyectado en el eje (Z)</p> <p>Tipo de movimientos de salida</p> <p>-rotación vertical restringido antihorario (3M4)</p>
<p>10</p>		<p>Ataúd</p> <p>El ataúd desciende de la superficie a la profundidad de la tierra a través de un movimiento rectilíneo</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Traslación rectilínea vertical restringida descendente (2M8)</p>

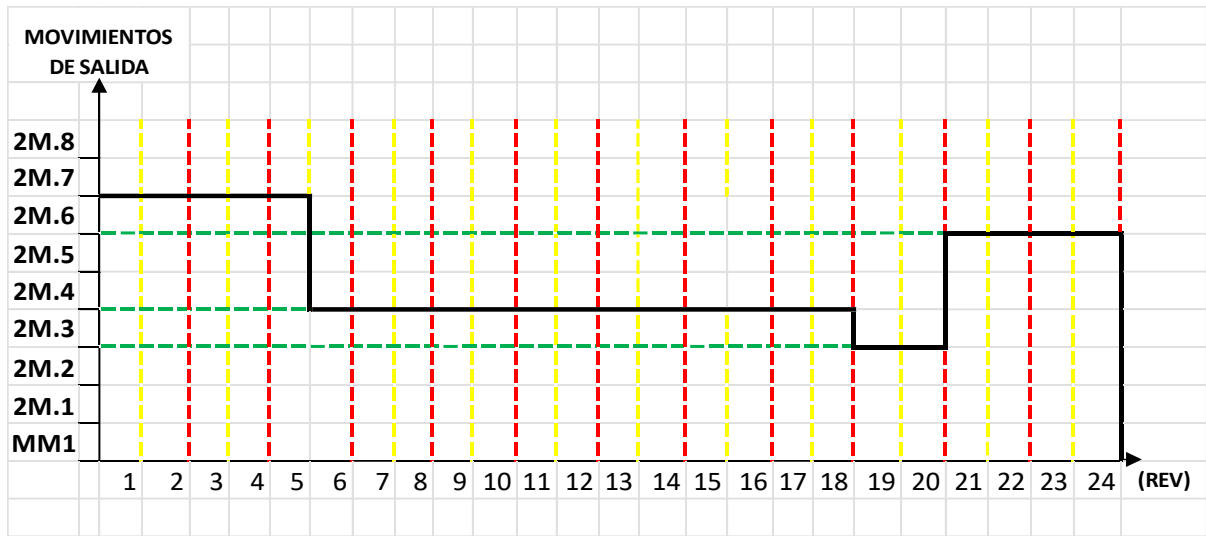
0		<p>-Dracula (P.1) -Ataúd (P.2) -Sol (P.3)</p> <p>Todos los personajes regresan a su posición inicial (momento 0) listos para iniciar un nuevo ciclo de funcionamiento del sistema</p>
---	--	---

Gráfico 6 : Movimientos de salida personaje 1 automático (Dracula)



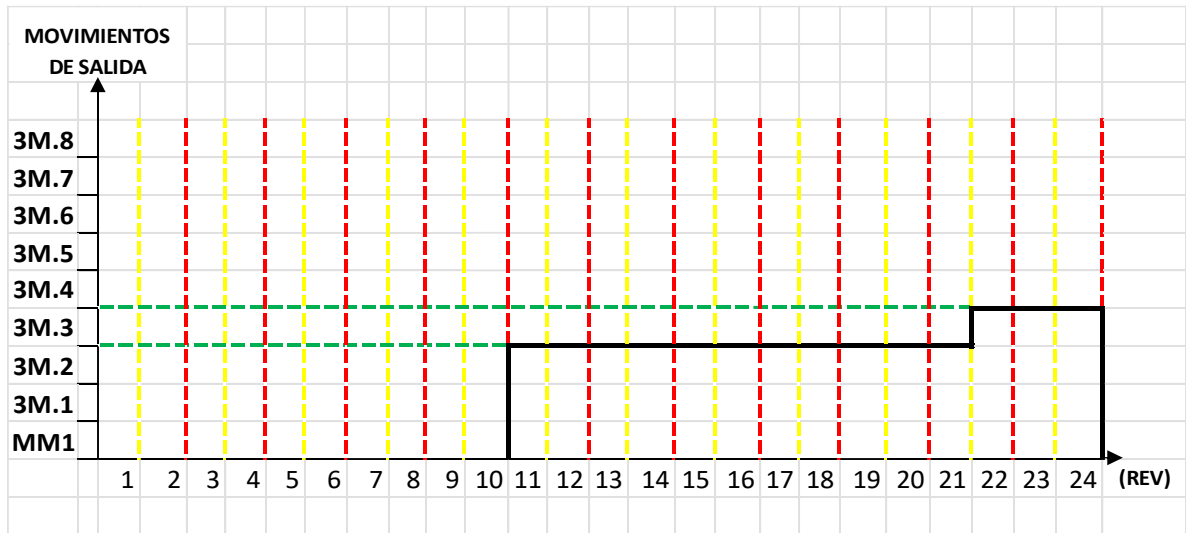
Fuente: Autor

Gráfico 7 : Movimientos de salida personaje 2 autómeta (Dracula)



Fuente: Autor

Gráfico 8: Movimientos de salida personaje 3 autómeta (Dracula)



Fuente: Autor

CAPITULO 3 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

3.1 TEORIA DE LOS MECANISMOS BASICOS

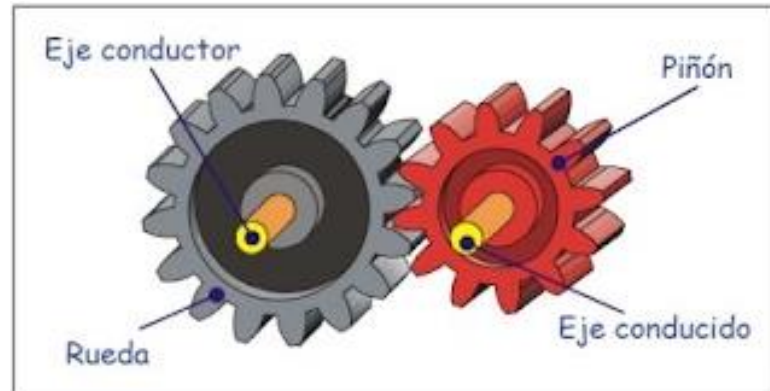
En el desarrollo de este capítulo se estudiará la teoría y cálculos relacionados con el análisis cinemático de mecanismos básicos los cuales son fundamentales para el diseño de los autómatas ya que son los encargados de generar e integrar de forma coordinada y secuencial los diferentes movimientos de salida requeridos por los autómatas

3.2 ENGRANAJES DE DIENTE RECTO

Los engranajes están diseñados para transmitir el movimiento y par entre dos ejes. Los engranajes son comúnmente utilizados para aumentar o disminuir la velocidad y el par de un eje. La forma en que dos engranajes se encajan y trabajan juntos para transferir el movimiento y la energía es conocida como transmisión de movimiento

El engranaje más sencillo es el engranaje recto, es una rueda con dientes paralelos al eje tallados en su perímetro. Los engranajes rectos transmiten movimiento giratorio entre dos ejes paralelos. En un engranaje sencillo, el eje impulsado gira en sentido opuesto al eje impulsor este conjunto de engranes se nombran de la siguiente forma. Se le dice piñón al engranaje recto de menor diámetro exterior por ende menor número de dientes y rueda o corona al engranaje más grande y con mayor número de dientes la función principal de un engranaje es transmitir movimiento circular a través del contacto de las ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más comunes de los engranajes es transferir movimiento desde un eje de fuente de energía, como un motor de combustión interna o eléctrica, hasta otro eje que debe realizar un trabajo. En cualquier sistema de engranajes, la velocidad del eje impulsado depende del número de dientes de cada engranaje por ejemplo un engranaje con 10 dientes movido por un engranaje con 20 dientes girarán dos veces más rápido que el engranaje impulsor a esto se le llama una relación de multiplicación de velocidad, mientras que un engranaje de 20 dientes impulsado por uno de 10 se moverá la mitad de rápido a esto se le llama una relación de reducción de velocidad los cuales son los más comunes para diferentes aplicaciones. Empleando un tren de varios engranajes puede variarse la relación de velocidades dentro de unos límites muy amplios.

Figura 6 Sistema de engranaje



Fuente : Tomado de <https://sites.google.com/site/gabrielmecanismos/Home/parte-iii/transformacion-de-movimiento-giratorio-en-giratorio/1-4---sistema-de-engranajes>

3.2.1 FORMULAS FUNDAMENTALES

Modulo (M)

El módulo de un engranaje es la relación que existe entre el diámetro primitivo dado en milímetros y el número de dientes del engranaje y se denota con la letra (M).

$$M = \frac{D_p}{Z}$$

Numero de Dientes (Z)

Se establece tanto en el piñón como en la rueda de acuerdo a la relación de transmisión o velocidad de salida que se requiera, pero de igual forma se puede obtener o calcular si se tienen las otras variables despejando de la formula, se denota con la letra (Z).

$$Z = \frac{D_p}{M}$$

Diámetro Primitivo (Dp)

Es el diámetro en el cual a lo largo engranan sus dientes, es uno de los valores fundamentales del **engrane** por el que inician con el cálculo y diseño de la transmisión y se denota (Dp).

$$Dp = M * Z$$

Diámetro Exterior (De)

Es el diámetro correspondiente a la circunferencia que pasa por la parte exterior de los dientes y se denota como (De).

$$De = Dp + (2 * M) \quad De = M(Z + 2)$$

Diámetro interior (Di)

Es el diámetro correspondiente a la circunferencia que pasa por la parte interior de los dientes y se denota como (Di).

$$Di = M(Z - 2.5) \quad Di = De - 2h$$

Altura de diente (h)

Altura de diente y se denota con la letra (h)

$$h = 2.167 * M$$

Paso Circular (P)

Es la longitud de arco de circunferencia primitiva comprendida entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos y se denota con la letra (P).

$$P = \pi * M$$

Espesor de Diente (e)

El espesor de diente viene medido sobre la circunferencia primitiva y se denota (e).

$$e = \frac{P}{2}$$

Altura del pie del diente

Altura de pie de diente o dedendum y se denota con la letra (l).

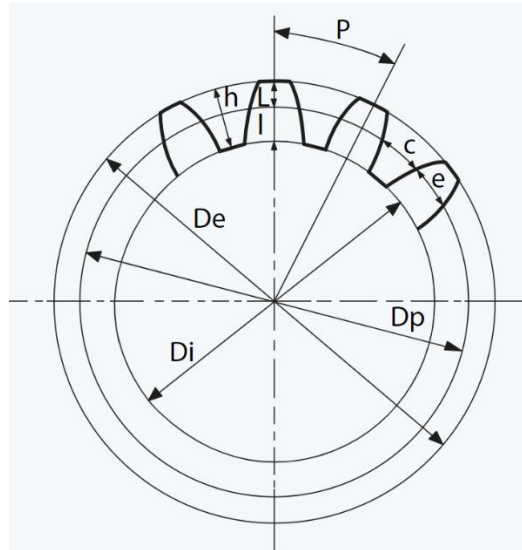
$$l = 1.167 * M$$

Distancia entre centros (A)

Comprende la distancia entre centros de los dos ejes la cual se debe cumplir para poder garantizar un buen acoplamiento relacionando el diámetro primitivo del piñón y la rueda

$$A = \frac{Dp1 + Dp2}{2}$$

Figura 7 Partes de un engranaje



Nota: Tomado de https://www.metalmecanica-faciliii-4.mahtg.com/p_recto.html

Relación de transmisión

La relación de transmisión de movimiento es la relación entre las velocidades de rotación de dos engranajes que se encuentran conectados entre si pues al contar cada engrane con diámetros y numero de dientes distintos cada uno de los ejes correspondientes rotan a diferentes velocidades cuando están trabajando. Esta relación de transmisión se puede calcular de dos formas muy similares la primera es con el número de dientes tanto del piñón como de la rueda, la segunda es con sus diámetros primitivos respectivamente.

n = Relación de transmisión

$$n = \frac{\text{numero de dientes de la rueda}}{\text{numero de dientes del piñon}} \quad \text{por lo tanto } n = \frac{z2}{z1}$$

$$n = \frac{\text{Diametro primitivo de la rueda}}{\text{Diametro primitivo del piñon}} \quad \text{por lo tanto } n = \frac{Dp2}{Dp1}$$

3.3 LEVA SEGUIDOR

Dentro del vasto universo de mecanismos que constituyen el esqueleto de la ingeniería mecánica, el mecanismo leva-Seguidor resalta como una estructura prominente, ostentando un papel preponderante en el contexto industrial. Esta relevancia es palpable en una variedad de dispositivos y maquinarias, tales como las máquinas herramientas, los motores de combustión interna y las maquinarias textiles, por citar solo algunos ejemplos representativos. La finalidad primordial de este mecanismo radica en su habilidad para transformar, con precisión y eficacia, un movimiento de naturaleza rotativa en uno que puede manifestarse de manera oscilatoria o rectilínea. Esta capacidad transductora, es decir, de conversión de un tipo de movimiento en otro, es crucial para numerosas operaciones y procesos industriales que demandan especificidad y control en los movimientos generados. En términos estructurales, el mecanismo leva-Seguidor se edifica sobre la base de dos elementos cardinales, cuya interacción resulta esencial para el adecuado desempeño del conjunto:

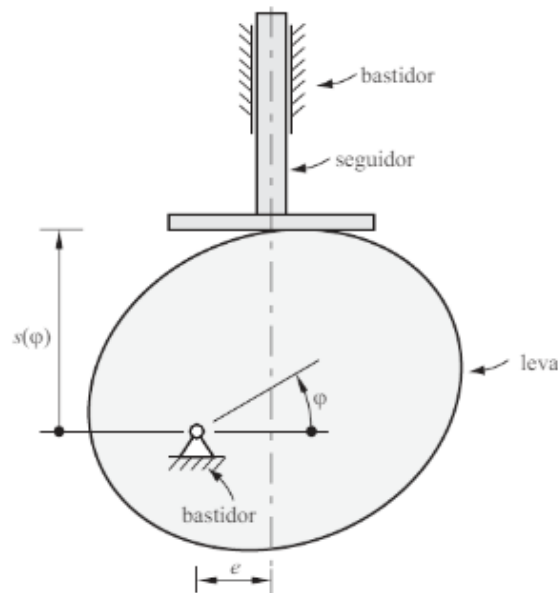


Figura 8. Mecanismo de Leva-Seguidor. Fuente: (Hamrock y otros, 2000).

El Seguidor: Actuando en simbiosis con la leva, el seguidor es un elemento que responde directamente a las variaciones en la superficie de la leva con la cual entra en contacto. En función de la forma y perfil de dicha leva, el seguidor se desplazará de una manera determinada, ya sea en movimientos oscilatorios o en trayectorias rectilíneas. El mecanismo Leva-Seguidor no es simplemente una amalgama de componentes, sino una obra maestra de la ingeniería que materializa, a través de su diseño y operación, la transformación de movimientos en aplicaciones industriales críticas. Su presencia y utilización en múltiples sectores industriales son un testimonio de su importancia y eficacia en el ámbito mecánico.

3.3.1 Transductor: Transformación de movimiento rotacional en movimiento vertical

Dentro de la vasta gama de mecanismos industriales, el mecanismo leva-seguidor ocupa un sitio de relevancia por su capacidad transductora. Específicamente, este mecanismo se erige como un transductor especializado, habilitado para metamorfosear un tipo de movimiento en otro distinto. Esta habilidad se manifiesta de manera concreta cuando, impulsada por una fuerza motriz, la leva entra en rotación. Su perfil, caracterizado por una morfología específica, a menudo irregular, dicta el comportamiento del seguidor, determinando su desplazamiento ya sea en una dirección vertical (ascendente y descendente) o lateral, en función del diseño intrínseco de la leva y de las características inherentes al seguidor.

Rotacional a Vertical: En muchos diseños, la leva está diseñada para que cuando gire, empuje el seguidor hacia arriba y luego permita que vuelva a caer por gravedad o mediante un resorte. Este movimiento es especialmente útil en válvulas de motores o en operaciones donde se necesita un movimiento ascendente y descendente controlado.

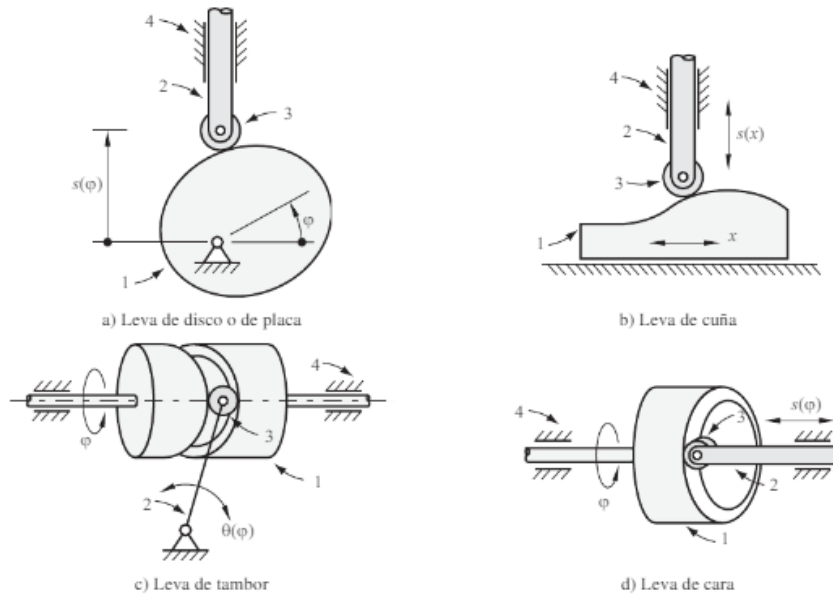


Figura 9. Geometría básica de la Leva-Seguidor. Fuente: (Hamrock y otros, 2000).

Dentro del espectro de mecanismos industriales que buscan convertir movimientos, el mecanismo leva-seguidor se distingue como una pieza clave en la transformación de un movimiento rotacional en uno vertical. Una revisión cuidadosa de los diseños de levas existentes revela que muchos de ellos están concebidos bajo un propósito definido: que al realizar un movimiento rotatorio, induzcan en el seguidor un desplazamiento en una dirección ascendente. Una vez que el seguidor alcanza su cénit o punto máximo de elevación, se anticipa que retorne a su posición de origen. Este retorno puede ser facilitado por dos medios primordiales: la acción natural de la gravedad o la implementación de un resorte diseñado específicamente para reconducir el seguidor a su posición inicial. Este ciclo de movimiento, que comprende una fase ascendente y una descendente de carácter controlado, encuentra su relevancia en aplicaciones concretas. Por ejemplo, en el ámbito automotriz, este mecanismo es esencial para el correcto funcionamiento de las válvulas en los motores.

3.3.2 Diagrama de desplazamiento

Por lo general, un sistema de leva es un dispositivo con un grado de libertad (1 GDL). Es impulsado por un movimiento de entrada conocido $\theta(t)$, casi siempre un eje que gira a velocidad constante, obteniéndose un movimiento de salida predeterminado (y) para el seguidor. Es importante observar que (y) es una distancia de traslación para un seguidor de movimiento alternativo; pero en un ángulo para un seguidor oscilante. Durante la rotación de la leva a lo largo

de un ciclo del movimiento de entrada, el seguidor ejecuta una serie de eventos como los que se muestran gráficamente en el “diagrama de desplazamientos” de la figura siguiente:

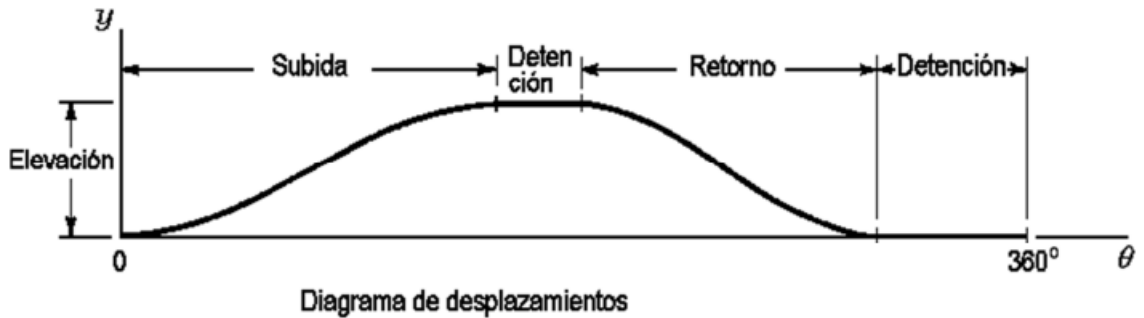


Figura 10. Diagrama de desplazamiento. Fuente: (Hamrock y otros, 2000)

La abscisa representa un ciclo del movimiento de entrada θ (una revolución de la leva) y se dibuja a cualquier escala conveniente. La ordenada representa el recorrido y del seguidor y , en el caso de un seguidor de movimiento alternativo, se dibuja casi siempre a una escala completa para ayudar al trazado de la leva.

En el diagrama de desplazamientos se identifican porciones tales como:

- Subida.- En este tramo el movimiento del seguidor es hacia fuera del centro de la leva.
 - Elevación.- Es el máximo valor de la subida.
 - Detenciones.- Son los períodos durante los cuales el seguidor se encuentra en reposo.
 - Retorno.- Es el período en que el desplazamiento del seguidor es hacia el centro de la leva.
- Uno de los pasos claves en el diseño de una leva es la correcta selección de las formas apropiadas de los movimientos de subida y de retorno, la elevación total y la duración de las detenciones. Estas características generalmente dependen de las necesidades de la aplicación.

Una vez que se han elegido las formas apropiadas para estos movimientos, queda establecida la relación exacta entre la entrada θ (t) y la salida y , y se construye con precisión el diagrama de desplazamientos, el cual es una representación gráfica de la relación funcional $y = y(\theta)$. Esta relación contiene en su expresión misma la naturaleza exacta del perfil de la leva final, la información necesaria para su trazado y fabricación, y también las características importantes que determinan la calidad de su comportamiento dinámico.

3.3.4 Diseño gráfico y analítico del Perfil de levas planas.

El diseño gráfico del perfil de una leva, consiste en trazar el perfil apropiado de la leva para lograr el movimiento del seguidor representado en el diagrama de desplazamientos dado. A continuación, se representa una leva de placa con seguidor radial de rodillo, en la cual se observa una nomenclatura adicional.

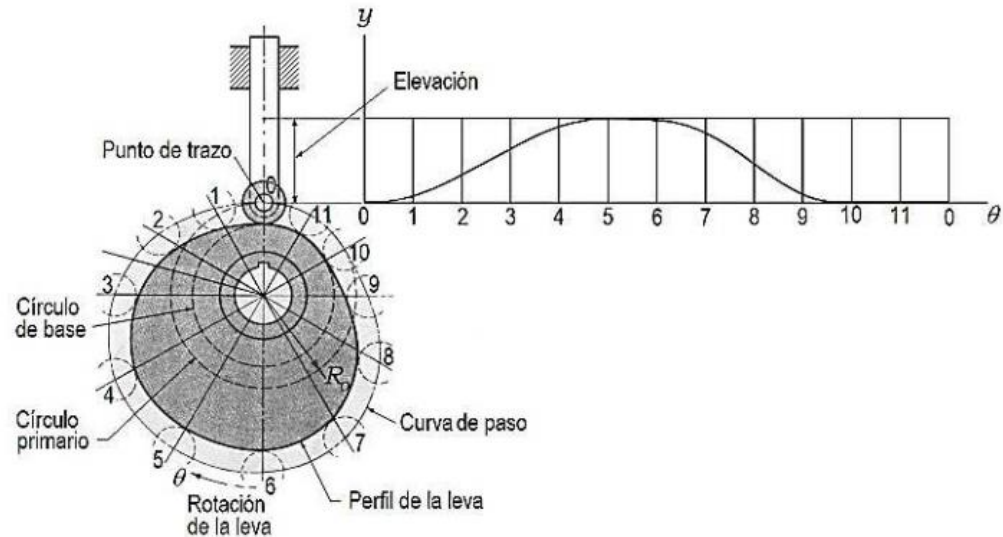


Figura 11. Representación diseño gráfico de un perfil de leva. Fuente: (Hamrock y otros, 2000)

De acuerdo con la leva representada en la figura, podemos identificar algunos términos básicos, tales como:

Punto de trazo. - Es un punto teórico del seguidor, el cual se elige en el centro de un seguidor de rodillo o sobre la superficie de un seguidor de cara plana.

Curva de paso. - Es el lugar geométrico generado por el punto de trazo, conforme el seguidor se mueve en relación con la leva. Para un seguidor de cuña, la curva de paso y la superficie de la leva son idénticas. En el caso de un seguidor de rodillo, está, separadas por el radio del rodillo.

Círculo primario R_0 . - Es el más pequeño que se puede trazar con centro en el eje de rotación de la leva y tangente a la curva de paso.

Círculo de base. - Es el círculo más pequeño con centro sobre el eje de rotación de la leva y tangente a la superficie de ésta. En el caso de un seguidor de rodillo, es el más pequeño que el

círculo primario, siendo la diferencia el radio del rodillo y, en el caso de un seguidor de cara plana, es idéntico al círculo primario.

Al construir un perfil de leva se aplica el principio de inversión cinemática, imaginando que la leva es estacionaria y haciendo que el seguidor gire en sentido opuesto a la dirección de rotación de la leva, tal y como se indica en la figura anterior. Posteriormente se estos pasos siguientes:

1. Se traza el círculo primario de radio R_o , y dividirlo en cierto número de segmentos.
2. Se asignan números de estación a los límites de dichos segmentos.
3. Se divide la abscisa del diagrama de desplazamientos en segmentos correspondientes, transfiriendo las distancias, por medio de divisores, del diagrama de desplazamientos directamente sobre el trazado de la leva, a fin de localizar las posiciones correspondientes al punto de trazo.
4. Una curva suave que pase por estos puntos es la curva de paso. En el caso de un seguidor de rodillo, simplemente se dibuja el rodillo en su posición apropiada en cada estación y luego se construye el perfil de la leva como una curva suave tangente a todas las posiciones del rodillo.

3.3.5 Movimiento estándar de levas.

A continuación, se presentan las ecuaciones para cierto tipo estándar de curvas de desplazamientos que es factible emplear para resolver requisitos de movimientos de levas de gran velocidad. En cada figura se muestra el diagrama de desplazamientos y sus derivadas.

Después, se mostrará cómo las gráficas y las ecuaciones presentadas pueden reducir enormemente el esfuerzo analítico comprendido en el diseño del diagrama completo de desplazamientos para una leva de alta velocidad.

En los diagramas siguientes conviene destacar lo siguiente:

1. Cada grafica incluye sólo una sección de un diagrama de desplazamientos completo; la elevación total para esa sección se identifica como L en todos los casos y el recorrido total de leva se denota por β . La abscisa de cada grafica esta normalizada de tal manera que la razón θ/β varia desde 0 en el extremo izquierdo hasta la unidad en el extremo derecho ($\theta=\beta$).

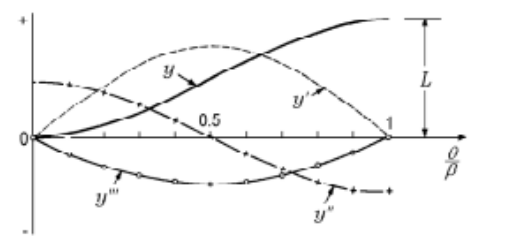
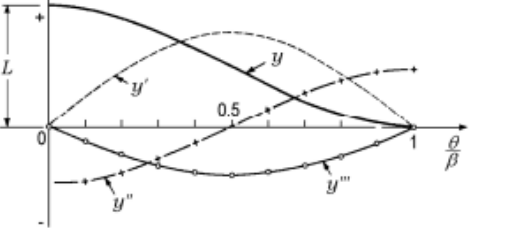
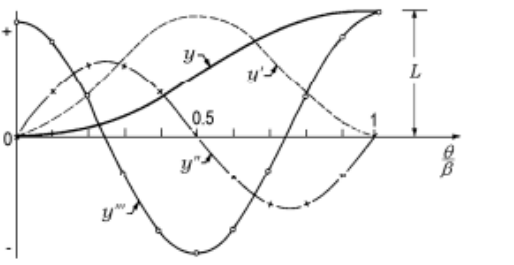
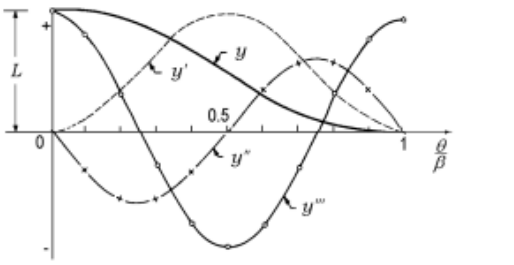
2. Los movimientos estándar para levas de esta sección no forman un conjunto exhaustivo; pero es factible formar levas con buenas características dinámicas partiendo de una amplia variedad de otras curvas de movimiento posibles. Sin embargo, el conjunto aquí presentado es suficiente para la mayor parte de las aplicaciones.

Se estudiará cómo se pueden unir los diagramas con el fin de formar la especificación de movimiento para una leva completa. El procedimiento consiste en determinar los valores apropiados de L y β para cada segmento, de tal manera que se cumplan las siguientes situaciones:

1. Los diagramas de desplazamiento, velocidad y aceleración sean continuos a través de las fronteras de los segmentos. El diagrama de tirón puede admitir discontinuidades si es necesario, pero no debe hacerse infinito.

2. Las magnitudes máximas de los picos de velocidad y aceleración se mantengan tan bajos como sea posible, coherente con las dos condiciones previas.

Tabla 12. Tipos de movimientos básicos y fórmulas para el cálculo de desplazamiento

TIPO DE MOVIMIENTO	GRAFICA
<p>1.- Movimiento armónico simple de subida completa:</p> $y = \frac{L}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi\theta}{\beta} \right)$ $y' = \frac{\pi L}{2\beta} \operatorname{sen} \frac{\pi\theta}{\beta}$ $y'' = -\frac{\pi^2 L}{2\beta^2} \cos \frac{\pi\theta}{\beta}$ $y''' = -\frac{\pi^3 L}{2\beta^3} \operatorname{sen} \frac{\pi\theta}{\beta}$	
<p>2.- Movimiento armónico simple de retorno completo:</p> $y = \frac{L}{2} \left(1 + \cos \frac{\pi\theta}{\beta} \right)$ $y' = -\frac{\pi L}{2\beta} \operatorname{sen} \frac{\pi\theta}{\beta}$ $y'' = -\frac{\pi^2 L}{2\beta^2} \cos \frac{\pi\theta}{\beta}$ $y''' = \frac{\pi^3 L}{2\beta^3} \operatorname{sen} \frac{\pi\theta}{\beta}$	
<p>3.- Movimiento cicloidal de subida completa:</p> $y = L \left(\frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{2\pi} \operatorname{sen} \frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$ $y' = \frac{L}{\beta} \left(1 - \cos \frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$ $y'' = \frac{2\pi L}{\beta^2} \operatorname{sen} \frac{2\pi\theta}{\beta}$ $y''' = \frac{4\pi^2 L}{\beta^3} \cos \frac{2\pi\theta}{\beta}$	
<p>4.- Movimiento cicloidal de retorno completo:</p> $y = L \left(1 - \frac{\theta}{\beta} + \frac{1}{2\pi} \operatorname{sen} \frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$ $y' = -\frac{L}{\beta} \left(1 - \cos \frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$ $y'' = -\frac{2\pi L}{\beta^2} \operatorname{sen} \frac{2\pi\theta}{\beta}$ $y''' = -\frac{4\pi^2 L}{\beta^3} \cos \frac{2\pi\theta}{\beta}$	

3.4 BIELA - MANIVELA

El mecanismo Biela-Manivela es uno de los sistemas mecánicos más fundamentales y ampliamente utilizados en diversas aplicaciones de ingeniería, desde motores de combustión interna hasta máquinas simples. Esta configuración es esencial para convertir un movimiento rotacional en un movimiento alternativo o de vaivén.

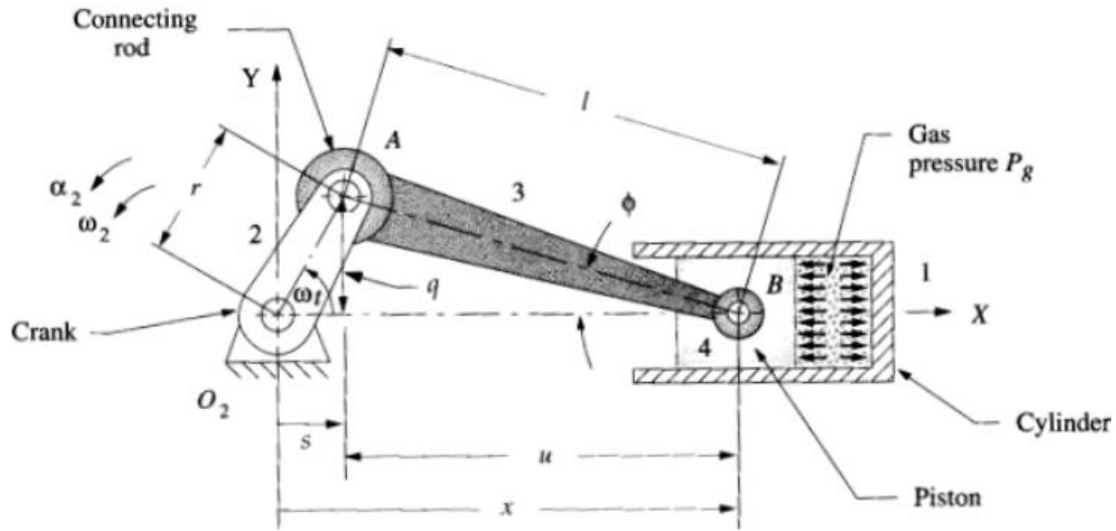


Figura 12. Mecanismo Biela-Manivela. Fuente: (Itani y otros, 2017).

La omnipresencia de este sistema en distintas maquinarias y dispositivos se puede atribuir a su función core: la habilidad de convertir un movimiento rotacional, que es continuo y circular, en un movimiento alternativo, que se caracteriza por un movimiento lineal de vaivén. Tal transformación es crucial en escenarios donde la eficiencia de un sistema depende de dicha conversión, como es evidente en los motores de combustión interna. En estos, el movimiento ascendente y descendente del pistón, propiciado por la Biela-Manivela, resulta esencial para la generación de energía.

Más allá de sus aplicaciones en motores complejos, el mecanismo Biela-Manivela también se ha ganado un lugar prominente en máquinas más rudimentarias y simples, donde su rol es igualmente fundamental. A pesar de la diversidad de aplicaciones, el principio operativo fundamental del mecanismo permanece inalterado, lo que atestigua su versatilidad y adaptabilidad en el mundo de la mecánica.

Es indispensable reconocer que, en la ingeniería contemporánea, pocos sistemas pueden jactarse de una relevancia y pervivencia comparables a la del mecanismo Biela-Manivela. Su presencia casi ubicua en una variedad de aplicaciones refrenda su importancia y demuestra que, a pesar de los avances tecnológicos, algunas soluciones clásicas continúan siendo insustituibles en la consecución de tareas mecánicas específicas.

3.4.1 Componentes básicos del mecanismo:

Manivela (o cigüeñal): Definida matemáticamente por su radio R , es un brazo que opera mediante una rotación en torno a un eje fijo. Su función primordial es la conversión de una entrada de energía en un movimiento rotacional. La ecuación que describe su movimiento es:

$$\theta = \omega t$$

Donde:

θ = ángulo de rotación de la manivela.

ω = velocidad angular constante.

t = tiempo.

Biela: Es el componente intermedio encargado de transferir el movimiento rotacional de la manivela. Su longitud, representada por L , es esencial para determinar el rango de movimiento lineal alternativo.

La relación entre la manivela y la biela en términos de desplazamiento se puede representar como:

$$x = R \cdot \left[(1 - \cos\theta) + \frac{1}{4\lambda} \cdot (1 - \cos 2\theta) \right]$$

Donde: x = desplazamiento del extremo de la biela.

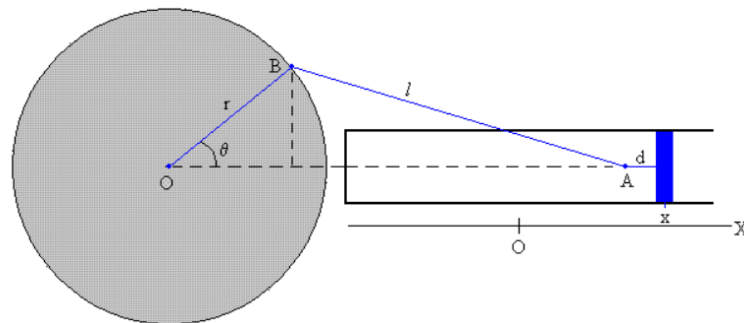


Figura 13. Esquema Biela-Manivela. Fuente: (Itani y otros, 2017).

3.4.2 Funcionamiento y Transformación del Movimiento.

Cuando la manivela gira, empuja y tira de la biela, causando que esta se mueva hacia adelante y hacia atrás en un movimiento lineal alternativo. Este movimiento alternativo es esencialmente un movimiento de vaivén.

3.4.3 Relación geométrica (λ)

La relación entre la longitud de la biela (L) y el radio de rotación de la manivela (R) nos da un coeficiente de esbeltez necesario para el cálculo del desplazamiento lineal de la biela.

$$\lambda = \frac{L}{R}$$

3.4.4 Aplicaciones Prácticas.

El mecanismo Biela-Manivela se encuentra en una multitud de aplicaciones:

Motores de Combustión Interna: Convierte el movimiento lineal alternativo de los pistones en un movimiento rotativo del cigüeñal.

Bombas: Para el movimiento oscilatorio de los pistones en bombas de desplazamiento positivo.

Máquinas Herramientas: En operaciones que requieren un movimiento lineal alternativo. Ventajas y Limitaciones.

Ventajas: Simplicidad de diseño, eficiencia en la conversión de movimientos, amplia aplicabilidad en diversas máquinas y durabilidad con el mantenimiento adecuado.

Limitaciones: La velocidad y aceleración no son constantes debido a la naturaleza sinusoidal del movimiento, y las fuerzas dinámicas pueden generar vibraciones en altas velocidades.

El mecanismo Biela-Manivela es un testimonio del ingenio humano en la conversión de movimientos. A través de su diseño simple pero eficaz, este mecanismo ha encontrado aplicaciones en numerosos dispositivos y máquinas a lo largo de la historia, y continúa siendo un componente crucial en muchos sistemas mecánicos modernos.

3.5 POLEAS

Son discos redondos con un canal en su interior que se utilizan para transmitir la fuerza de un motor a una pieza en movimiento. Las poleas funcionan mediante la ley de acción y reacción de Newton, conocida como la tercera ley, que afirma que cada acción tiene una igual y opuesta reacción. Al colocar una correa en una polea, la fuerza de un motor se transmite a la pieza en movimiento, logrando que ésta se mueva con mayor o menor velocidad o dirección dependiendo de la forma y tamaño de las poleas y correas utilizadas

3.5.1 Relación de transmisión por diámetros.

La relación de transmisión de una polea se determina de acuerdo al diámetro de cada polea posteriormente de acuerdo a la velocidad aplicada a la polea conducida podemos determinar la velocidad de salida en rpm.

D = diámetro de la polea mayor

d = diámetro de la polea menor

N_1 = número R.P.M polea mayor

N_2 =número R.P.M polea menor

A = distancia entre centros

Se debe cumplir la siguiente formula.

$$D \times N_1 = d \times N_2$$

Relación de transmisión

$$nT = \frac{D}{d}$$

Distancia entre centros Siendo:

$$H = \frac{L}{4} - 0.3925(D + d)$$

$$B = \frac{(D - d)^2}{8}$$

$$A = H + \sqrt{H^2 - B}$$

3.6 MECANISMO DE 4 BARRAS

El mecanismo 4 barras está compuesto, como su propio nombre indica, por cuatro barras: una barra fija y tres móviles. Las barras se unen mediante pares cinemáticos rotacionales. Este mecanismo permite transformar un movimiento circular completo aplicado mediante un par en la manivela (barra 2) en otro movimiento rotacional distinto en el balancín (barra 4), el cual variará según la configuración de longitudes usada.

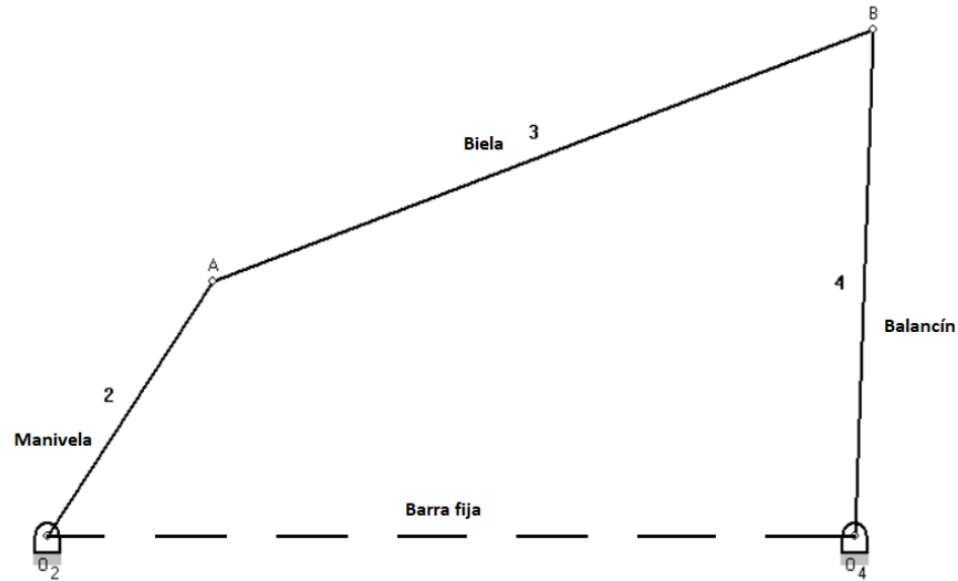


Figura 14. Biela-Manivela mecanismo de 4 barras. Fuente: Mecanismo Itani V2

Para que el montaje del mecanismo sea posible, es decir, para que puedan llegar a unirse las barras, la distancia que hay entre los nodos de anclaje a la barra fija (longitud de la barra fija) debe ser menor que la suma de las longitudes de las barras móviles, presentando de esta forma el primer límite al configurar el mecanismo:

$$barrad < barra2 + barra3 + barra4$$

siendo barra2 la longitud de la barra 2, barra3 la longitud de la barra 3, barra4 la longitud de la barra 4 y barrad la longitud de la barra fija, es decir, la separación entre los puntos de anclaje de la barra 2 y la barra 4 con la barra fija. Sin embargo, el cumplimiento de esta ecuación no asegura que la barra de entrada pueda dar vueltas completas sin romper, es decir, el cumplimiento de esta ley es una condición necesaria pero no suficiente para una correcta configuración.

Para que sea posible que la barra de entrada pueda dar vueltas completas sin romper el mecanismo se debe cumplir una relación entre todas las barras, lo cual presenta el segundo límite al montaje del mismo. Esta restricción se puede expresar como una inecuación que relaciona las longitudes que recibe el nombre de Ley de Grashof:

$$barra2 + barrad < barra3 + barra4$$

Si la Ley de Grashof no se cumple, significa que el mecanismo no se puede montar, porque pasará por puntos singulares. Esto significa que el mecanismo puede montarse en cierto margen de

ángulos, pero al pasar por estos puntos el mecanismo romperá al querer alcanzar una posición que las longitudes de las barras no le permiten.

3.6.1 Método gráfico para el análisis de posición de un mecanismo de 4 barras

El análisis de posición del mecanismo manivela-corredera se establecerá considerando a la manivela como elemento motriz y a la corredera como elemento de salida. El análisis de posición del mecanismo manivela-corredera consiste en establecer una ecuación que relacione la posición de la corredera en función de la posición angular de la manivela. Para el análisis de posición se considera la siguiente nomenclatura

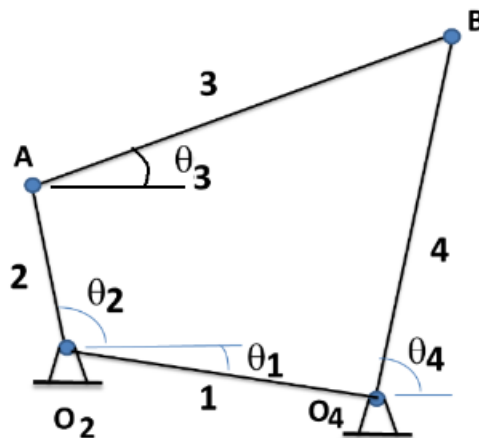


Figura 15. Nomenclatura composición Biela-Manivela. Fuente: Mecanismo Itani V2

Datos de la topología del mecanismo

Considere S , L y P como las longitudes de los eslabones 2,3 y 4, respectivamente, mientras que Q denota la distancia de pivote a pivote. Por su parte θ_1 denota el ángulo entre pivote a pivote el cuál si se mide en contra de las manecillas del reloj, se medirá con signo negativo

Datos cinemáticos

θ_2 y θ_4 denotan las coordenadas de posición de la barra 2 y la barra 4, respectivamente.

Análisis

Primero se establece las posiciones de las articulaciones O_2 y O_4 , para lo cual se utiliza Q y $\theta_1=0^\circ$.posteriormente se trazan las circunferencias relacionadas con las trayectorias de las manivelas de entrada y salida.

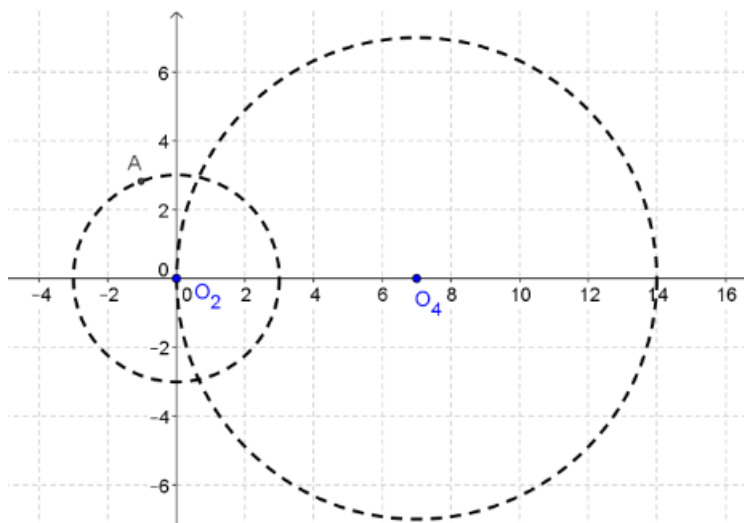


Figura 16. Trayectorias posibles de los nodos. Fuente: autor

Ahora posicionándose en el nodo de entrada correspondiente a O_2 de la posición de la manivela de entrada se traza una circunferencia de la longitud L . Por lo tanto, la intersección indica dos soluciones existentes llamadas solución abierta y cerrada, por lo que se debe seleccionar la correcta teniendo el conocimiento de la posición última anterior.

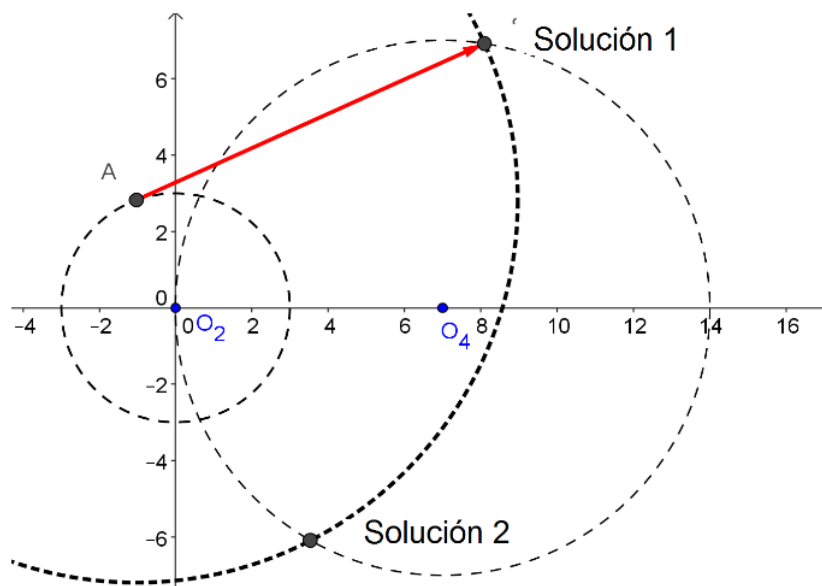


Figura 17. Intersección de la trayectoria relativa B/A con respecto a la absoluta B Fuente: Mecanismo Itani V2

Por último, se selecciona la solución 1 se tiene la solución para la posición del mecanismo y con ayuda del teorema de senos y cosenos trazamos 2 triángulos y calculamos O_4 .

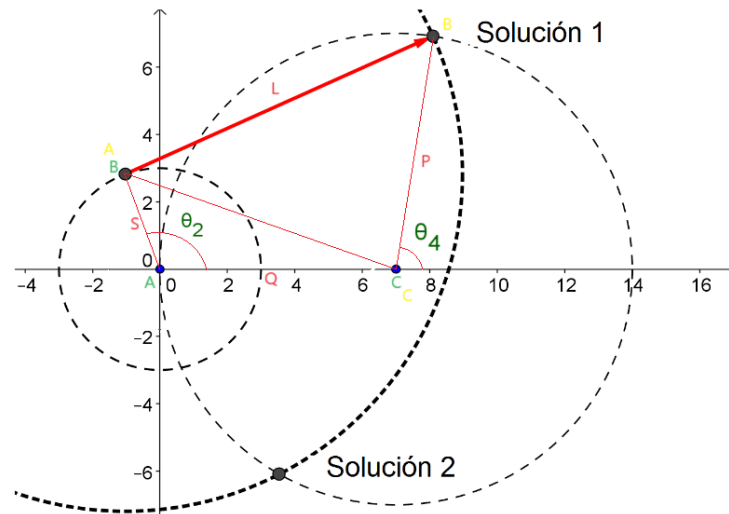


Figura 18. Trazo de triángulos para calculo teorema de coseno Fuente: autor

3.7 RUEDAS DE FRICCIÓN

Permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos o perpendiculares, modificando las características de velocidad y/o sentido de giro.

Sus aplicaciones prácticas son muy limitadas debido a que no puede transmitir grandes esfuerzos entre los ejes, pues todo su funcionamiento se basa en la fricción que se produce entre las dos ruedas. Lo podemos encontrar en las dinamos de las bicicletas, sistemas de transmisión de movimiento a norias y balancines, tocadiscos

Este sistema consiste en dos ruedas solidarias con sus ejes, cuyos perímetros se encuentran en contacto directo. El movimiento se transmite de una rueda a otra mediante fricción (rozamiento).

Desde el punto de vista técnico tenemos que considerar, como mínimo, 4 operadores:

Eje conductor: que tiene el giro que queremos transmitir. Normalmente estará unido a un motor.

Rueda conductora: solidaria con el eje conductor, recoge el giro de este y lo transmite por fricción (rozamiento) a la rueda conducida

Rueda conducida: recoge el giro de la rueda conductora mediante fricción entre ambas.

Eje conducido: recibe el giro de la rueda conducida y lo transmite al receptor.

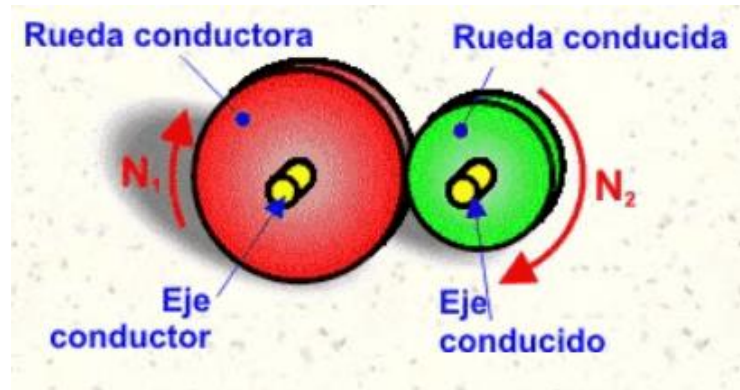


Figura 19. Operadores mecanismo de fricción Fuente: Mecanismo Itani V2

Desde el punto de vista tecnológico tenemos que considerar cinco elementos:

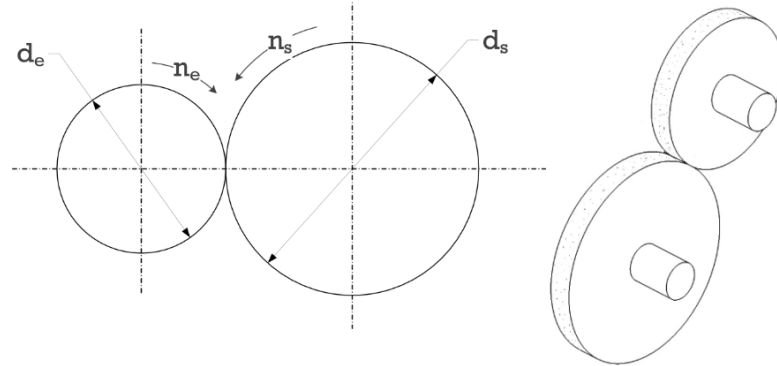


Figura 20. Ruedas de fricción Fuente: autor

r : relación de transmisión

n_e : velocidad rueda motriz (r.p.m.)

n_s : velocidad rueda conducida (r.p.m.)

d_e : diámetro rueda motriz (r.p.m.)

d_s : diámetro rueda conducida (r.p.m.)

Que están ligados mediante las siguientes relaciones matemáticas:

$$de \times ne = ds \times ns$$

$$ne = \frac{de \times ne}{ns}$$

$$r = \frac{ds}{de} = \frac{ne}{ns}$$

Estas ecuaciones nos dicen que podemos

- Aumentar la velocidad de giro del eje conducido ($ne < ns$) haciendo que la rueda conductora sea mayor que la conducida ($de > ds$).
- Hacer que los dos ejes lleven la misma velocidad ($ne = ns$) si combinamos dos ruedas de igual diámetro ($de = ds$)
- Disminuir la velocidad de giro del eje conducido ($ne > ns$) empleando una rueda conductora menor que la conducida ($de < ds$)

Debido a las características del acoplamiento entre las ruedas, el sentido de giro de dos ejes consecutivos es contrario, siendo necesario recurrir a una rueda loca si queremos conseguir que ambos giren en el mismo sentido.

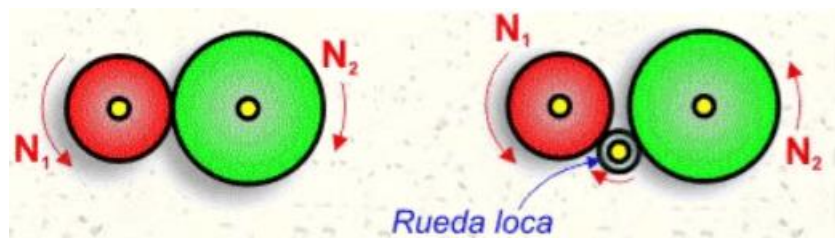


Figura 22. Sentido de giro ruedas de fricción Fuente: autor

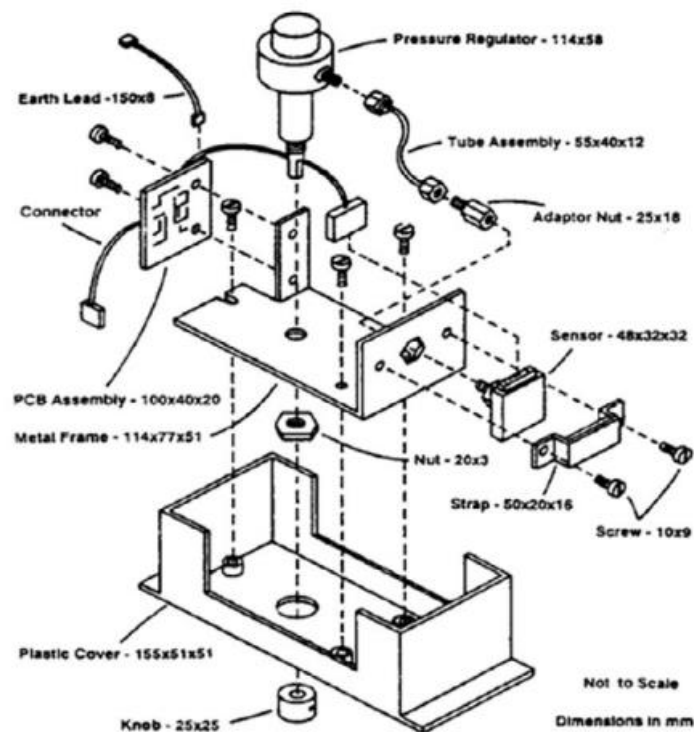
Debido a que el único medio de unión entre ambas ruedas es la fricción que se produce entre sus perímetros, no pueden ser empleadas para la transmisión de grandes esfuerzos. Se suelen encontrar en aparatos electrodomésticos de audio y vídeo, así como en algunas atracciones de feria (norias, vaivenes...) en las que un neumático acciona una pista de rodadura.

3.8 METODOLOGIA DFMA

La metodología DFMA, también conocida como *Diseño para Fabricación y Ensamblaje*, ha demostrado ser una herramienta muy eficaz en la optimización de procesos de producción en diferentes empresas. Esta metodología se ha utilizado en diversos sectores, como la industria automotriz, la industria aeroespacial e industria electrónica, entre otras industrias, permitiendo a las empresas mejorar su eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad de sus productos. Además, el DFMA también mejora la organización, aumenta la productividad y optimiza los tiempos de entrega.

Figura 23

Ejemplo de un diseño inicial en la metodología DFMA



Fuente. Tomado de Araque-González y Vélez-Sánchez, (2016)

Dentro de las Industrias Grandes Marca Mundial, Ford es reconocida como una de las Industrias que ha implementado la metodología DFMA en sus procesos de producción.

Ford utiliza esta metodología para hacer más eficiente la fabricación de sus vehículos y para reducir los costos. Con DFMA, Ford optimiza los procesos de diseño, fabricación y ensamble de sus productos, lo que permite aumentar su calidad y mejora la organización de su producción. Además, la Industria Ford logra reducir el tiempo de desarrollo de nuevos diseños y nuevos modelos, lo que le ha permitido mantenerse a la vanguardia en la industria automotriz. La implementación de la metodología DFMA les permitió reducir en un 25% el tiempo de desarrollo de sus productos. Esto se logró a través de la optimización de procesos de diseño y fabricación, la mejora en la organización y la eliminación de tareas innecesarias. Esta reducción en el tiempo de desarrollo permitió a Ford mejorar su competitividad y responder más rápidamente a las demandas de sus clientes (Bayoumi, 2000). La multinacional empezó la fabricación de los elementos que componen los automóviles con la metodología propuesta. Se acoplo a la productividad el método DFMA, inicialmente se usó en el rediseño de la unidad de aire acondicionado Fairmont/Zephyr, lográndose un ahorro de ensamble entre el 40 y 60%, además de la cantidad de partes sin afectar la funcionalidad del mecanismo (Kobe, 1990).

Tabla 13. Metodología DFMA

Método	Procedimiento
1. Implicaciones en el diseño al emplear la metodología DFMA	Mejorar sustancialmente los procesos de diseño y desarrollo de un producto.
	Reducir costos en la fabricación.
	Reducir los costes en la fabricación entre un 30 y 40%
	Concepto de modelos de modularizarían. Diseño conceptual y detalle del producto
2.Ingeniería concurrente	Se tiene en consideración aspectos como el ciclo de vida del producto, el recurso humano que colaboran en tarea de asesoramiento y de toma de decisiones y los recursos materiales. donde se integran las nuevas herramientas
	Respetar las funciones esenciales del producto.
3.Desarrollo del producto	Especificaciones del producto, documento explícito de las características, requerimientos y deseos.
3.1 Definición del producto	Desarrollo de un producto que surge de una necesidad o una oportunidad que tiene diversos orígenes.
	Para el proceso de diseño, se debe iniciar con un concepto que se establece mediante conocimientos, criterios técnicos y económicos, para determinar formas y dimensiones de las distintas piezas y componentes las cuales se articulan de manera que aseguran el cumplimiento de una determinada función.
3.2 Concepto	El diseño conceptual inicia de las especificaciones y genera una solución en inicio aceptable Utilizar la creatividad Generar soluciones a un problema en concreto,
3.3 Diseño de materialización	A partir de un concepto, se establecen unas etapas de diseño para identificar: <ul style="list-style-type: none"> • los requerimientos limitadores. • Prestaciones exigidas. • Dimensiones exteriores. • Exigencias ergonómicas • Incidencias ambientales. • Requerimientos de mantenimiento. • Limitaciones de coste.
3.4 Etapa de diseño dedetalle	Completar la determinación de las piezas y componentes
	Determinar las geometrías y los materiales.
	Determinar los acabados, recubrimientos, implantación de cables determinación de lubricantes y otros fluidos.
	Crear una codificación para generar una lista de piezas y componentes.
	Simplificar las soluciones, disminuir la complejidad de los sistemas, disminuir el número y tipos de elementos de unión.
	Revisión del proyecto cumplimiento de todas las funciones verificación de los distintos elementos y sistemas estén debidamente dimensionados y aseguren las distintas funciones de movilidad.
	Revisar que el producto sea fabricable, evitar formas incompatibles estudiar y mejorar las secuencias de montaje incorporar elementos de referenciación.
Generar la documentación necesaria, manuales.	

Método	Procedimiento
4. Arquitectura de producto y modularidad	La arquitectura de un sistema se crea durante las primeras etapas de diseño y eventualmente se adapta o modifica en etapas posteriores si el cambio es ventajoso por lo cual es de carácter de intencionalidad constructiva.
	Reutilización de conocimiento en el diseño teniendo en cuenta pautas, manuales de ingeniería y el Know-how de una empresa.
	Personalización en la fabricación.
	Configuraciones de variantes en el montaje.
	Adaptación después de la fabricación.
	Los productos modulares están organizados en una estructura de varios bloques constructivos orientados a ordenar e implementar las distintas funciones y facilitar las operaciones de composición del producto con un mínimo de interfaces posibles.
5. Fabricación	Cumplir las funciones facilidad en la fabricación, utilización de productos semielaborados, o componentes de mercado.
	Automatizar la fabricación y minorar las labores que han sido destinadas y confiadas a las habilidades humanas empleando: <ul style="list-style-type: none"> • Componentes con simetría. • Ordenación de piezas. • Paletización. • Cadena de montaje integrados.
	Tecnología de grupos consiste en identificar y agrupar las piezas que presenten similitudes en familias de piezas, para facilitar las tareas de fabricación, y las de diseño.
	Como indicación importante es que según acabados y tolerancias requeridas en la fabricación de una pieza se requiere de herramientas más precisas, operarios con más entrenamiento y habilidad lo cual aumenta substancialmente los costes de producción.
6. Montaje	El montaje es de carácter integrador por excelencia que establece la forma de los componentes y detecta los defectos de concepción de un producto y de fabricación de sus piezas.
	El montaje de un producto o de una maquina está relacionado tanto con la productividad y disminución de costes, como la funcionalidad y la calidad.
	Recomendaciones para el diseño en relación con el montaje: <ul style="list-style-type: none"> • Estructurar en módulos. • Disminuir la complejidad. • Establecer un elemento de base. • Limitar las direcciones del montaje. • Facilitar la composición. • Simplificar las uniones.
	Realizar las respectivas evaluaciones y revisión del montaje para intervenir en los aspectos que podrían mejorarse en el diseño del producto o máquina.
7. Preconformados	Los productos que se desarrollan desde cero ocasionan que las tareas para emprender el proyecto consuman tiempo, recurso humano y materiales, debido a este impase en la creación de los productos se incluyen un número creciente de componentes del mercado.
	Las ventajas competitivas al adquirir elementos ya elaborados son: <ul style="list-style-type: none"> • Coste del componente ajustado al mercado. • Fiabilidad garantizada. • Suministro al alcance. • Las mejoras del componente recaen sobre el proveedor. • Se minimiza el número de componentes. • Se facilita la concepción y la fabricación.

Método	Procedimiento
8 uniones fijas	Hay diferentes tipos de unión, se recomienda utilizar la que más simplifique el montaje y cumpla con las características importantes al momento de unir las dos piezas y los requerimientos deseados en la sujeción entre elementos.
	Fundamentos importantes en la unión entre componentes: <ul style="list-style-type: none"> • Sujeción/ Resistencia. • Seguridad. • Desmontabilidad. • Deformaciones inducidas. • Referenciación. • Resistencia a la temperatura. • Resistencia al ataque químico. • Estanqueidad. • Mantenimiento de la fuerza con el uso. • Aspecto estético. • Espacio necesario. • Preparación previa. • Costes.
9. Uniones móviles.	Las uniones móviles son la conexión entre dos partes de una maquina o determinadas estructuras resistentes, que permite el movimiento.
	Al precisar un elemento un tipo de movimiento es necesario validar el patrón de contacto ya sea deslizante o de rodadura.

Fuente: Fundación Prodimtec – Diseño para fabricación y ensamblaje – Disponible en <http://www.prodimtec.es/es/>. Edición autor [1]

CAPITULO 4 DISEÑO PRELIMINAR

Desarrollar el capítulo 15 del libro diseño de elementos de máquinas R. Mott. Editorial Pearson. 4ª. Edición entre las páginas (631-647) el cual consiste en aplicar criterios de selección en los diseños para de esta forma elegir el más conveniente de acuerdo a ciertos parámetros que sean los más convenientes para la aplicación y problema el cual se pretenda analizar.

4.1.0 Problema

El problema principal consiste en que no hay información técnica existente en la red para la fabricación de “autómatas en madera” ya que actualmente está fabricación proviene de procesos artesanales, no formales ni ordenados que dificultan desarrollar una producción ordenada y eficiente ya que no se encuentran planos ni análisis de diseños ni selección de materiales

estandarizados ni procesos de fabricación y ensamble pues al carecer de esta información se afecta la fabricación en cuanto a costos, cantidades, tiempos.

De acuerdo a lo anterior mencionado el objetivo es fabricar un autómatas en madera MDF con el fin de aprovechar los recortes sobrantes considerados como desperdicios provenientes del proceso de comercialización de la misma por la empresa Tablecortes SAS los cuales de acuerdo con la información suministrada por la empresa estos desperdicios tienen unas dimensiones aproximadas de 25cm x 25 cm por lo tanto se pretende realizar un aprovechamiento máximo del material sobrante diseñando un autómatas el cual debe cumplir con las siguientes dimensiones máximas de 25cm x 25cm x 25cm aplicando la metodología DFMA por ende en desarrollo de este capítulo se presentará más al detalle los requisitos que deben cumplir el diseño de los autómatas realizando en principio 1 primer prototipo

4.1.2 Funciones, requisitos de diseño y criterios de selección para la fabricación del autómatas en madera.

Funciones.

Las funciones de un autómatas enmaderan son las siguientes:

1. recrean diferentes aspectos y movimientos de seres vivos u objetos como (animales, humanos, arboles, carros, pelotas, instrumentos musicales, etc.) con propósito de tipo lúdico o recreativo.
2. transformar a través un movimiento de entrada de un grado de libertad en más de un movimiento de salida de diferente naturaleza.

4.1.3 Requisitos de diseño

1. material de fabricación debe ser en madera MDF
2. el tamaño no debe ser mayor a 30cm x 30cm x 25cm
3. el accionamiento debe ser manual.
4. el movimiento de entrada debe tener un grado de libertad.
5. el autómatas en madera debe tener por lo menos 6 movimientos de salida

6. los movimientos de salida deben de ser secuenciales o llevar algún tipo de programación mecánica coordinada.

7. el autómata debe contar una historia o debe transmitir algún mensaje al espectador.

4.1.4 Criterios de selección

Como ilustración del proceso para el diseño del autómata que nos ocupa se sugieren los siguientes criterios.

- Costo de fabricación.
- Tamaño
- Seguridad
- Confiabilidad
- Operación uniforme.
- Historia o mensaje
- Simplicidad de los mecanismos
- Cantidad de movimientos de salida
- Numero de personajes

4.1.5 Alternativas de diseño y selección

se plantearán 3 alternativas de diseño para la fabricación del autómata en madera las cuales serán calificadas de acuerdo a los criterios de selección anteriormente mencionados, se usará una escala de 1 a 10 donde 10 será la calificación más alta.

a) opción autómata 1 del estado del arte (junto al mar picante)



Figura 24. Autómata junto al mar picante Fuente:

<https://www.youtube.com/watch?v=pfvJHxfNw88>

Descripción del Autómata 1.

Autor del diseño: Tim Douglas

Nombre: Junto al Mar Picante **Número de movimientos de entrada:** 1

Duración: 1:23 min **Número de movimientos de salida:** 12

Personajes: 6 **Fuente:** YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=pfvJHxfNw88>

Descripción de la Historia:

Este autómata nos cuenta una corta historia de una familia la cual se encuentra disfrutando de un paseo en la playa en donde nos muestra a el abuelo el cual está comiendo un helado sentado en su silla de playa, en la parte de atrás del escenario se encuentra dos niños jugando con una pelota de forma continua durante todo ciclo de funcionamiento, de repente el abuelo se queda dormido y en consecuencia deja caer el helado que se estaba comiendo sobre la señora que se encontraba acostada sobre la arena tomando el sol y en cuanto siente el frio del helado sobre su pecho se asusta y accidentalmente empuja a la joven adolescente contra un poste en madera, el abuelo al sentir el estruendo generado se despierta y levanta el brazo con el que sujetaba el helado.

b) opción autómata 2 del estado del arte (Drácula)



Figura 25. Autómata Drácula Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=cCclh7qq-GE>

Descripción del Autómata 2.

Autor del diseño: Tim Douglas

Nombre: Drácula **Número de movimientos de entrada:** 1

Duración: 2:12 min **Número de movimientos de salida:** 10

Personajes: 3 **Fuente:** YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=cCclh7qq-GE&>

Descripción de la Historia:

Este autómata cuenta la historia de un personaje icónico como lo es Drácula, el sketch da inicio cuando se eleva el ataúd de la profundidad de la tierra. posteriormente al estar en la superficie se abre lentamente la tapa del ataúd dando un toque de suspenso a la historia seguidamente Drácula se despierta e inclina su cuerpo para sentarse, al girar su cabeza y observar su entorno nota que ya está amaneciendo y el sol está saliendo por lo tanto rápidamente gira su cabeza y se acuesta nuevamente cerrando la tapa del ataúd y finalmente desciende sobre la superficie de la tierra ocultándose nuevamente el sol para dar inicio a un nuevo ciclo de funcionamiento.

c) opción autómata en madera (doncella francesa)



Figura 26. Autómata Doncella francesa Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=IW-hUNm080M>

Descripción del Autómata 2.

Autor del diseño: Tim Douglas

Nombre: Doncella Francesa **Número de movimientos de entrada:** 1

Duración: 1:44 min **Número de movimientos de salida:** 8

Personajes: 3 **Fuente:** YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=IW-hUNm080M&t=30s>

Descripción de la Historia:

Este autómata cuenta la historia de tres personajes, da inicio al encontrarse una mucama joven y atractiva realizando labores de limpieza la cual se da vuelta y se agacha para limpiar los muebles de la casa, cuando de repente el señor de la casa aprovecha el momento mientras ella está de espaldas y gira su cabeza para observarla detenidamente, luego el perro de igual forma aprovecha el momento de distracción del señor para poder saltar y comerse la comida que se encontraba en la mesa. al percatarse el señor que ella se va a levantar gira nuevamente su cabeza y ve hacia el frente para no generar sospechas, ella finalmente se levanta al terminar su labor y se gira nuevamente hacia al frente y no se percata de lo sucedido.

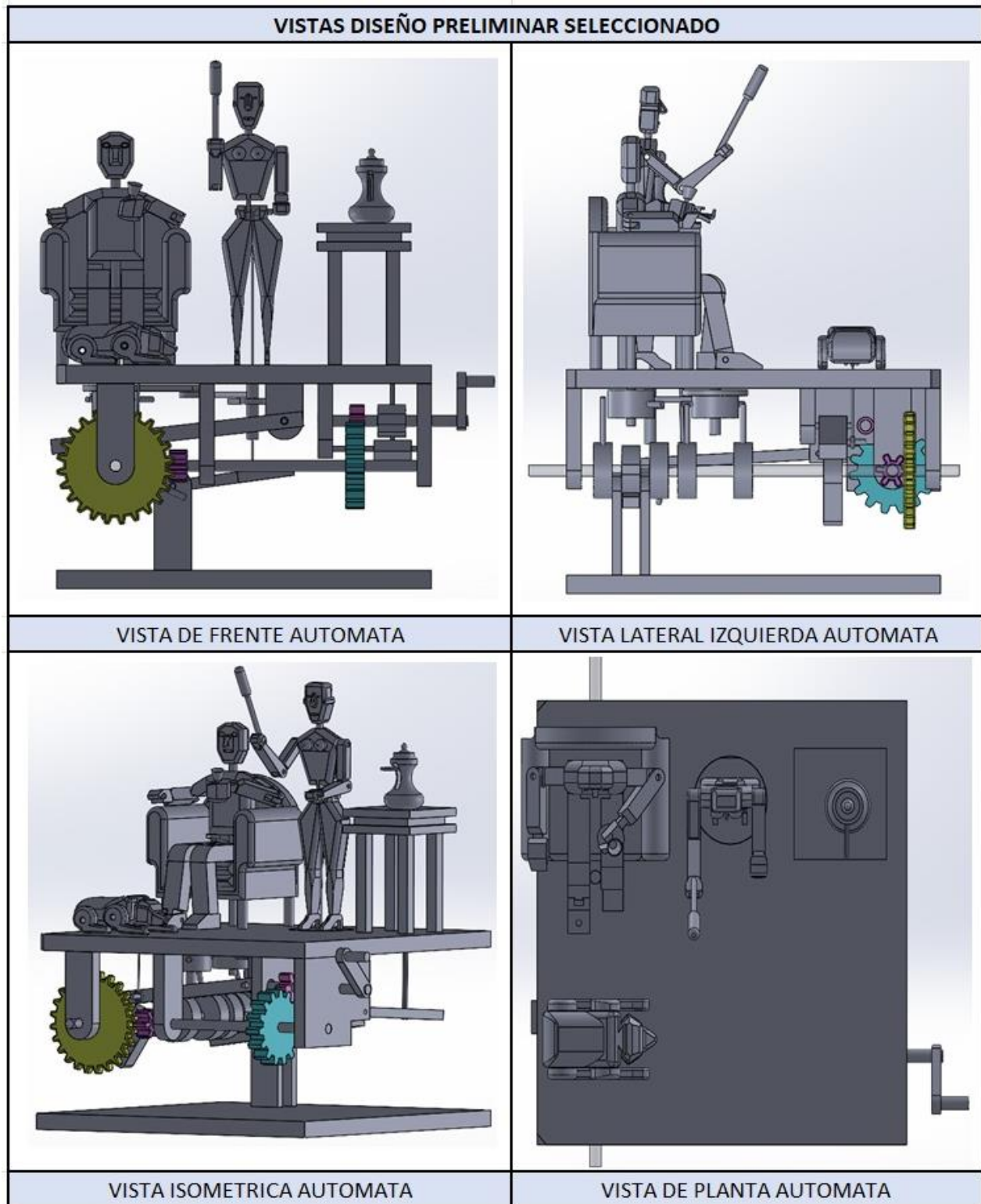
Tabla 14 análisis y criterios de selección capítulo 15 elementos de máquinas R. Mott.

TABLA 15-1 Tabla de analisis de desiciones			
Criterios	Alternativas		
	(a) Automata Junto al mar picante	(b) Automata Dracula	(c) automata Doncella francesa
1 Costo de fabricación.	5	5	8
2 Tamaño	6	6	8
3 Seguridad	8	4	7
4 Confiabilidad	7	6	8
5 Operación uniforme.	6	6	9
6 Historia o mensaje	6	4	10
7 Simplicidad de los mecanismos	3	3	9
8 Cantidad de movimientos de salida	9	7	8
9 Numero de personajes	8	6	8
TOTALES	58	47	75

4.1.6 Decisión de diseño para la fabricación del autómata

Para el presente diseño, se escoge el autómata en madera de la doncella francesa por su simplicidad y es probable que su costo final sea menor que el de los demás diseños propuestos adicional por la historia y mensaje que trasmite es mucho más profundo y atractivo al público.

Figura 27. Vistas de diseño preliminar fuente: Diseño propio



CAPITULO 5 DISEÑO DE DETALLE

En este capítulo se desarrolla el diseño de detalle del autómeta seleccionado de acuerdo a los criterios del capítulo anterior que corresponde a la doncella francesa donde se demostrarán los cálculos realizados para los mecanismos seleccionados para generar los diferentes movimientos de salida para documentar el proceso de diseño de acuerdo a los parámetros establecidos en la metodología DFMA (ver tabla 13) la cual al aplicarla permite sistematizar el proceso de diseño, fabricación y ensamble del autómeta seleccionado como primer prototipo.

Lo que se pretende en este desarrollo es crear un procedimiento o guía inicial el cual nos permita documentar el proceso de fabricación del prototipo creando con ayuda de herramientas tecnológicas como lo son los softwares de diseño y de cálculo a crear plantillas que nos puedan servir para la fabricación de futuros diseños de autómetas en madera.

5.1.0 Análisis de los movimientos y mecanismos del autómeta

Como primer paso se procede a realizar un análisis de detalle al autómeta fabricado artesanalmente con el fin de caracterizar los movimientos de los personajes y de esta forma aplicar un rediseño en los mecanismos con la intención de simplificar al máximo el diseño.



Figura 27. Autómeta de fabricación artesanal (doncella francesa) Fuente:
<https://www.youtube.com/watch?v=IW-hUNm080M>

Este autómata se ha nombrado como la doncella francesa, en la imagen anterior se puede ver la posición inicial del sistema mecánico y de los personajes que componen y protagonizan esta pequeña historia que cuenta el autómata.

Tabla 15. Nomenclatura de los personajes

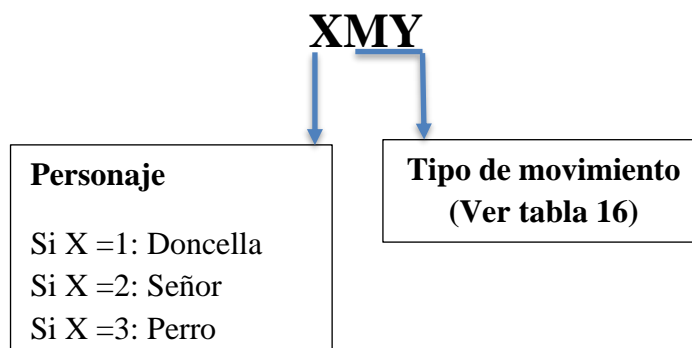

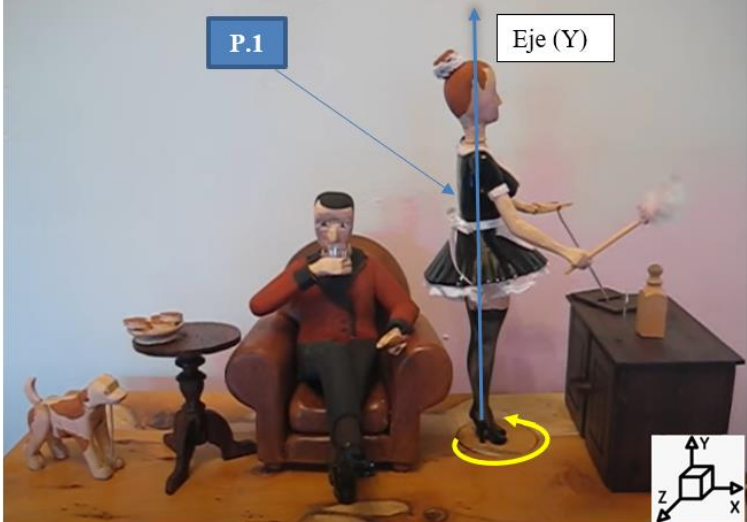


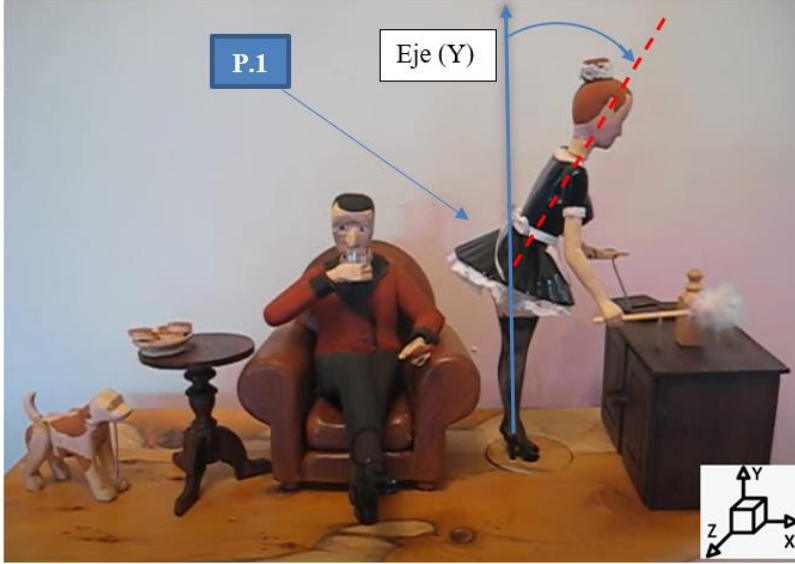
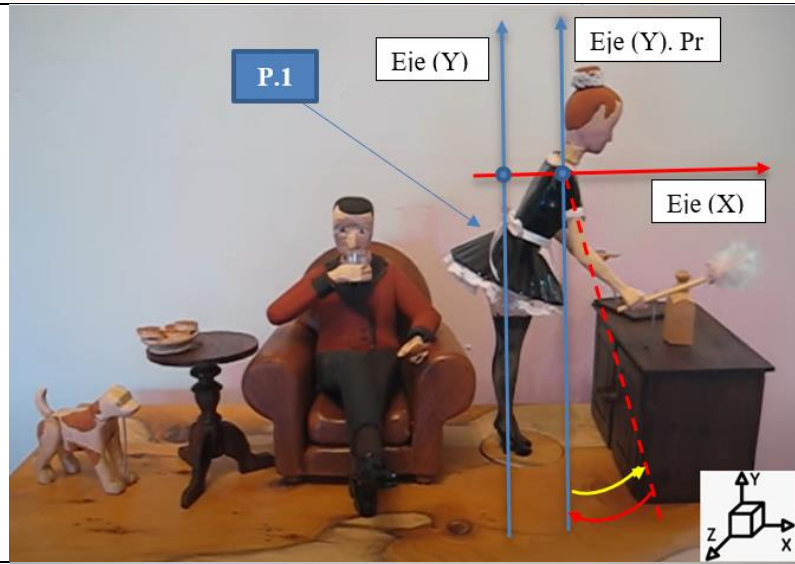
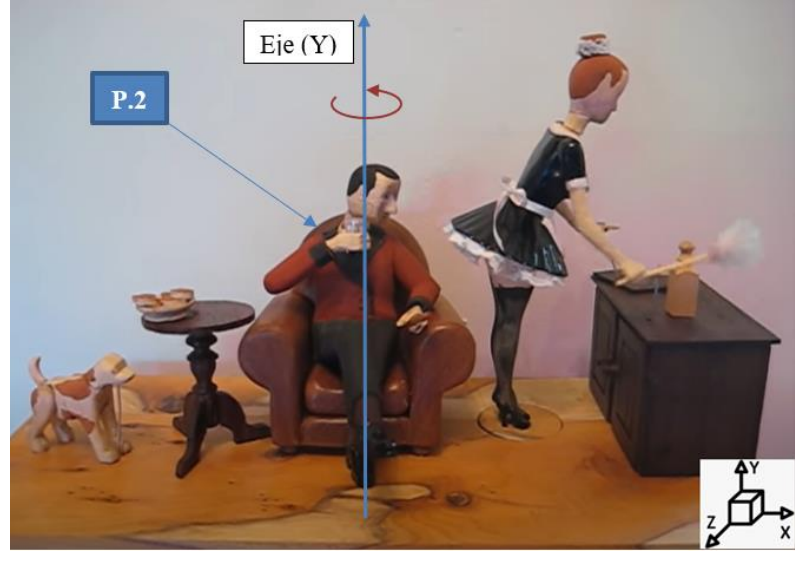
Tabla 16. Cuadro de nomenclatura de los movimientos

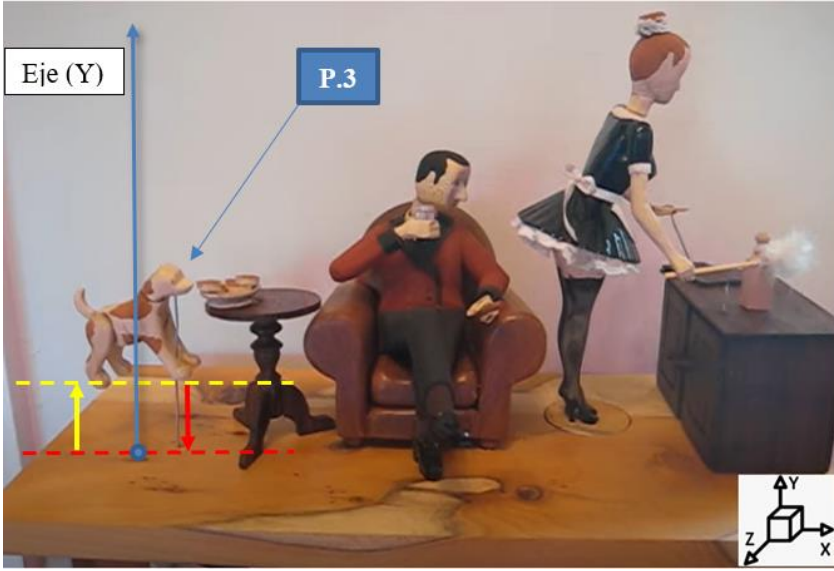
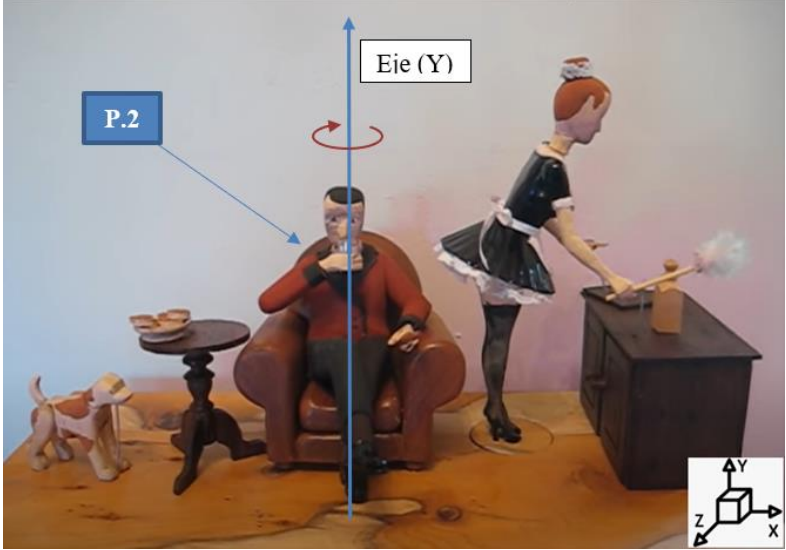
Ítem	Nombre	Tipo de Movimiento		Sentido de Giro		Nomenclatura
		Entrada	Salida	Horario	Anti horario	
1	Movimiento de Entrada	X		X		ME
2	Rotación horizontal restringido antihoraria		X		X	M2
3	Rotación vertical restringido horario		X	X		M3
4	Rotación Vertical Alternativo		X	Alternativo		M5
5	Traslación rectilínea vertical alternativa		X	Alternativo		M6
6	Rotación vertical restringido antihorario		X		X	M4
7	Rotación horizontal restringido horaria		X	X		M1

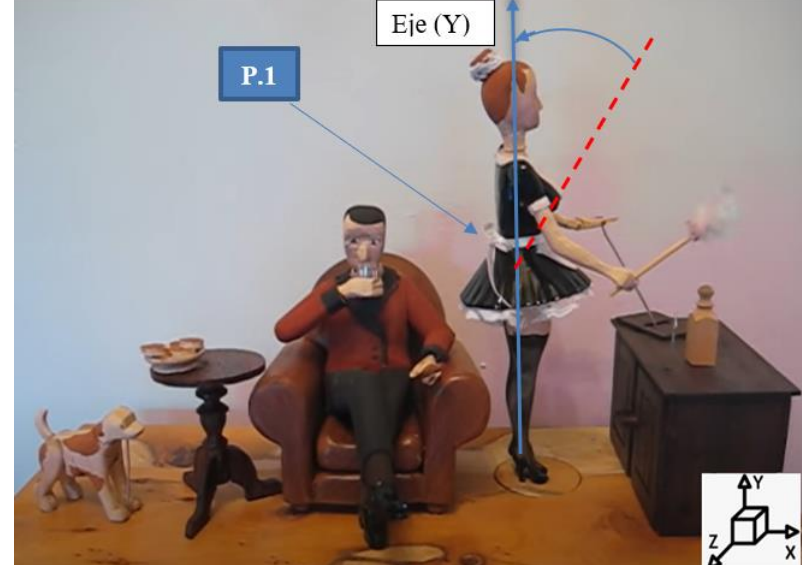

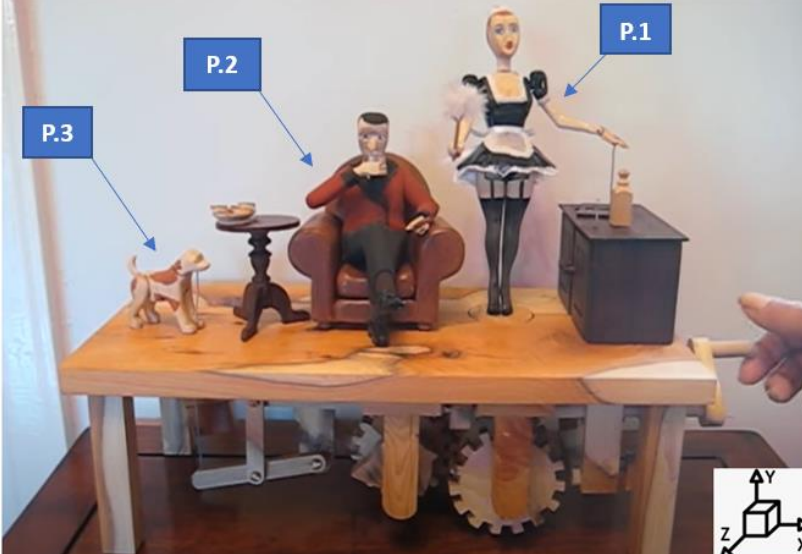
en el siguiente cuadro se describirán los movimientos de salida de cada uno de los personajes, esta descripción se realizará de la misma forma secuencial en que se van generando los movimientos de salida (MS) de los 3 personajes.

Tabla 17. Momento de los personajes autómatas doncella francesa

Momento	Posición	Descripción
0		<p>Posición inicial de los tres personajes</p> <p>para iniciar a describir los movimientos de salida se debe aplicar un movimiento de entrada (ME) rotacional en la manivela de entrada del mecanismo</p> <p>Tipo de movimiento de entrada Movimiento de rotación en sentido horario (ME)</p>
1		<p>Doncella</p> <p>Todo su cuerpo rota 90° grados sobre su eje (Y) en sentido contrario a manecillas del reloj con respecto al eje (Z).</p> <p>Tipo de movimiento de salida rotación horizontal restringido antihorario (1M2)</p>

2		<p>Doncella</p> <p>Su espalda se inclina realizando un Giro 45° grados con respecto al eje (Y) en sentido de las manecillas del reloj.</p> <p>Tipo de movimiento de salida rotación vertical restringido horario (1M3)</p>
3		<p>Doncella</p> <p>Su brazo realiza un movimiento rotativo alternativo oscilando de $(0^\circ$ a $30^\circ)$ grados con respecto al eje (Y) proyectado en el eje (X) a la altura de su hombro para limpiar el jarrón</p> <p>Tipo de movimiento de salida Rotación vertical alternativo (1M5)</p>
4		<p>Señor</p> <p>Su cabeza rota 90° grados sobre su eje (Y) en sentido contrario a manecillas del reloj con respecto al eje (Z) viendo a la doncella de espalda aprovechando mientras ella limpia el polvo del jarrón.</p> <p>Tipo de movimiento de salida rotación horizontal restringido antihorario (2M2)</p>

5		<p>Perro</p> <p>El perro da un gran salto hacia arriba sobre el eje (Y) aproximadamente 10mm aprovechando que su amo este distraído observando a la doncella para atrapar la comida que está en la mesa y regresa nuevamente a su posición inicial</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Traslación rectilínea vertical alternativo (3M6)</p>
6		<p>Señor</p> <p>Su cabeza rota 90° grados sobre su eje (Y) en sentido de manecillas del reloj con respecto al eje (X) regresando a su posición inicial antes que la doncella se dé cuenta que la está observando de espaldas</p> <p>Tipo de movimiento de salida</p> <p>Movimiento rotación horizontal restringido horario (2M1)</p>

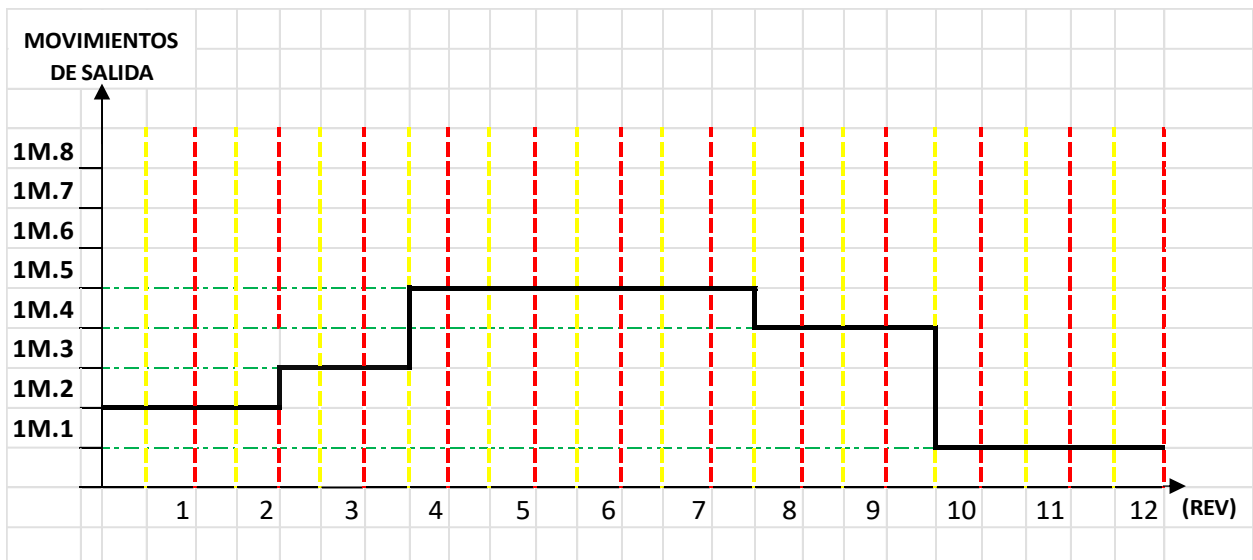
7		<p>Doncella Su espalda se endereza regresando a su posición inicial realizando una rotación de 45° grados con respecto al eje (Y) en sentido contrario a las manecillas del reloj.</p> <p>Tipo de movimiento de salida Movimiento rotación vertical restringido antihorario (1M4)</p>
8		<p>Doncella Todo su cuerpo rota 90° grados sobre su eje (Y) en sentido a las manecillas del reloj con respecto al eje (X) regresando a su posición inicial.</p> <p>Tipo de movimiento de salida Movimiento rotación horizontal restringido horario (1M1)</p>
0		<p>-Doncella (P.1) -Señor (P.2) -Perro (P.3)</p> <p>Todos los personajes regresan a su posición inicial (momento 0) listos para iniciar un nuevo ciclo de funcionamiento del sistema</p>

Diagramas de movimientos

A partir de la información que se presentó en la tabla anterior se toma información para desarrollar una herramienta que va a ser útil para el estudio ordenado y sistemático de los movimientos del autómata la doncella francesa.

En estos diagramas se van a mostrar en el eje horizontal un número determinado de revoluciones necesarias para completar el ciclo de funcionamiento del autómata mientras que en el eje vertical se ubicarán los diferentes tipos de movimientos de salida del autómata descritos en la tabla 16.

Grafico 9. Movimientos de salida personaje 1 autómata (Doncella)



En el grafico anterior podemos ver los movimientos de salida que realiza el personaje 1 (doncella) en donde se puede observar de acuerdo al grafico realiza un movimiento 1M.2 desde (0rev - 2rev) seguido por un movimiento 1M.3 (2rev – 3.5rev) luego un movimiento 1M.5 (3.5rev – 7.5rev) después de realizar su labor regresa aplicando un movimiento 1M.4 desde (7.5rev – 9.5rev) y finalmente para terminar el ciclo de funcionamiento un movimiento 1M.1 desde (9.5rev – 12rev) regresando a su posición inicial realizando al finalizar el ciclo 5 movimientos este personaje.

En el grafico anterior podemos ver los movimientos de salida que realiza el personaje 3 (Perro) en donde se puede observar de acuerdo al grafico realiza un movimiento 3M.6 desde (5rev – 6.5rev) regresando a su posición inicial realizando al finalizar el ciclo 1 movimientos este personaje.

5.2.0 Modelamiento y diseño CAD (SolidWorks 2023)

Luego del análisis y caracterización de los movimientos aplicando la teoría procedemos a simplificar los mecanismos encargados de generar los movimientos de salida modelando con ayuda del programa de diseño SolidWorks 2023 un sistema nuevo que cumpla con los requerimientos del autómeta sin afectar su funcionamiento.

5.3.0 Cálculo de movimientos

Se procede a realizar el cálculo de los mecanismos utilizados para poder realizar los movimientos de salida de cada personaje que hace parte del autómeta (doncella francesa)

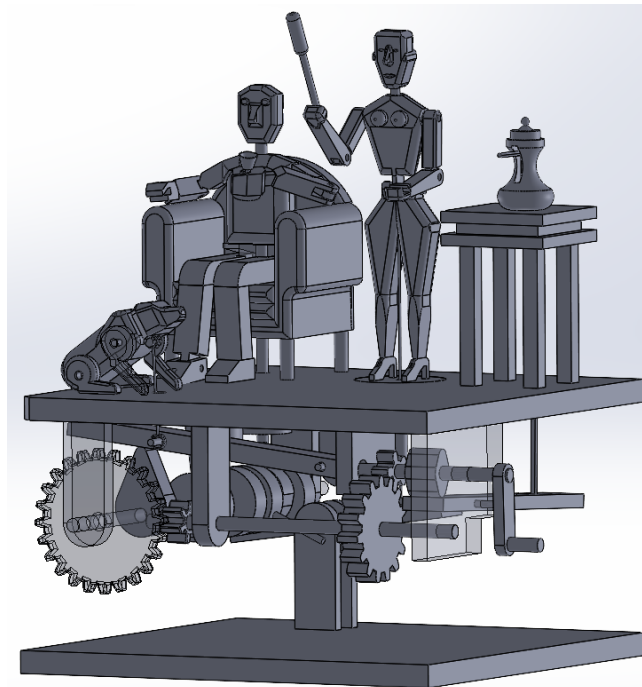


Figura 28. Posición inicial personajes (doncella francesa) Fuente: Edición propia

Análisis y cálculo de mecanismos

En este apartado se realizará un paso a paso de cómo se hizo el diseño y cálculo de los diferentes mecanismos utilizados para generar los movimientos de salida de los personajes del autómeta seleccionado en el capítulo anterior (autómeta doncella francesa) de forma secuencial en un ciclo de funcionamiento explicando el flujo de movimiento de los mecanismos.

Movimiento de entrada (ME)

Para dar inicio al ciclo de funcionamiento del autómeta se aplica un movimiento de tipo rotacional de un grado de libertad al mecanismo de entrada el cual es una manivela al que se le aplicaran 12 revoluciones equivalentes a un ciclo de funcionamiento. Por otro lado, los mecanismos encargados de generar los movimientos de salida de los personajes se diseñaron para realizar su operación con una sola revolución por lo tanto es necesario implementar una reducción en la relación de transmisión para el flujo de movimiento.

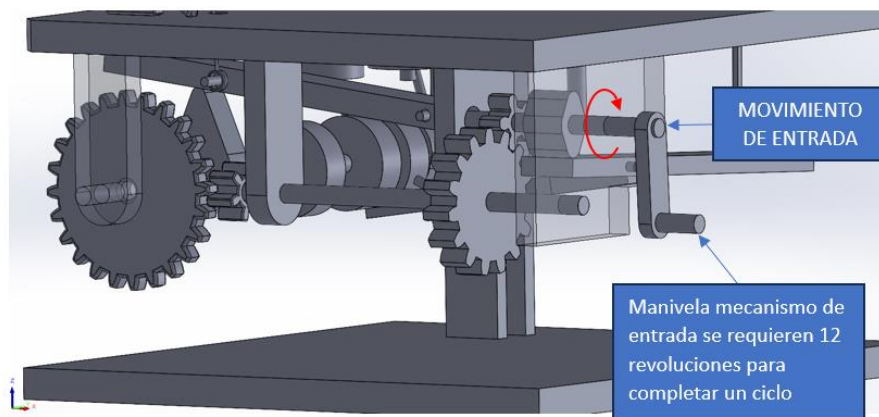


Figura 29. Mecanismo de movimiento de entrada (doncella francesa) Fuente: Edición propia

5.4.0 Reducción en la relación de transmisión de movimiento

Debido a que es necesario realizar una reducción en la relación de transmisión de movimiento de tipo rotacional a los mecanismos generadores de los movimientos de salida con respecto al movimiento de entrada inducido se usarán engranajes de diente recto para dicha reducción.

teniendo en cuenta que a la entrada tenemos 12 revoluciones y a la salida se necesita 1 revolución para el funcionamiento de los mecanismos generadores de los movimientos de salida se requiere una relación de reducción en la transmisión de (12 a 1) o también ($n_t=12/1$) esto quiere decir que por cada 12 revoluciones a la entrada a la salida tendremos 1 revolución.

Teniendo en cuenta los requisitos y criterios de selección para el diseño del autómeta en cuanto a tamaño el cual abarca dimensiones, disposición y ubicación de los mecanismos generadores de los movimientos de salida se decide dividir la relación de reducción en 2 trenes de engranes de diente recto ya que si se realizar en un solo tren de engranajes su tamaño sería demasiado grande y no cumpliríamos con los requisitos de diseño establecidos en el capítulo anterior.

Partiendo de que se requiere una reducción total ($n_t=12/1$) realizaremos los cálculos necesarios para el diseño de los dos trenes de engranajes que cumplan con esta condición de funcionamiento

sabiendo que $n_t = n_1 * n_2$

n_1 = relación de transmisión primer tren

n_2 = relación de transmisión segundo tren

n_t = relación de transmisión total

Tomamos las siguientes relaciones para los dos trenes de engranajes cumpliendo con la formula anterior.

$n_1 = 3/1$

$n_2 = 4/1$

5.4.1 Diseño primer tren de engranajes (n_1)

Z= Numero de dientes del engranaje

n= Relación de transmisión

n_1 = relación de transmisión primer tren

$Z_1(\text{piñón}) = 5$

$Z_2(\text{rueda}) = 15$

Para calcular la relación de transmisión (n) debemos tener en cuenta el número de dientes del piñón y la rueda que componen el tren de engranajes donde.

$$n = \frac{\text{numero de dientes de la rueda}}{\text{numero de dientes de la piñon}} \quad \text{por lo tanto} \quad n1 = \frac{z2}{z1} \quad \longrightarrow \quad = n1 = \frac{15}{5} = 3$$

En el primer tren de engranajes tenemos que es una relación de transmisión de 3 a 1 lo que quiere decir que por cada 3 revoluciones que da el piñón da una revolución la rueda, la cual se denota de la siguiente forma $n = 3/1$.

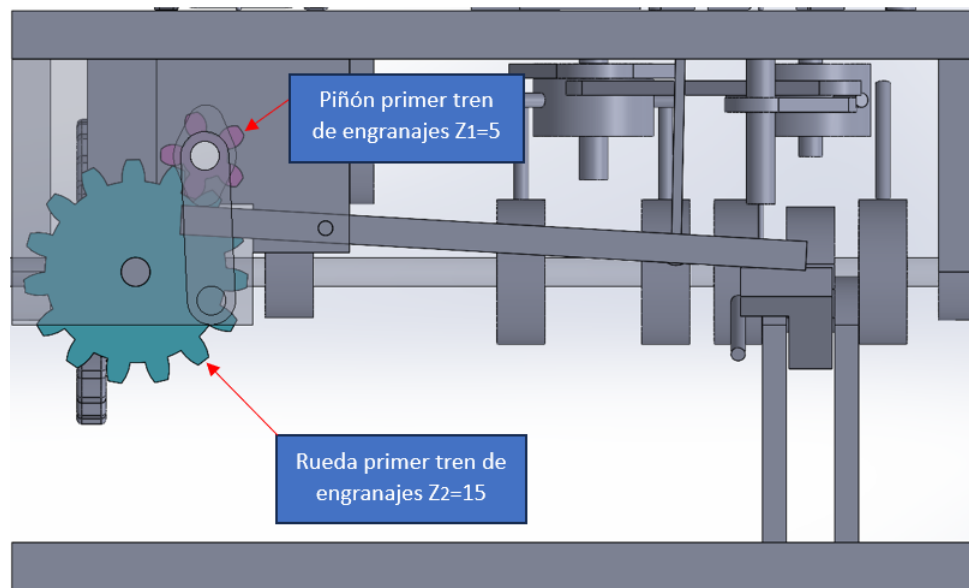


Figura 30. Primer tren de engranajes de diente recto Fuente: Edición propia

5.4.2 Dimensionamiento y cálculo de los engranajes del primer tren.

En este apartado se realizarán los cálculos para las dimensiones del piñón y la rueda que componen el primer tren de engranajes utilizados para la reducción en la transmisión. Para dichos cálculos se realizó una programación en Excel cumpliendo con el modularidad requerida en el proceso de fabricación con el fin de facilitar el diseño de futuros mecanismos.

Tabla 18. Calculo dimensión de engranajes primer tren.

PIÑÓN			RUEDA		
ELEMENTO	FORMULA	RESULTADO	ELEMENTO	FORMULA	RESULTADO
Módulo M=	M	2,8	Módulo M=	M	2,8
Número de Dientes Z1=	Z	5	Número de Dientes Z2=	Z	15
Diámetro Primitivo (Dp1) =	M*Z	14	Diámetro Primitivo (Dp2) =	M*Z	42
Diámetro Exterior (De) =	Dp + (2*M)	19,6	Diámetro Exterior (De) =	Dp + (2*M)	47,6
Altura del Diente (h) =	2,167*M	6,0676	Altura del Diente (h) =	2,167*M	6,0676
Paso diametral (P) =	π *M	8,79648	Paso diametral (P) =	π *M	8,79648
Diámetro Interior (Di) =	De - (2*H)	7,4648	Diámetro Interior (Di) =	De - (2*H)	35,4648
Espesor del diente (e) =	P/2	4,39824	Espesor del diente (e) =	P/2	4,39824
Altura del pie del diente (l) =	1,167*M	3,2676	Altura del pie del diente (l) =	1,167*M	3,2676
Distancia entre centros (A) =	(Dp1 + Dp2)/2			28	

Con base en las dimensiones calculadas para los engranajes del primer tren ver plano de detalle

(TR1-PYT-UAN) anexo 1

5.4.3 Diseño segundo tren de engranajes (n2)

$n2$ = relación de transmisión segundo tren

$$Z3(\text{piñón})= 6$$

$$Z4(\text{rueda})= 24$$

Para calcular la relación de transmisión (n) debemos tener en cuenta el número de dientes del tren de engranajes donde.

$$n = \frac{\text{numero de dientes del rueda}}{\text{numero de dientes de la piñon}} \quad \text{por lo tanto} \quad n2 = \frac{z4}{z3} \quad \longrightarrow \quad = n2 = \frac{24}{6} = 4 \quad \text{En}$$

el segundo tren de engranajes sus ejes de transmisión tienen una disposición ortogonal (90°). de acuerdo a los cálculos realizados tenemos que es una relación de transmisión de 4 a 1 lo que quiere decir que por cada 4 revoluciones que da el piñón da una revolución la rueda, la cual se denota de la siguiente forma $n = 4/1$.

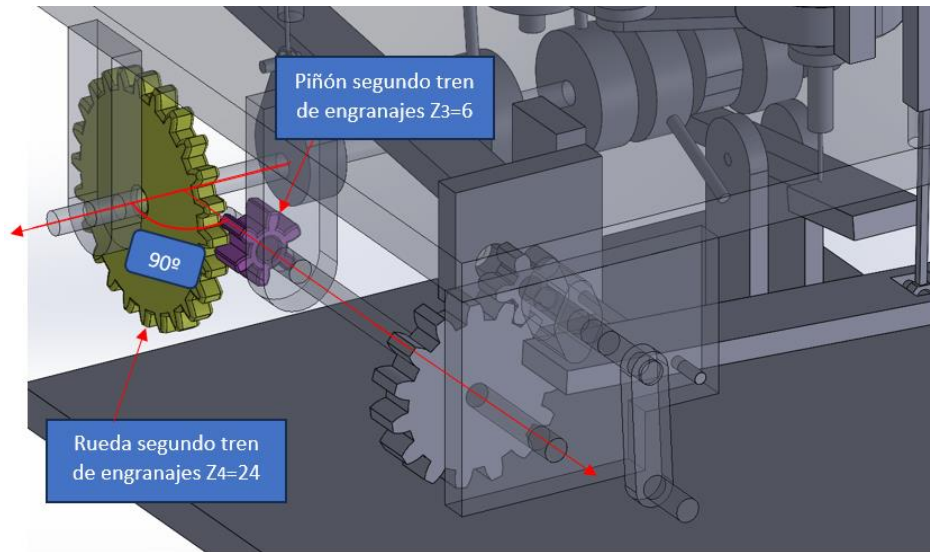


Figura 31. Segundo tren de engranajes de diente recto Fuente: Edición propia

5.4.4 Dimensionamiento y cálculo de los engranajes del segundo tren.

En este apartado se realizarán los cálculos para las dimensiones del piñón y la rueda que componen el segundo tren de engranajes utilizados para la reducción en la transmisión. Para dichos cálculos se realizó una programación en Excel cumpliendo con el modularidad requerida en el proceso de fabricación con el fin de facilitar el diseño de futuros mecanismos.

Tabla 19. Calculo dimensión de engranajes segundo tren

PIÑÓN			RUEDA		
ELEMENTO	FORMULA	RESULTADO	ELEMENTO	FORMULA	RESULTADO
Módulo M=	M	5	Módulo M=	M	5
Número de Dientes Z3=	Z	6	Número de Dientes Z4=	Z	24
Diámetro Primitivo (Dp1) =	M*Z	30	Diámetro Primitivo (Dp2) =	M*Z	120
Diámetro Exterior (De) =	Dp + (2*M)	40	Diámetro Exterior (De) =	Dp + (2*M)	130
Altura del Diente (h) =	2,167*M	10,835	Altura del Diente (h) =	2,167*M	10,835
Paso diametral (P) =	π *M	15,708	Paso diametral (P) =	π *M	15,708
Diámetro Interior (Di) =	De - (2*H)	18,33	Diámetro Interior (Di) =	De - (2*H)	108,33
Espesor del diente (e) =	P/2	7,854	Espesor del diente (e) =	P/2	7,854
Altura del pie del diente (l) =	1,167*M	5,835	Altura del pie del diente (l) =	1,167*M	5,835
Distancia entre centros (A) =	$(Dp1 + Dp2)/2$				75

Con base en las dimensiones calculadas para los engranajes del primer tren ver plano de detalle

(TR2-PYT-UAN) anexo 1

Posteriormente a realizar el cálculo individual de transmisión en los dos trenes de engranajes del mecanismo procedemos a calcular.

- relación de trasmisión total del sistema

- número de revoluciones que hay en cada uno de los ejes de salida de los dos trenes.

teniendo en cuenta un ciclo de funcionamiento el cual toma 12 revoluciones a la entrada del sistema operamos de la siguiente forma.

n_t = relación de transmisión total.

$$n_t = n_1 * n_2$$

$$n_t = \frac{3}{1} * \frac{4}{1} = 12 \quad n_t = 12/1.$$

Calculamos el número de revoluciones a la salida de cada tren de engranajes

R = revoluciones

R_e = revoluciones de entrada

R_1 = revoluciones de salida primer tren

R_2 = revoluciones de salida segundo tren

$$R = \frac{\text{revoluciones a la entrada del tren}}{\text{relacion de transmision del tren}}$$

Revoluciones en el eje de salida del primer tren ($Z_1=5$ - $Z_2=15$).

$$n_1 = 3/1$$

$$R_1 = \frac{12 \text{ rev}}{3} = 4 \text{ rev}$$

Revoluciones en el eje de salida del segundo tren ($Z3=6 - Z4=4$).

$$n2 = \frac{4}{1}$$

$$R2 = \frac{4 \text{ rev}}{4} = 1 \text{ rev}$$

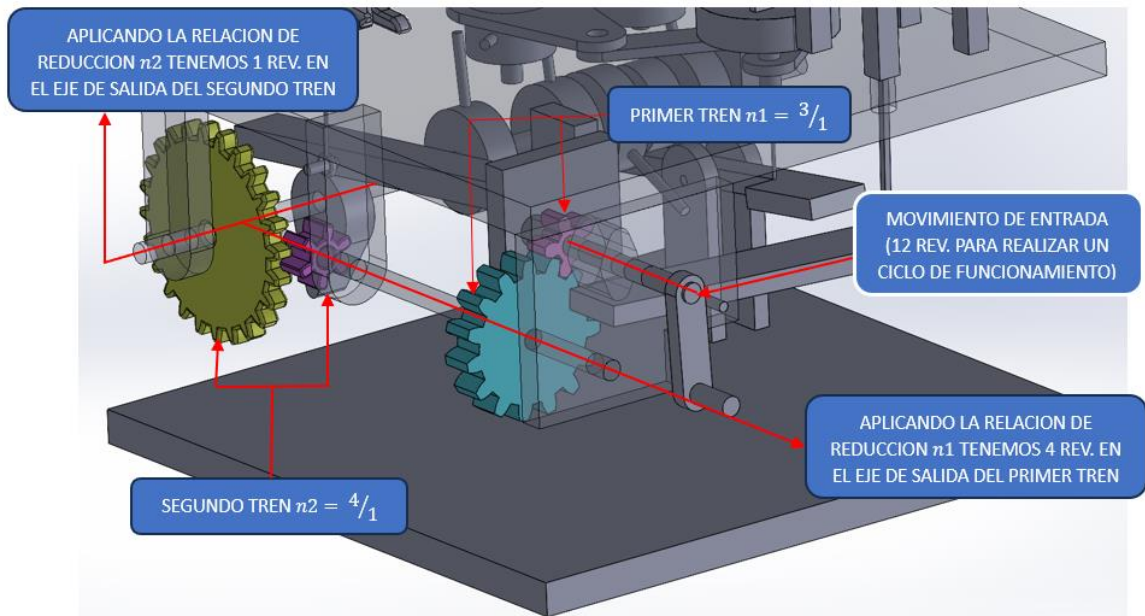


Figura 32. Flujo de movimiento transmisión de reducción ($n_t=12/1$) Fuente: Edición propia

5.4.5 Análisis y cálculo de mecanismos generadores de movimientos de salida

Se realizará el análisis y calculo de los mecanismos generadores de movimientos de salida de acuerdo a la secuencia indicada en la (Tabla 17. Momentos de los personajes) donde describen el orden en que se van generando los movimientos de salida de cada personaje de acuerdo a la secuencia de la historia que cuenta el autómeta.

5.5.0 Cálculos Momento 1 y Momento 8

En el momento 1 la doncella da inicio al ciclo de funcionamiento del autómeta generando el primer movimiento de salida realizando un giro 90° en todo su cuerpo el cual corresponde de acuerdo a la (Tabla 16. nomenclatura de los movimientos) a un movimiento **1M.2**. teniendo en cuenta que los mecanismos que generan el movimiento de salida **1M.2** son los mismos que generan el movimiento de salida **1M.1** lo que cambia simplemente es el sentido de giro ya que esto está ligado

a la ubicación de ensamble de los cilindros inferiores pues se encuentran desfasados sus topes para que actúen en diferente momento del ciclo de funcionamiento del autómatas dando la impresión de que hacen parte de un conjunto distinto de mecanismos, pero no lo son.

5.5.1 Posiciones del personaje y mecanismos

Se ilustrará la posición inicial y final del personaje y los mecanismos involucrados para poder generar este movimiento de salida.

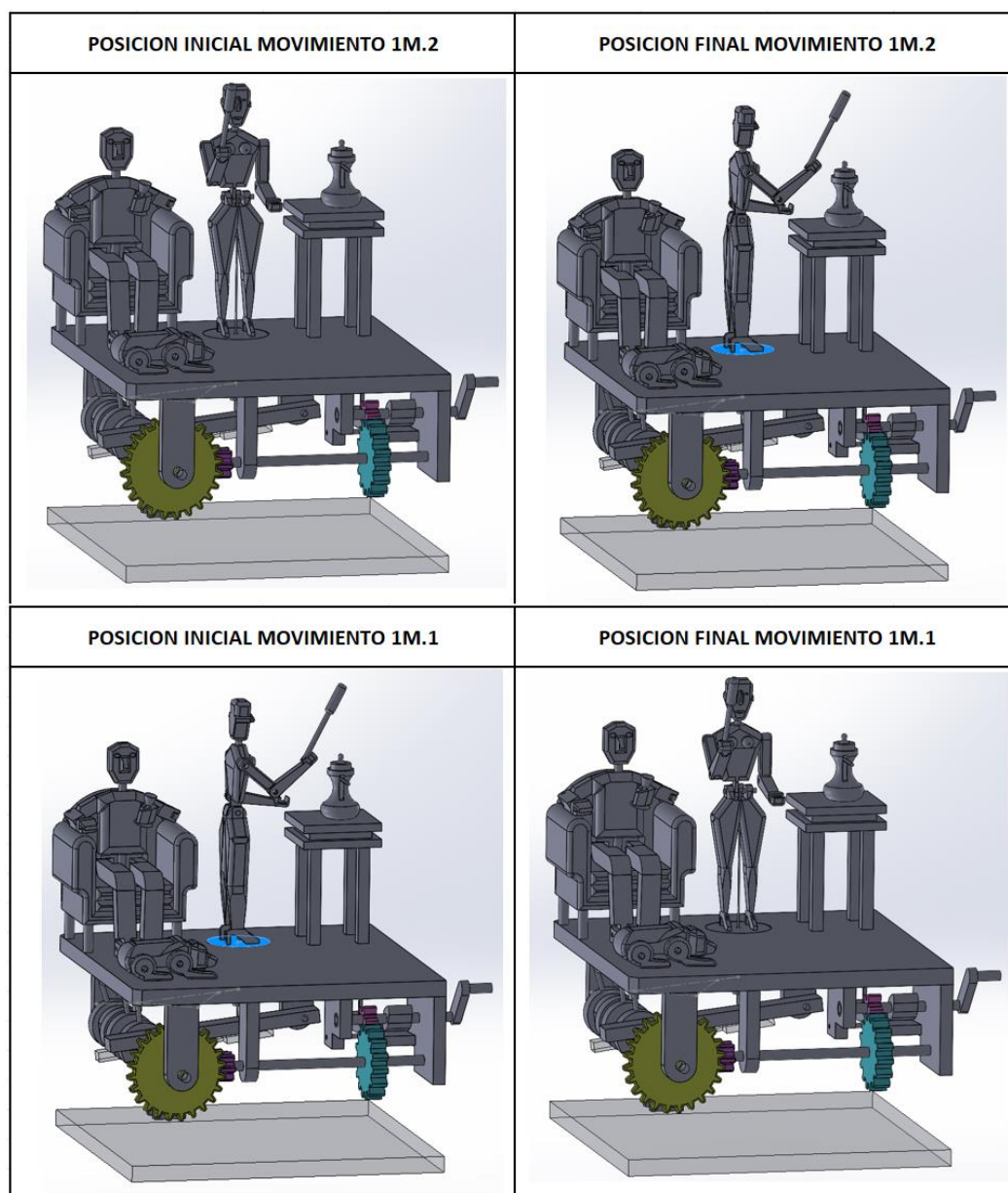


Figura 33. Posiciones del movimiento 1M.2 y 1M.1 Fuente: Edición propia

5.5.2 Mecanismos involucrados los movimientos 1M.2 y 1M.1

Los mecanismos que hacen posible el movimiento de tipo rotacional (1M.2 y 1M.1) son los siguientes:

- Mecanismo de 4 barras
- Mecanismo de transmisión ortogonal de impulso

Para poder iniciar con el cálculo y diseño de estos mecanismos iniciaremos con el mecanismo de 4 barras ya que es el mecanismo que se rige bajo la condición de Angulo de giro restringido de 90° que requiere el primer movimiento adicional este es el mecanismo que transmite directamente el movimiento de salida al personaje

5.5.3 Cálculo del mecanismo de 4 barras

Para el diseño de este mecanismo se debe cumplir el criterio de la Ley Grashof el cual establece que un mecanismo de 4 barras al menos una barra podrá realizar una revolución completa si y solo si se cumple el siguiente criterio.

$$S + L \leq P + Q$$

Teniendo en cuenta los requisitos de diseño por tamaño y cumpliendo con el criterio de la Ley de Grashof se definieron las siguientes dimensiones para el mecanismo de 4 barras

$$S = 17mm \quad L = 55mm \quad P = 40mm \quad Q = 80.78mm \quad \theta_2 = 86.03^\circ$$

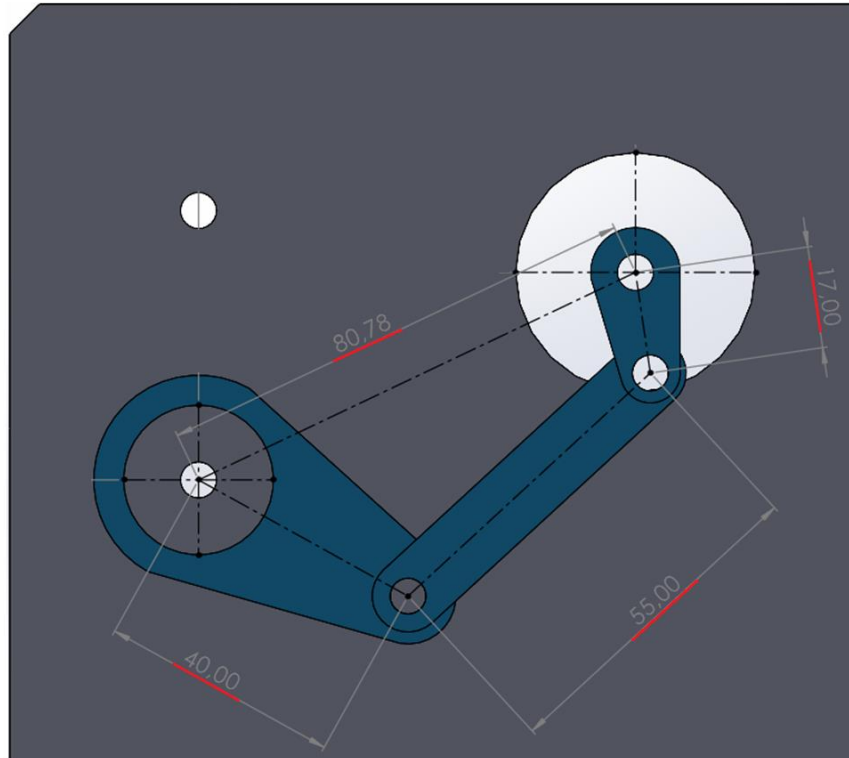


Figura 34. Dimensiones mecanismo de 4 barras ver plano de detalle (M4B.1-PYT-UAN) anexo 1 fuente: Edición propia

Conociendo las dimensiones de los 4 eslabones procedemos a realizar el cálculo de posición inicial del mecanismo hallando los ángulos θ_3 y θ_4 calculando las siguientes variables.

$$K1 = \frac{Q}{S} = \frac{80.78}{17} = 4.752$$

$$K2 = \frac{Q}{P} = \frac{80.78}{40} = 2.02$$

$$K3 = \frac{S^2 - L^2 + P^2 + Q^2}{2SP} = \frac{17^2 - 55^2 + 40^2 + 80.78^2}{(2 \cdot 17 \cdot 40)} = 3.963$$

$$K4 = \frac{Q}{L} = \frac{80.78}{55} = 1.469$$

$$K5 = \frac{P^2 - Q^2 - S^2 - L^2}{2SL} = \frac{40^2 - 80.78^2 - 17^2 - 40^2}{(2 * 17 * 55)} = -4.406$$

$$A = \cos \theta 2 - K1 - K2 \cos \theta 2 + K3 =$$

$$A = \cos(86.03) - 4.752 - (2.02 * \cos(86.03)) + 3.963 = -0.86$$

$$B = 2 \sin(\theta 2) = 2 * \sin(86.03) = -1.995$$

$$C = K1 - (K2 + 1) \cos(\theta 2) + K3$$

$$C = 4.752 - (2.02 + 1) \cos(86.03) + 3.963 = 8.506$$

$$D = \cos \theta 2 - K1 + K4 \cos \theta 2 + K5$$

$$D = \cos(86.03) - 4.752 + (1.469 * \cos(86.03)) + (-4.406) = -8.987$$

$$E = -2 \sin(\theta 2) = -2 * \sin(86.03) = -1.995$$

$$F = K1 + (K4 - 1) \cos(\theta 2) + K5$$

$$F = 4.752 + (1.469 - 1) \cos(86.03) + (-4.406) = 0.378$$

Después de calcular las variables procedemos a calcular los ángulos del mecanismo de 4 barras $\theta 3$ y $\theta 4$ los cuales nos darán el posicionamiento de las cuatro barras asumiendo dos resultados los cuales nos indican si el mecanismo es abierto o cruzado eso depende del signo que utilicemos en la solución de la cuadrática. Esto quiere decir que si aplicamos signo negativo en la cuadrática para el cálculo del ángulo obtenemos la solución para mecanismo abierto mientras que si aplicamos un signo positivo obtenemos la solución para un mecanismo cruzado

$$\theta 3 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{-E \pm \sqrt{E^2 - 4DF}}{2D} \right)$$

$$\theta 3.1 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{-(-1.995) - \sqrt{-1.995^2 - 4 * -8.987 * 0.378}}{2 * -8.987} \right) = 13.937^\circ \text{ (M. Abierto)}$$

$$\theta 3.2 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{-(-1.995) + \sqrt{-1.995^2 - 4 * -8.987 * 0.378}}{2 * -8.987} \right) = -37.39^\circ \text{ (M. Cruzado)}$$

$$\theta_4 = 2 \tan^{-1} \left(\frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \right)$$

$$\theta_{4.1} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{-(-1.995) - \sqrt{-1.995^2 - 4 * -0.86 * 8.506}}{(2 * -0.86)} \right) = 130.96^\circ \text{ (M. Abierto)}$$

$$\theta_{4.2} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{-(-1.995) + \sqrt{-1.995^2 - 4 * -0.86 * 8.506}}{(2 * -0.86)} \right) = -155.02^\circ \text{ (M. Cruzado)}$$

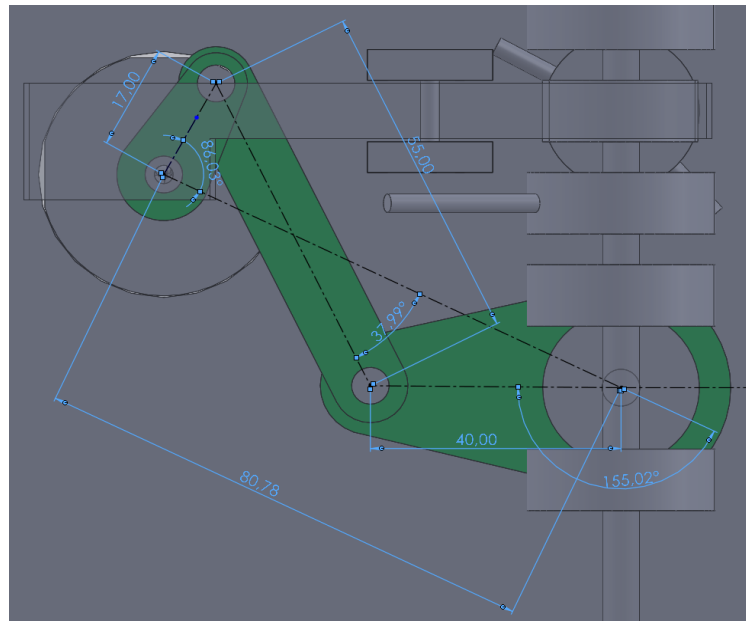


Figura 35. Posición inicial mecanismo de 4 barras fuente: Edición propia

Como el mecanismo de 4 barras debe transmitir un movimiento de giro restringido de 90° se procede a restarle este Angulo de giro al θ_2 de la posición inicial y poder calcular la posición final del mecanismo de 4 barras al terminar este primer movimiento de salida 1M.2. Esto quiere decir que se debe hacer de nuevo los cálculos y procedimiento realizados Anteriormente, teniendo en cuenta el nuevo valor de θ_2 para poder hallar la posición final del Mecanismo.

$$\theta_2 (P. inicial) = 86.02^\circ$$

$$\text{angulo de giro requerido} = 90^\circ$$

$$\theta_2 (P. final) = 86.02^\circ - 90^\circ = -3.97^\circ$$

Para dichos cálculos se realizó una programación en Excel cumpliendo con el modularidad requerida en el proceso de fabricación con el fin de facilitar el diseño de futuros mecanismos

Tabla 20. Calculo mecanismo de 4 barras

DATOS DE ENTRADA POSICION INICIAL		ANGULO DE GIRO DESEADO ° (S)	DATOS DE ENTRADA POSICION FINAL	
S=a	17		S=a	17
L=b	55		L=b	55
P=c	40		P=c	40
Q=d	80,78		Q=d	80,78
$\theta 2^\circ$	86,03		$\theta 2^\circ$	-3,97

VARIABLES DE CALCULO	RESULTADO		VARIABLES DE CALCULO	RESULTADO
K1	4,752		K1	4,752
K2	2,020		K2	2,020
K3	3,963		K3	3,963
K4	1,469		K4	1,469
K5	-4,406		K5	-4,406
A	-0,860		A	-1,806
B	-1,995		B	0,138
C	8,506		C	5,702
D	-8,987		D	-6,695
E	-1,995		E	0,138
F	0,378		F	0,813
$\theta 3,1^\circ$	13,937	M. ABIERTO	$\theta 3,1^\circ$	39,499
$\theta 3,2^\circ$	-37,99	M. CRUZADO	$\theta 3,2^\circ$	-37,39
$\theta 4,1^\circ$	130,96	M. ABIERTO	$\theta 4,1^\circ$	122,31
$\theta 4,2^\circ$	-155,02	M. CRUZADO	$\theta 4,2^\circ$	-120,20

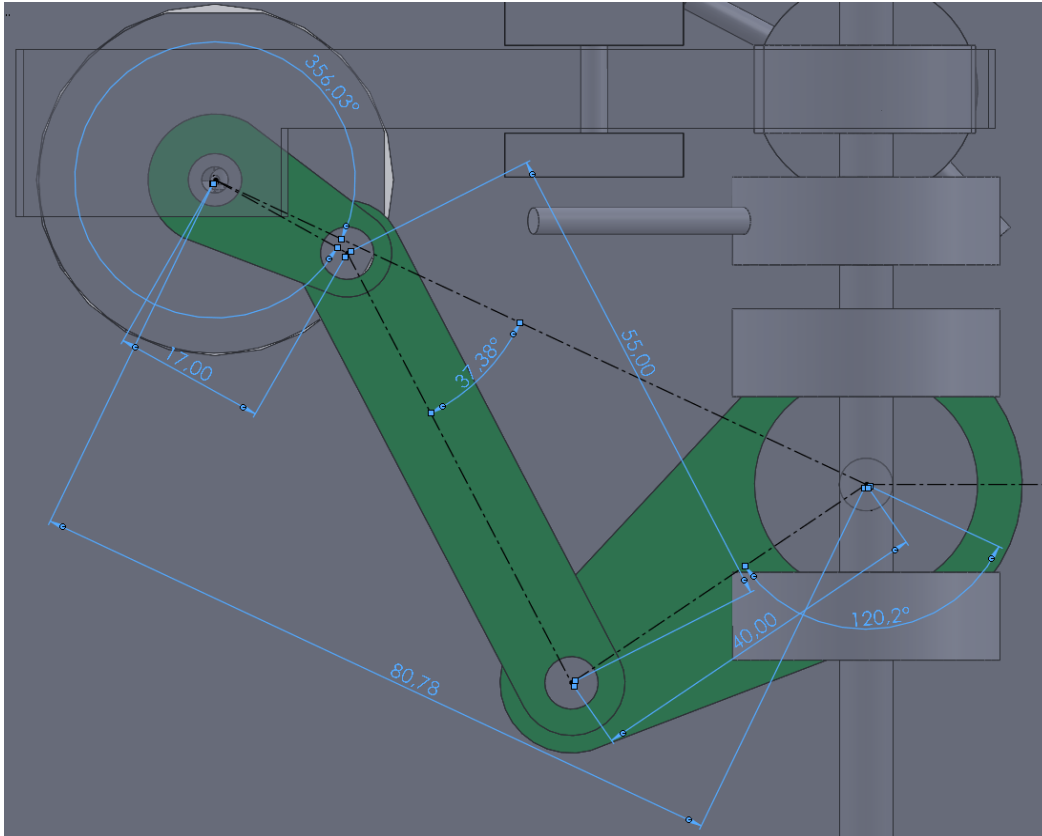


Figura 36. Posición final mecanismo de 4 barras fuente: Edición propia

5.6.0 Calculo mecanismo de transmisión ortogonal

Teniendo en cuenta los cálculos de posición realizados anteriormente en el mecanismo de 4 barras tomamos el valor de ($\theta_{4.2}$ P. inicial) y ($\theta_{4.2}$ P. final) para poder calcular el ángulo de desplazamiento entre la posición inicial y la posición final del mecanismo. Ya que partimos de este valor para poder diseñar la transmisión ortogonal.

$$\text{angulo de desplazamiento} = \theta_{4.2}(P. \text{final}) - \theta_{4.2}(P. \text{inicial})$$

$$\text{angulo de desplazamiento} = (-120.2^\circ) - (-155.02^\circ) = 34.82^\circ$$

Con el ángulo de desplazamiento calculado procedemos a diseñar el mecanismo de transmisión ortogonal el cual consiste en tres cilindros uno superior y dos inferiores, el superior está conectado directamente al mecanismo de cuatro barras más específicamente en el punto de pivote eslabón o barra (P) por lo tanto es el encargado de realizar el desplazamiento o variación de θ_4 en ambas direcciones (horario 1M.2 y antihorario 1M.1) para ello este cilindro cuenta con dos ejes

o topes uno es para rotación horario y el otro para rotación antihorario por lo que decimos que son los encargados de recibir el movimiento transmitido por los cilindros inferiores los cuales cuenta cada uno con 1 eje o tope que al hacer contacto con uno de los topes del cilindro superior transmite ese movimiento al mecanismo de 4 barras como se ve en la **figura 37**.

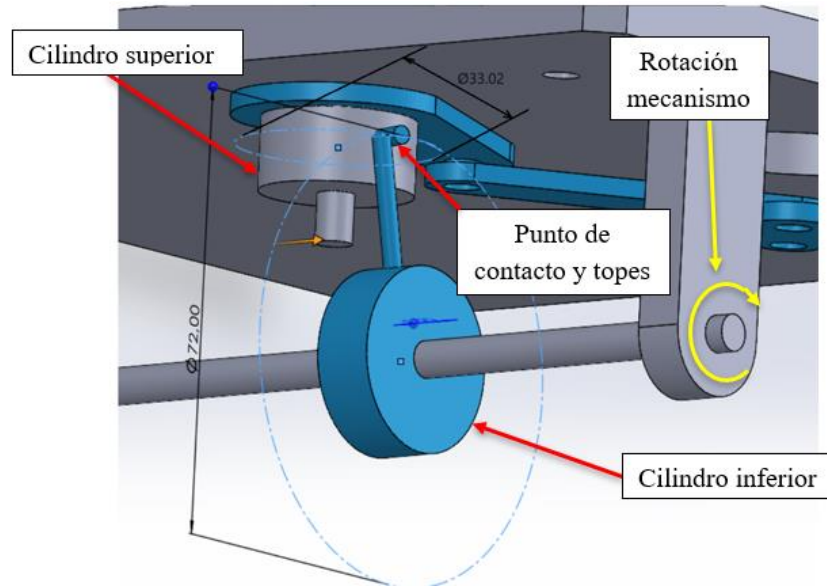


Figura 37. Con base en las dimensiones calculadas para el mecanismo de transmisión ortogonal ver plano de detalle (**MM.12-PYT-UAN**) anexo 1

estos dos cilindros inferiores se encuentran montados de forma perpendicular con respecto al cilindro superior como se ve en la figura 37 ya debe cumplir con esta condición del ángulo de desplazamiento de giro de $\Theta 4$, adicional a esto la posición de los topes deben garantizar que al terminar el ciclo de funcionamiento que son las 1rev pues se encuentran montados después de la reducción de los engranajes los topes se encuentren en su posición inicial listos para un nuevo ciclo de funcionamiento.

5.6.1 Cálculos Momento 2 y Momento 7

En el momento 2 la doncella realiza un movimiento de rotación de giro restringido inclinando su torso 50° el cual corresponde de acuerdo a la (**Tabla 13. nomenclatura de los movimientos**) a un movimiento **1M.3** después cuando cambia de tramo la leva pasa a realizar un movimiento **1M.4**.

5.6.2 Posiciones del personaje y mecanismos

Se ilustrará la posición inicial y final del personaje y los mecanismos involucrados para poder generar este movimiento de salida.

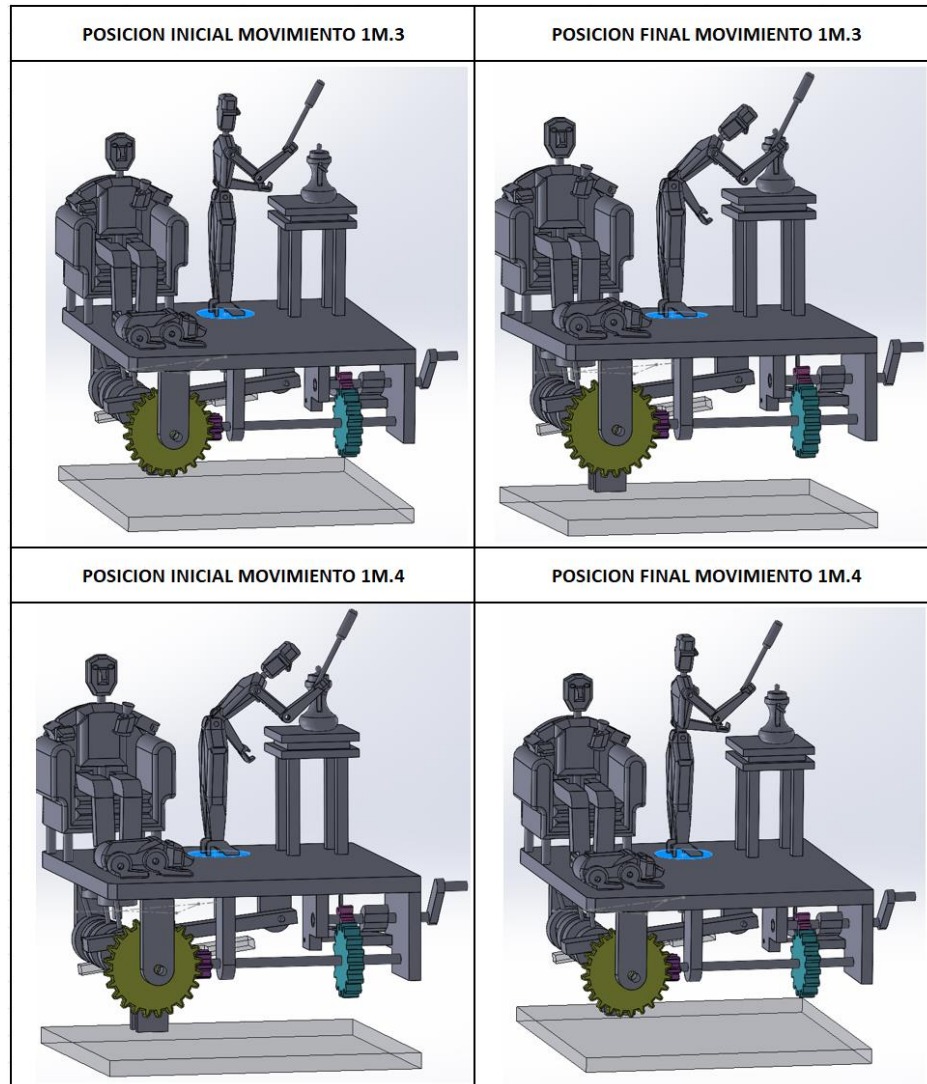


Figura 38. Posiciones de movimiento 1M.3 – 1M4 Fuente: Edición propia

5.6.3 Mecanismos involucrados en el movimiento 1M.3 – 1M.4

Los mecanismos que hacen posible el movimiento de tipo rotacional (1M.3 y 1M.4) son los siguientes:

- Mecanismo biela manivela.
- Mecanismo leva seguidor.

Para poder iniciar con el cálculo y diseño de estos mecanismos iniciaremos con el mecanismo biela manivela ya que es el mecanismo que se rige bajo la condición de Angulo de giro restringido de 50° que requiere este movimiento de salida 1M.3 y 1M.4 adicional este es el mecanismo que transmite directamente el movimiento de salida al personaje.

5.6.4 Calculo mecanismo biela manivela

Se transmite el movimiento de tipo rotacional 1M.3 – 1M.4 al torso de la doncella a través de un mecanismo de biela manivela el cual se le da una aplicación inversa ya que de acuerdo a la teoría el elemento conductor de movimiento es la manivela y el conducido es la biela generando una transformación de un movimiento de entrada de tipo rotacional a un movimiento de salida de tipo lineal en este caso se requiere transformar un movimiento de entrada lineal a un movimiento de salida rotacional.

Para efectos de cálculo cinemático del mecanismo nos servirá la formula convencional usada para calcular la posición de la biela. Por requisitos y criterios de diseño en cuanto al tamaño y distribución del mecanismo se seleccionaron los siguientes valores (la nomenclatura utilizada se encuentra en el capítulo 3 marco teórico) ver **(Figura 14)**.

$$L = 137mm$$

$$R = 6mm$$

$$\theta = 50^\circ$$

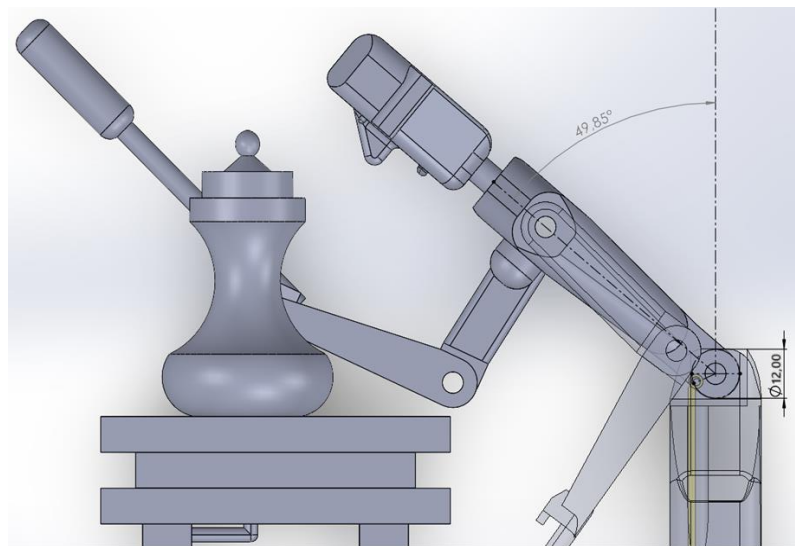


Figura 39. Angulo de giro y diámetro de la manivela Fuente: Edición propia

Procedemos a calcular la Esbeltez del mecanismo (λ)

$$\lambda = \frac{L}{R} = \frac{137}{6} = 22.83$$

Después de calcular la esbeltez del mecanismo procedemos a calcular la posición (x) de la biela con este cálculo podemos determinar cuánto debemos desplazar linealmente la biela para lograr el ángulo de giro requerido en el movimiento de salida 1M.3 el cual corresponde a 50° .

$$x = R \cdot \left[(1 - \cos\theta) + \frac{1}{4\lambda} \cdot (1 - \cos 2\theta) \right]$$

$$x = 6 * \left[(1 - \cos 50) + \frac{1}{4(22.83)} * (1 - \cos(2 * 50)) \right] = 2.31mm$$

La distancia lineal de desplazamiento que se debe aplicar a la biela es de 2.31mm para poder generar un ángulo de giro de 50° en el tronco de la doncella.

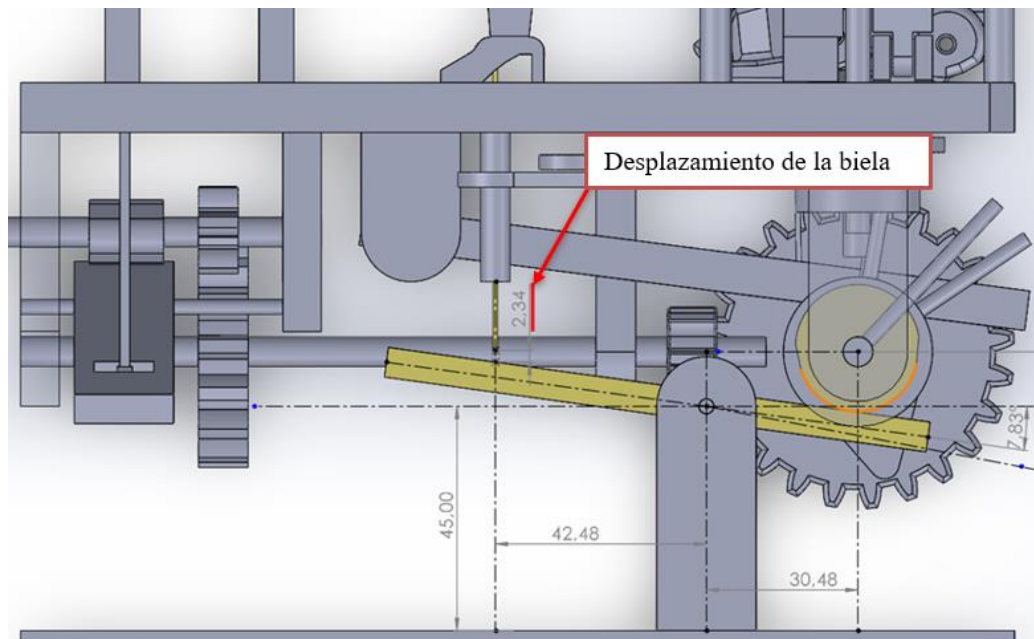


Figura 40. Desplazamiento de la biela. Fuente: Edición propia

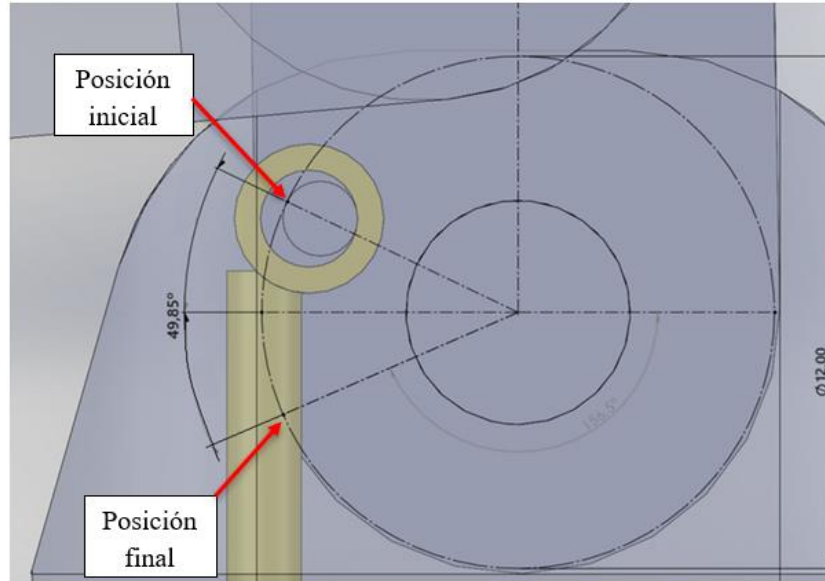


Figura 41. Mecanismo biela manivela cadera doncella. Fuente: Edición propia

Para los cálculos anteriores se realizó una programación en Excel en el cual podemos visualizar la posición de la biela de acuerdo en el ángulo de giro en el que se encuentre ubicada la manivela cumpliendo con el modularidad requerido en el proceso de fabricación con el fin de facilitar el diseño de futuros mecanismos.

Tabla 21. Calculo mecanismo biela manivela

Datos de entrada		Unidades
L =	137	mm
R =	6	mm

L = longitud de la Biela (B-A)
R = radio de giro manivela (O-B)

Ezbeltez del mecanismo	
$\lambda = \frac{L}{R}$	22,8333333

Angulo de leva		Desplazamiento de la Biela
θ		
Grados	Radianes	$x = R \cdot \left[(1 - \cos\theta) + \frac{1}{4\lambda} \cdot (1 - \cos 2\theta) \right]$
0	0,000	
1	0,017	
2	0,035	
3	0,052	
4	0,070	
5	0,087	
6	0,105	
7	0,122	
8	0,140	
9	0,157	
10	0,175	
11	0,192	
12	0,209	
13	0,227	
14	0,244	
15	0,262	
16	0,279	
17	0,297	
18	0,314	
19	0,332	
20	0,349	
21	0,367	
22	0,384	
23	0,401	
24	0,419	
25	0,436	

Con base en las dimensiones calculadas para los engranajes del primer tren ver plano de detalle

(MM.5-PYT-UAN) anexo 1

5.6.5 Calculo mecanismo leva seguidor

Partiendo del resultado del cálculo realizado en el mecanismo biela manivela el cual nos indica que la biela debe realizar un desplazamiento lineal de 2.31mm para poder generar un giro de inclinación en el tronco de la doncella de 50° procedemos a realizar el diseño y cálculo del mecanismo leva seguidor.

El primer paso para iniciar con el diseño del perfil de la leva es tener claro las condiciones o requerimientos del seguidor para esto es necesario apoyarnos en la **gráfica 10** (movimientos de salida personaje 1 doncella)

5.6.6 Condiciones del seguidor

De acuerdo a la información suministrada en la grafica 10 se establecen las siguientes condiciones para el seguidor:

- 1. De la revolución 0 a la 2 detenido radio base
- 2. de la revolución 2 a la 3.5 sube 2.31mm (**movimiento 1M.3**).
- 3. de la revolución 3.5 a la 7.5 se detiene.
- 4. de la revolución 7.5 a la 9.5 baja 2.31mm (**movimiento 1M.4**).
- 5. de la revolución 9.5 a la 12 se detiene.

Luego se determina cuantas revoluciones se necesitan en cada condición del seguidor para esto se resta la revolución de inicio a la revolución final de cada condición por lo tanto tenemos.

$$\text{-condición 1} = 0 \text{ rev} - 2 \text{ rev} = 2 \text{ rev}$$

$$\text{-condición 2} = 3.5 \text{ rev} - 2 \text{ rev} = 1.5 \text{ rev}$$

$$\text{-condición 3} = 7.5 \text{ rev} - 3.5 \text{ rev} = 4 \text{ rev}$$

$$\text{-condición 4} = 9.5 \text{ rev} - 7.5 \text{ rev} = 2 \text{ rev}$$

$$\text{-condición 5} = 12 \text{ rev} - 9.5 \text{ rev} = 2.5 \text{ rev}$$

Al realizar la sumatoria de los resultados anteriores nos debe dar el número de revoluciones que se aplican a la entra para en ciclo de funcionamiento ver (**figura 29**).

Teniendo en cuenta que las revoluciones que se encuentran en la gráfica son las revoluciones de entrada del sistema, se debe aplicar la relación de reducción total (nt) calculada en el sistema de engranajes para cada condición, luego se realiza una conversión al ángulo de giro en grados aplicando regla de tres simple sabiendo que ($1 \text{ rev} = 360^\circ$).

- condición 1= $2rev$. por lo tanto $Rc1 = \frac{2rev}{12} = 0.1666rev$

Convertimos a grados aplicando regla de tres simple. $\frac{0.1666rev \times 360^\circ}{1rev} = 60^\circ$

- condición 2= $1.5rev$. por lo tanto $Rc2 = \frac{1.5rev}{12} = 0.125rev$

Convertimos a grados aplicando regla de tres simple. $\frac{0.125rev \times 360^\circ}{1rev} = 45^\circ$

- condición 3= $4rev$. por lo tanto $Rc3 = \frac{4rev}{12} = 0.333rev$

Convertimos a grados aplicando regla de tres simple. $\frac{0.333rev \times 360^\circ}{1rev} = 120^\circ$

- condición 4= $2rev$. por lo tanto $Rc4 = \frac{2rev}{12} = 0.166rev$

Convertimos a grados aplicando regla de tres simple. $\frac{0.166rev \times 360^\circ}{1rev} = 60^\circ$

- condición 5= $2.5rev$. por lo tanto $Rc5 = \frac{2.5rev}{12} = 0.208rev$

Convertimos a grados aplicando regla de tres simple. $\frac{0.208rev \times 360^\circ}{1rev} = 75^\circ$

La sumatoria de los grados requeridos en cada nos debe dar 360 equivalentes a 1 Rev. ahora procedemos a organizar la información obtenida de los cálculos anteriores para el seguidor. - condición 1= detenerse en radio base durante 60°

-condición 2= subir 2.31mm en 45°

-condición 3= detenerse durante 120°

-condición 4= bajar 2.31mm en 60°

-condición 5= detenerse durante 75°

Antes de iniciar con el cálculo de desplazamiento se debe hacer un acumulado de los ángulos de cada condición para determinar hasta dónde llega cada tramo y en que ángulo de giro de la leva realiza el cambio de desplazamiento el seguidor.

- tramo condición 1 = de 0° a 60° detenido
- tramo condición 2 = 60°+45° =105° por lo tanto va de 60° a 105°
- tramo condición 3 = 105°+120° =225° por lo tanto va de 105° a 225°
- tramo condición 4 = 225°+60° =285° por lo tanto va de 225° a 285°
- tramo condición 2 = 285°+75° =360° por lo tanto va de 285° a 360°

Después de tener los datos organizados realizamos el cálculo de desplazamiento asumiendo un movimiento de tipo cicloidal para el seguidor teniendo en cuenta que cuando el seguidor está detenido la altura del tramo ($h_1=0$).

- h_0 = altura inicial

- h_1 = altura del tramo

- θ_i = ángulo de posición de la leva

- β_i = ángulo de giro del tramo

Por criterios de diseño en cuanto tamaño y disposición de los mecanismos seleccionamos un radio base de 12mm.

$$S = h_0 + h_1 \left[\frac{\theta_i}{\beta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{\theta_i}{\beta_i} \right) \right]$$

$$Sc1 = 12 + 0 \left[\frac{60}{60} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{60}{60} \right) \right] = 12$$

$$Sc2 = 12 + 2.34 \left[\frac{105}{45} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{105}{45} \right) \right] = 14.34$$

$$Sc3 = 14.34 + 0 \left[\frac{225}{120} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{225}{120} \right) \right] = 14.34$$

$$Sc4 = 14.34 + (-2.34) \left[\frac{285}{60} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{285}{60} \right) \right] = 12$$

$$Sc5 = 12 + 0 \left[\frac{360}{75} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{360}{75} \right) \right] = 12$$

Para diseñar el perfil de la leva se utiliza la fórmula de desplazamiento del seguidor tabulándola con todas las posibles posiciones de la leva desde $\Theta = 0^\circ$ hasta $\Theta = 360^\circ$, se recomienda hacer incrementos de a 1° para poder ser más clara la gráfica de desplazamiento y la gráfica del diseño del perfil esta última se realiza calculado la posición de cada punto de desplazamiento en el plano (X - Y) usando $X = Si x \cos \theta i$ $Y = Si x \sin \theta i$

Tabla 22. Diseño y calculo mecanismo leva seguidor en Excel.

<i>h (cms)</i>			<i>Tramos β</i>			
<i>hi</i>	<i>h (mm)</i>	<i>Acum</i>	$\beta i =$	<i>Grados</i>	<i>Radianes</i>	<i>Acum</i>
<i>h 0</i>	12	12				
<i>h 1</i>	0	12	$\beta_1 =$	60,0	1,047	60
<i>h 2</i>	2,34	14,34	$\beta_2 =$	45,0	0,785	105
<i>h 3</i>	0	14,34	$\beta_3 =$	120,0	2,095	225
<i>h 4</i>	-2,34	12	$\beta_4 =$	60,0	1,047	285
<i>h 5</i>	0	12	$\beta_5 =$	75,0	1,309	360

Angulo de leva		Desplazamiento Seguidor	Desplazamiento En El Plano	
θ			X	Y
Grados	Radianes	$S = h_0 + h_1 \left[\frac{\theta_i}{\beta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{\theta_i}{\beta_i} \right) \right]$		
0	0,000	12,00	12,00	0,00
1	0,017	12,00	12,00	0,21
2	0,035	12,00	11,99	0,42
3	0,052	12,00	11,98	0,63
4	0,070	12,00	11,97	0,84
5	0,087	12,00	11,95	1,05
6	0,105	12,00	11,93	1,25
7	0,122	12,00	11,91	1,46
8	0,140	12,00	11,88	1,67
9	0,157	12,00	11,85	1,88
10	0,175	12,00	11,82	2,08
11	0,192	12,00	11,78	2,29
12	0,209	12,00	11,74	2,49
13	0,227	12,00	11,69	2,70
14	0,244	12,00	11,64	2,90
15	0,262	12,00	11,59	3,11
16	0,279	12,00	11,54	3,31
17	0,297	12,00	11,48	3,51
18	0,314	12,00	11,41	3,71
19	0,332	12,00	11,35	3,91
20	0,349	12,00	11,28	4,10
21	0,367	12,00	11,20	4,30
22	0,384	12,00	11,13	4,50
23	0,401	12,00	11,05	4,69
24	0,419	12,00	10,96	4,88
25	0,436	12,00	10,88	5,07
26	0,454	12,00	10,79	5,26
27	0,471	12,00	10,69	5,45
28	0,489	12,00	10,60	5,63
29	0,506	12,00	10,50	5,82
30	0,524	12,00	10,39	6,00
31	0,541	12,00	10,29	6,18
32	0,559	12,00	10,18	6,36
33	0,576	12,00	10,06	6,54
34	0,593	12,00	9,95	6,71
35	0,611	12,00	9,83	6,88
36	0,628	12,00	9,71	7,05
37	0,646	12,00	9,58	7,22
38	0,663	12,00	9,46	7,39
39	0,681	12,00	9,33	7,55
40	0,698	12,00	9,19	7,71

41	0,716	12,00	9,06	7,87
42	0,733	12,00	8,92	8,03
43	0,750	12,00	8,78	8,18
44	0,768	12,00	8,63	8,34
45	0,785	12,00	8,49	8,49
46	0,803	12,00	8,34	8,63
47	0,820	12,00	8,18	8,78
48	0,838	12,00	8,03	8,92
49	0,855	12,00	7,87	9,06
50	0,873	12,00	7,71	9,19
51	0,890	12,00	7,55	9,33
52	0,908	12,00	7,39	9,46
53	0,925	12,00	7,22	9,58
54	0,942	12,00	7,05	9,71
55	0,960	12,00	6,88	9,83
56	0,977	12,00	6,71	9,95
57	0,995	12,00	6,54	10,06
58	1,012	12,00	6,36	10,18
59	1,030	12,00	6,18	10,29
60	1,047	12,00	6,00	10,39
61	1,065	12,00	5,82	10,50
62	1,082	12,00	5,63	10,60
63	1,100	12,00	5,45	10,69
64	1,117	12,00	5,26	10,79
65	1,134	12,01	5,08	10,89
66	1,152	12,02	4,89	10,98
67	1,169	12,04	4,70	11,08
68	1,187	12,06	4,52	11,18
69	1,204	12,08	4,33	11,28
70	1,222	12,11	4,14	11,38
71	1,239	12,15	3,96	11,49
72	1,257	12,20	3,77	11,60
73	1,274	12,25	3,58	11,72
74	1,292	12,31	3,39	11,84
75	1,309	12,38	3,20	11,96
76	1,326	12,46	3,01	12,09
77	1,344	12,54	2,82	12,22
78	1,361	12,63	2,62	12,35
79	1,379	12,72	2,43	12,48
80	1,396	12,81	2,23	12,62
81	1,414	12,91	2,02	12,75
82	1,431	13,01	1,81	12,89
83	1,449	13,12	1,60	13,02
84	1,466	13,22	1,38	13,15
85	1,484	13,33	1,16	13,27
86	1,501	13,43	0,94	13,39
87	1,518	13,53	0,71	13,51
88	1,536	13,62	0,48	13,61
89	1,553	13,71	0,24	13,71
90	1,571	13,80	0,00	13,80

91	1,588	13,88	-0,24	13,88
92	1,606	13,96	-0,49	13,95
93	1,623	14,03	-0,73	14,01
94	1,641	14,09	-0,98	14,05
95	1,658	14,14	-1,23	14,09
96	1,676	14,19	-1,48	14,11
97	1,693	14,23	-1,73	14,12
98	1,710	14,26	-1,98	14,12
99	1,728	14,28	-2,23	14,11
100	1,745	14,30	-2,48	14,09
101	1,763	14,32	-2,73	14,06
102	1,780	14,33	-2,98	14,02
103	1,798	14,34	-3,22	13,97
104	1,815	14,34	-3,47	13,91
105	1,833	14,34	-3,71	13,85

Con base en las dimensiones calculadas para el mecanismo leva seguidor ver plano de detalle (MM.5-PYT-UAN) anexo 1

En la tabla anterior se mostraron los cálculos sensibilizados en Excel hasta el ángulo $\Theta=105^\circ$ para poder graficar los resultados se debe seguir la tabla de esta misma forma hasta $\Theta=360^\circ$, ahora se mostrará las gráficas arrojadas de acuerdo al cálculo realizado.

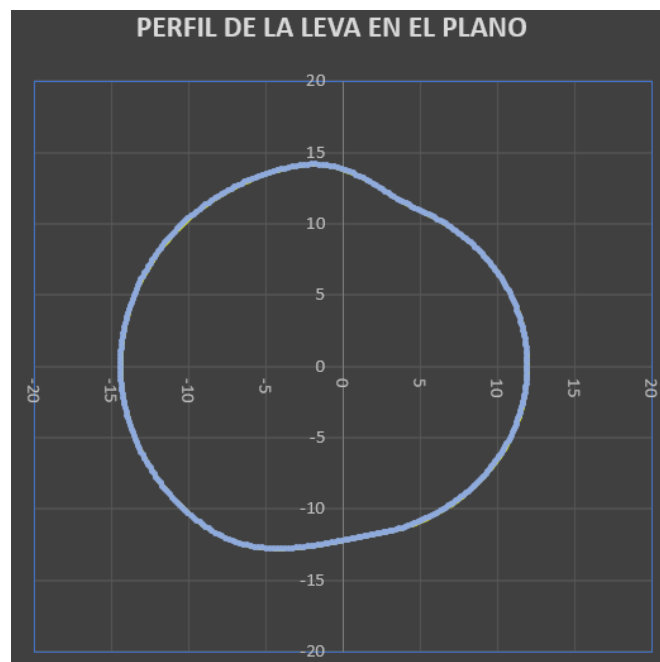


Figura 42. Perfil de la leva movimiento 1M.3. Fuente: Edición propia



Figura 43. Desplazamiento del seguidor de la leva. Fuente: Edición propia

5.7.0 Calculo momento 3

En el momento 3 la doncella realiza un movimiento de rotación de giro alternativo 1M.5 rotando su brazo de abajo hacia arriba. ya que su hombro es articulable le permite pivotar con respecto a un movimiento lineal inducido por el seguidor de una leva desplazándose desde su (P. inicial al P. final) 11mm de forma alternativa 2 veces en una sola revolución de forma equidistante considerando que gira a las mismas revoluciones de entrada del sistema por ende este movimiento del seguidor de leva siempre se está dando teniendo en cuenta que solo se conecta o da inicio al movimiento 1M.5 cuando la doncella inclina su torso al quedar en la posición final del movimiento 1M.3 ver (**grafica 9**).

5.7.1 Posiciones del personaje y mecanismos

Se ilustrará la posición inicial y final del personaje y los mecanismos involucrados para poder generar este movimiento de salida.

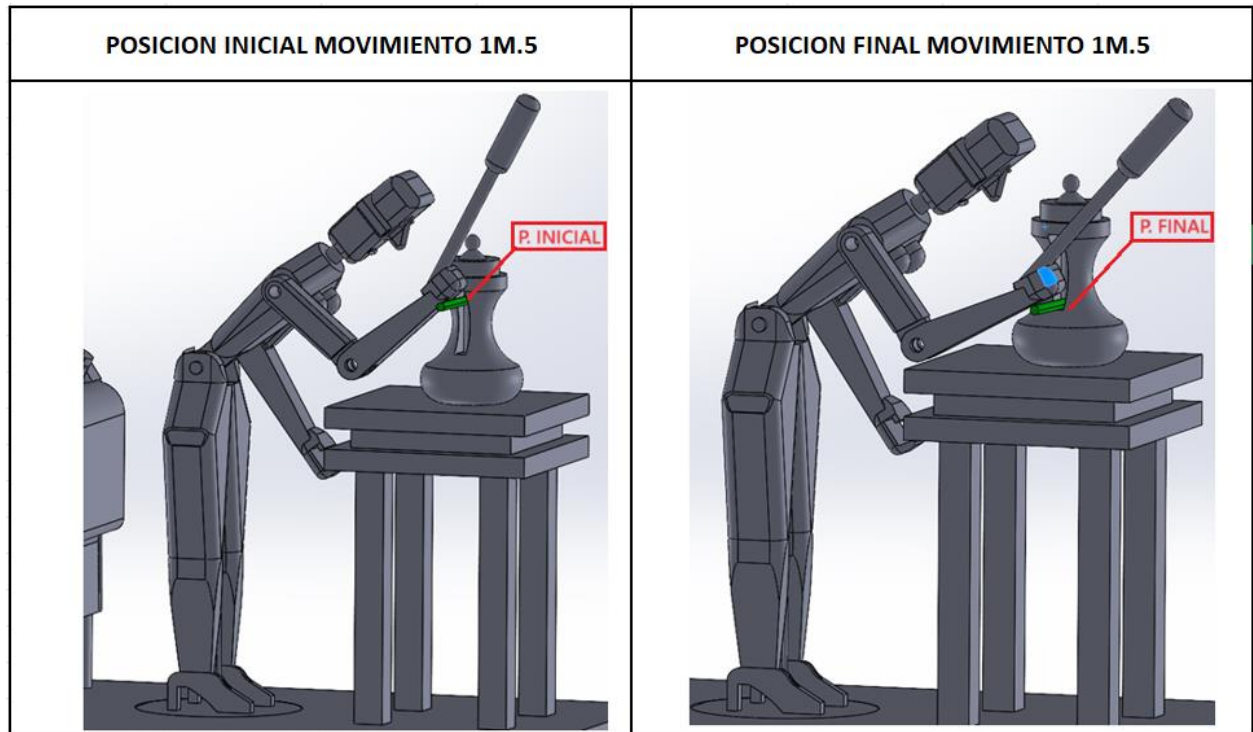


Figura 44. Posiciones del movimiento 1M.5 Fuente: Edición propia

5.7.2 Mecanismos involucrados en el movimiento 1M.5

Los mecanismos que hacen posible el movimiento de tipo rotacional alternativo (1M.5) son los siguientes:

-Mecanismo leva seguidor.

5.7.3 Cálculo mecanismo leva seguidor

Partiendo de los requerimientos los cuales nos dicen el seguidor debe subir y bajar 2 veces en una sola revolución realizando un desplazamiento o recorrido de 11mm procedemos a definir las condiciones para el mecanismo leva seguidor y posteriormente realizar el diseño y cálculo.

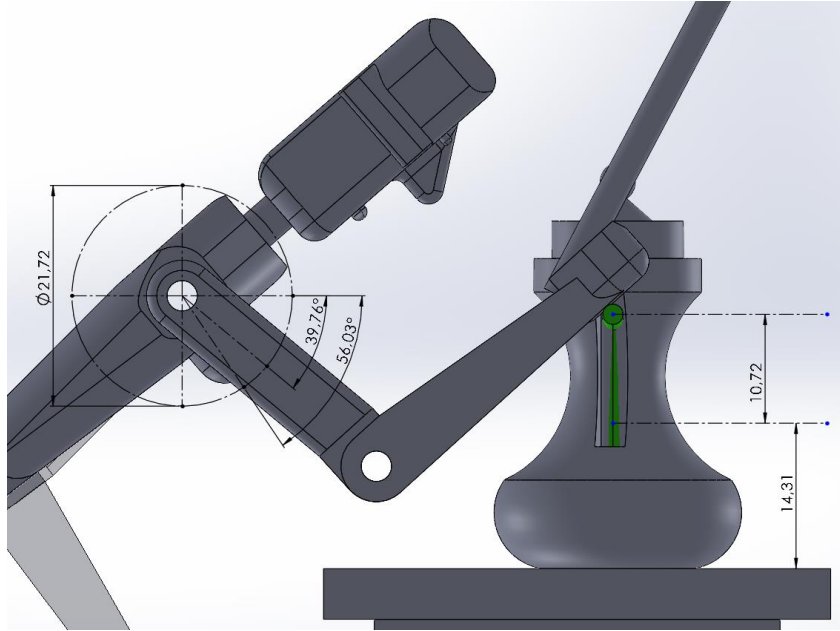


Figura 45. Movimiento de rotación alternativo generado por movimiento lineal del seguidor de leva Fuente: Edición propia

5.7.4 Condiciones del seguidor De acuerdo a la información suministrada se establecen las siguientes condiciones para el seguidor trabajando en grados considerando $1\text{rev} = 360^\circ$:

- 1. De 0° a 90° sube 11mm
- 2. De 90° a 180° baja 11mm
- 3. De 180° a 270° sube 11mm.
- 4. De 270° a 360° baja 11mm

Después de tener los datos organizados realizamos el cálculo de desplazamiento asumiendo un movimiento de tipo cicloidal para el seguidor.

- h_0 = altura inicial
- h_1 = altura del tramo
- Θ_i = ángulo de posición de la leva
- β_i = ángulo de giro del tramo

Por criterios de diseño en cuanto tamaño y disposición de los mecanismos seleccionamos un radio base de 6.5 mm.

$$S = h_0 + h_1 \left[\frac{\theta_i}{\beta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{\theta_i}{\beta_i} \right) \right]$$

$$Sc1 = 6.5 + 11 \left[\frac{90}{90} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{90}{90} \right) \right] = 17.5$$

$$Sc2 = 17.5 + (-11) \left[\frac{180}{90} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{180}{90} \right) \right] = 6.5$$

$$Sc3 = 6.5 + 11 \left[\frac{270}{90} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{270}{90} \right) \right] = 17.5$$

$$Sc4 = 17.5 + (-11) \left[\frac{360}{90} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{360}{90} \right) \right] = 6.5$$

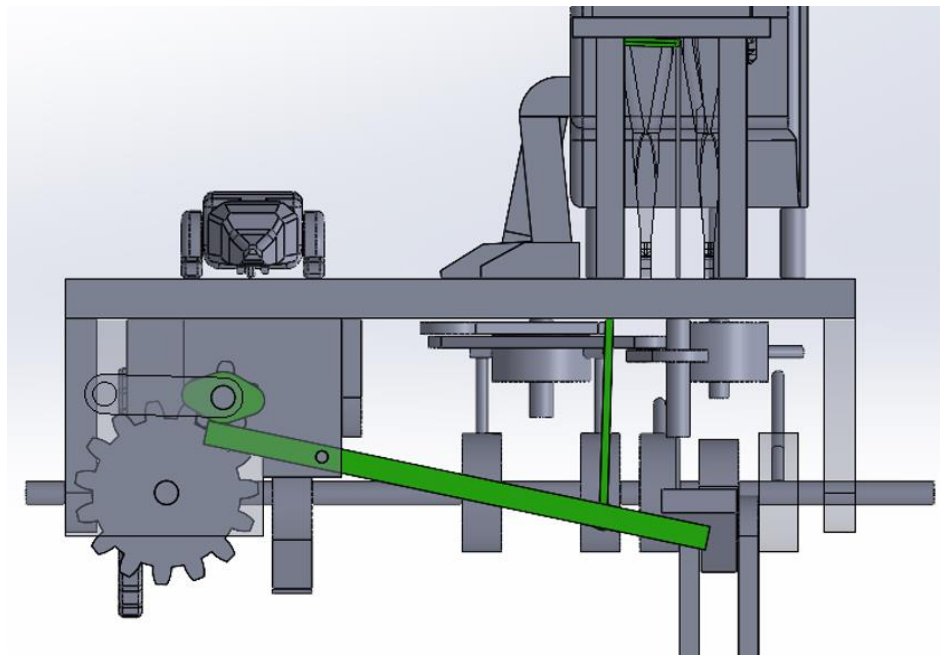


Figura 46. Montaje leva seguidor 1M.3. Fuente: Edición propia

Para diseñar el perfil de la leva se utiliza la fórmula de desplazamiento del seguidor tabulándola con todas las posibles posiciones de la leva desde $\Theta = 0^\circ$ hasta $\Theta = 360^\circ$, se recomienda hacer incrementos de a 1° para poder ser más clara la gráfica de desplazamiento y la gráfica del diseño del perfil, esta última se realiza calculado la posición de cada punto de desplazamiento en el plano (X - Y) usando $X = Si x \cos \theta_i$ $Y = Si x \sin \theta_i$

Tabla 23. Diseño y calculo mecanismo leva seguidor en Excel.

<i>h (cms)</i>			<i>Tramos β</i>			
<i>h_i</i>	<i>h (mm)</i>	<i>Acum</i>	<i>β_i</i>	<i>Grados</i>	<i>Radianes</i>	<i>Acum</i>
<i>h₀</i>	6,5	6,5				
<i>h₁</i>	11	17,5	β ₁ =	90,0	1,571	90
<i>h₂</i>	-11	6,5	β ₂ =	90,0	1,571	180
<i>h₃</i>	11	17,5	β ₃ =	90,0	1,571	270
<i>h₄</i>	-11	6,5	β ₄ =	90,0	1,571	360

Angulo de leva		Desplazamiento Seguidor $S = h_0 + h_1 \left[\frac{\theta_i}{\beta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{\theta_i}{\beta_i} \right) \right]$	Desplazamiento En El Plano	
θ			X	Y
Grados	Radianes			
0	0,000	6,50	6,50	0,00
1	0,017	6,50	6,50	0,11
2	0,035	6,50	6,50	0,23
3	0,052	6,50	6,49	0,34
4	0,070	6,51	6,49	0,45
5	0,087	6,51	6,49	0,57
6	0,105	6,52	6,49	0,68
7	0,122	6,53	6,48	0,80
8	0,140	6,55	6,49	0,91
9	0,157	6,57	6,49	1,03
10	0,175	6,60	6,50	1,15
11	0,192	6,63	6,51	1,26
12	0,209	6,67	6,52	1,39
13	0,227	6,71	6,54	1,51
14	0,244	6,76	6,56	1,64
15	0,262	6,82	6,58	1,76
16	0,279	6,88	6,62	1,90
17	0,297	6,95	6,65	2,03
18	0,314	7,03	6,69	2,17
19	0,332	7,12	6,74	2,32
20	0,349	7,22	6,78	2,47
21	0,367	7,33	6,84	2,63
22	0,384	7,44	6,90	2,79
23	0,401	7,56	6,96	2,95
24	0,419	7,69	7,03	3,13
25	0,436	7,83	7,10	3,31
26	0,454	7,98	7,17	3,50
27	0,471	8,13	7,25	3,69
28	0,489	8,30	7,33	3,90
29	0,506	8,47	7,41	4,11
30	0,524	8,65	7,49	4,33
31	0,541	8,84	7,58	4,55
32	0,559	9,03	7,66	4,79
33	0,576	9,23	7,74	5,03
34	0,593	9,44	7,83	5,28
35	0,611	9,65	7,91	5,54
36	0,628	9,87	7,99	5,80
37	0,646	10,09	8,06	6,08
38	0,663	10,32	8,13	6,36
39	0,681	10,55	8,20	6,64
40	0,698	10,79	8,27	6,94
41	0,716	11,03	8,32	7,24
42	0,733	11,27	8,37	7,54
43	0,750	11,51	8,42	7,85
44	0,768	11,76	8,46	8,17
45	0,785	12,00	8,49	8,49

46	0,803	12,24	8,51	8,81
47	0,820	12,49	8,52	9,13
48	0,838	12,73	8,52	9,46
49	0,855	12,97	8,51	9,79
50	0,873	13,21	8,49	10,12
51	0,890	13,45	8,46	10,45
52	0,908	13,68	8,42	10,78
53	0,925	13,91	8,37	11,11
54	0,942	14,13	8,30	11,43
55	0,960	14,35	8,23	11,75
56	0,977	14,56	8,14	12,07
57	0,995	14,77	8,04	12,39
58	1,012	14,97	7,93	12,69
59	1,030	15,16	7,81	13,00
60	1,047	15,35	7,67	13,29
61	1,065	15,53	7,53	13,58
62	1,082	15,70	7,37	13,86
63	1,100	15,87	7,20	14,14
64	1,117	16,02	7,02	14,40
65	1,134	16,17	6,83	14,65
66	1,152	16,31	6,63	14,90
67	1,169	16,44	6,42	15,13
68	1,187	16,56	6,20	15,35
69	1,204	16,67	5,98	15,57
70	1,222	16,78	5,74	15,77
71	1,239	16,88	5,49	15,96
72	1,257	16,97	5,24	16,13
73	1,274	17,05	4,98	16,30
74	1,292	17,12	4,72	16,45
75	1,309	17,18	4,45	16,60
76	1,326	17,24	4,17	16,73
77	1,344	17,29	3,89	16,85
78	1,361	17,33	3,60	16,96
79	1,379	17,37	3,31	17,05
80	1,396	17,40	3,02	17,14
81	1,414	17,43	2,73	17,21
82	1,431	17,45	2,43	17,28
83	1,449	17,47	2,13	17,34
84	1,466	17,48	1,83	17,38
85	1,484	17,49	1,52	17,42
86	1,501	17,49	1,22	17,45
87	1,518	17,50	0,92	17,47
88	1,536	17,50	0,61	17,49
89	1,553	17,50	0,31	17,50
90	1,571	17,50	0,00	17,50

Con base en las dimensiones calculadas para el mecanismo leva seguidor ver plano de detalle

(MM.1-PYT-UAN) anexo 1

En la tabla anterior se mostraron los cálculos sensibilizados en Excel hasta el ángulo $\Theta=90^\circ$ para poder graficar los resultados se debe seguir la tabla de esta misma forma hasta $\Theta=360^\circ$, ahora se mostrará las gráficas arrojadas de acuerdo al cálculo realizado.



Figura 47. Perfil de la leva movimiento 1M.5. Fuente: Edición propia

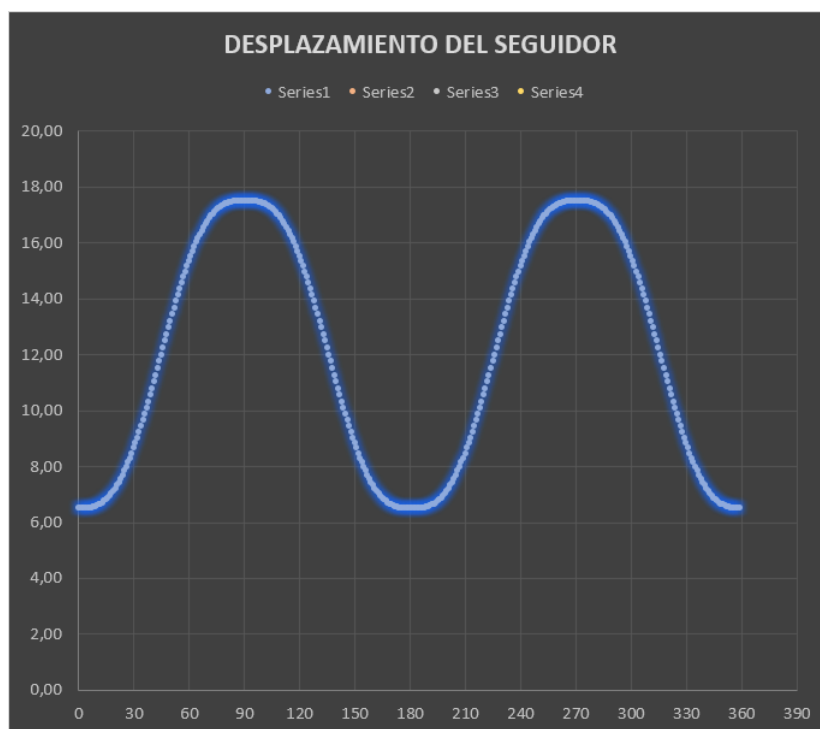


Figura 48. Desplazamiento del seguidor de la leva. Fuente: Edición propia

5.8.0 Cálculos momento 4 y momento 6

En el momento 4 el señor realiza un movimiento de tipo rotacional realizando un giro 90° en a su cabeza el cual corresponde de acuerdo a la (**Tabla 16. nomenclatura de los movimientos**) a un movimiento **2M.2**.teniendo en cuenta que los mecanismos que generan el movimiento de salida **2M.2** son los mismos que generan el movimiento de salida **2M.1** lo que cambia simplemente es el sentido de giro ya que esto está ligado a la ubicación de ensamble de los cilindros inferiores pues se encuentran desfasados sus topes para que actúen en diferente momento del ciclo de funcionamiento del autómeta dando la impresión de que hacen parte de un conjunto distinto de mecanismos, pero no lo son.

5.8.1 Calculo mecanismo de transmisión ortogonal

Sabiendo que el ángulo de desplazamiento requerido para el movimiento 2M.1 y 2M.2 es de 90° procedemos a diseñar el mecanismo de trasmisión ortogonal el cual consiste en tres cilindros uno superior y dos inferiores, el superior está conectado directamente al eje que esta anclado a la cabeza del señor logrando la rotación en ambas direcciones (horario 2M.1 y antihorario 2M.2) para ello este cilindro cuenta con dos ejes o topes uno es para rotación horario y el otro para rotación antihoraria por lo que decimos que son los encargados de recibir el movimiento trasmitido por los cilindros inferiores los cuales cuenta cada uno con 1 eje o tope que al hacer contacto con uno de los topes del cilindro superior trasmite ese movimiento al eje anclado a la cabeza del señor **figura 49**.

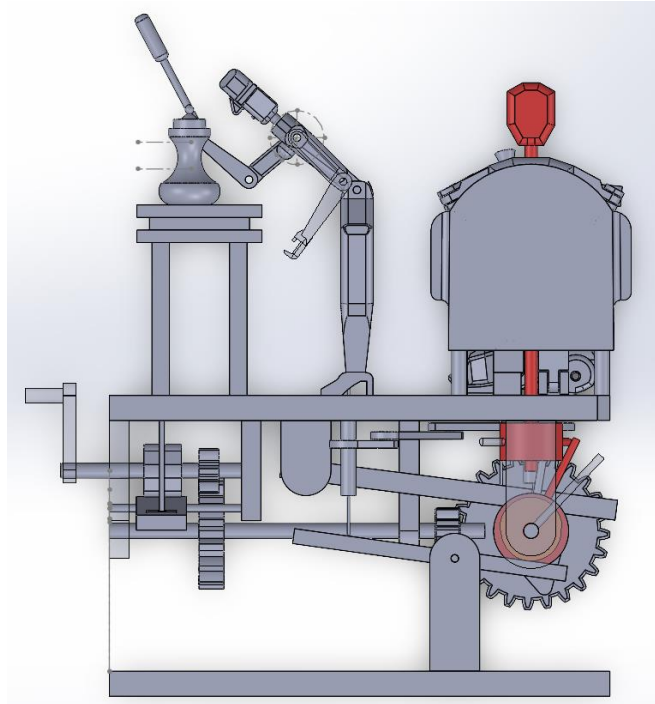


Figura 49. Con base en las dimensiones diseñadas del mecanismo de transmisión ortogonal ver plano de detalle (MM.12-PYT-UAN) anexo 1

estos dos cilindros inferiores se encuentran montados de forma perpendicular con respecto al cilindro superior como se ve en la figura 50 ya debe cumplir con esta condición del ángulo de desplazamiento de giro de 90° , adicional a esto la posición de los topes deben garantizar que al terminar el ciclo de funcionamiento que son las 1rev pues se encuentran montados después de la reducción de los engranajes los topes se encuentren en su posición inicial listos para un nuevo ciclo de funcionamiento.

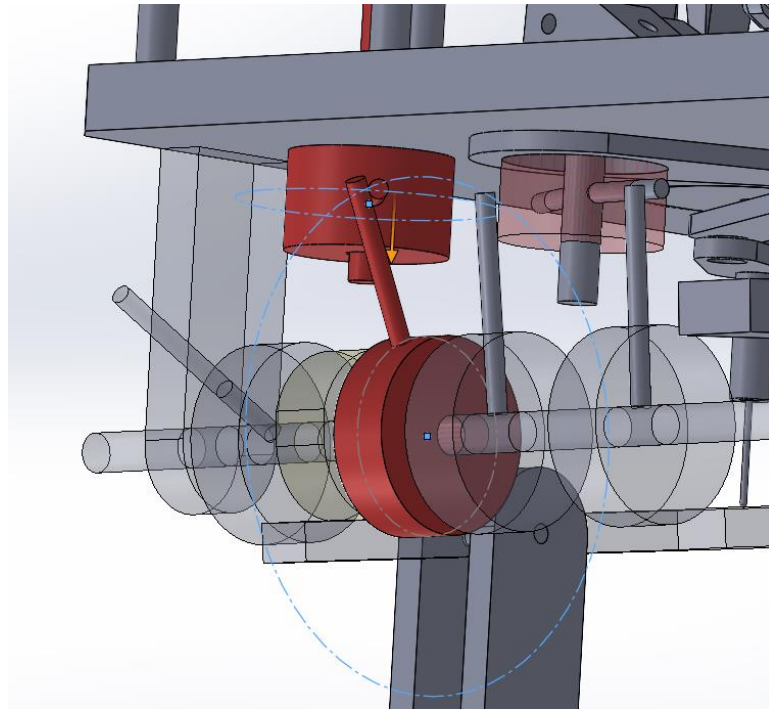


Figura 50. mecanismo de transmision ortogonal ver plano de detalle (MM.12-PYT-UAN)

anexo 1

5.9.0 Cálculos momento 5

En el momento 5 el perro realiza un movimiento de traslación rectilínea vertical alternativo 3M.6 un movimiento lineal inducido por el seguidor de una leva desplazándose desde su (P. inicial al P. final) 14.5mm de forma alternativa 1 veces en una sola revolución considerando que a la leva se le transmite el movimiento después de la reducción de transmisión de los engranajes.

5.9.1 Posiciones del personaje y mecanismos

Se ilustrará la posición inicial y final del personaje y los mecanismos involucrados para poder generar este movimiento de salida.

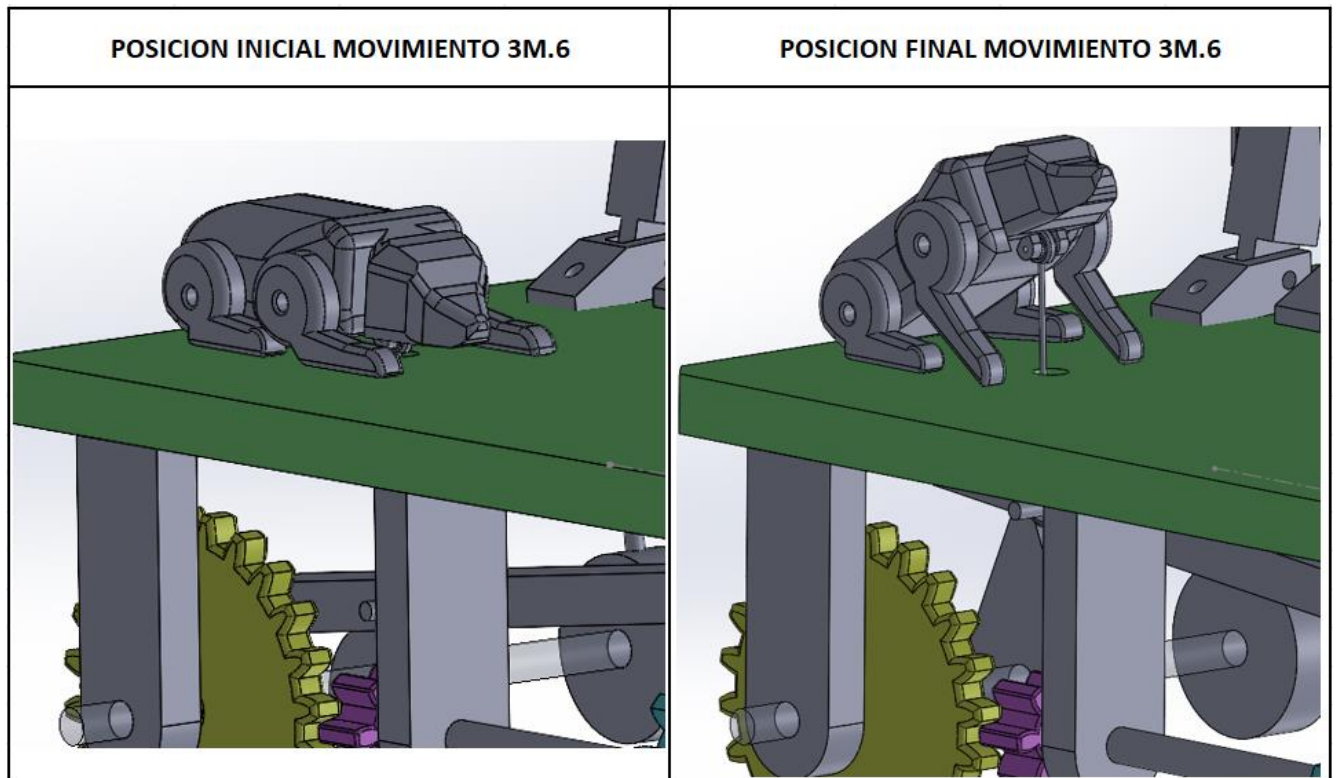


Figura 51. Posiciones del movimiento 3M.6 Fuente: Edición propia

Mecanismos involucrados en el movimiento 3M.6

Los mecanismos que hacen posible el movimiento de tipo lineal alternativo (3M.6) son los siguientes:

-Mecanismo leva seguidor.

5.9.2 Calculo mecanismo leva seguidor Partiendo

de los requerimientos los cuales nos dicen el seguidor debe subir y bajar 1 veces en una sola revolución realizando un desplazamiento o recorrido de 11mm durante un ángulo de gira de la leva de 60° esto quiere decir que toma 30° subiendo y 30° bajando luego procedemos a definir las condiciones para el mecanismo leva seguidor y posteriormente realizar el diseño y cálculo.

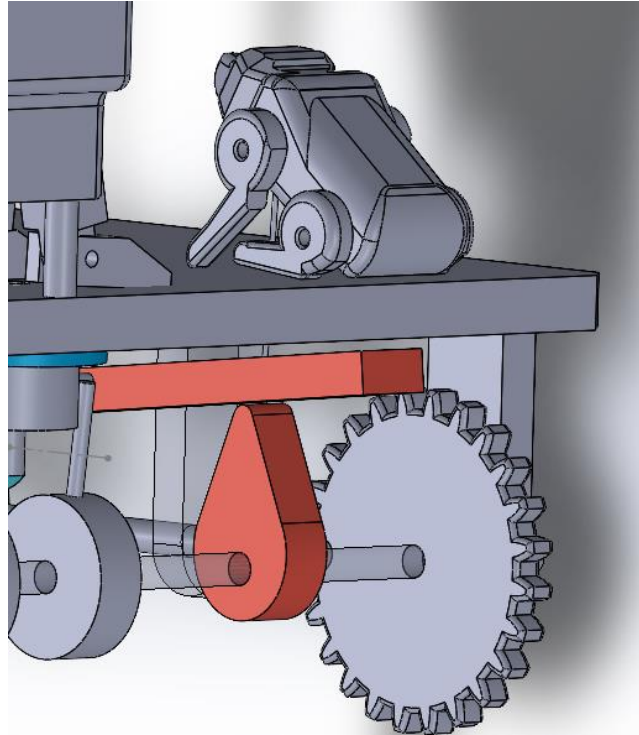


Figura 52. Movimiento lineal tipo alternativo de leva seguidor 3M.6 Fuente: Edición propia

5.9.3 Condiciones del seguidor

De acuerdo a la información suministrada se establecen las siguientes condiciones para el seguidor trabajando en grados considerando $1\text{ rev} = 360^\circ$:

- 1. De 0° a 30° sube 14.5mm
- 2. De 30° a 60° baja 14.5mm
- 3. De 60° a 360° se detiene.

Después de tener los datos organizados realizamos el cálculo de desplazamiento asumiendo un movimiento de tipo cicloidal para el seguidor teniendo en cuenta que cuando el seguidor está detenido la altura del tramo ($h_1=0$).

- h_0 = altura inicial
- h_1 = altura del tramo
- θ_i = ángulo de posición de la leva
- β_i = ángulo de giro del tramo

Por criterios de diseño en cuanto tamaño y disposición de los mecanismos seleccionamos un radio base de 12.5mm.

$$S = h_0 + h_1 \left[\frac{\theta_i}{\beta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{\theta_i}{\beta_i} \right) \right]$$

$$Sc1 = 12.5 + 14.5 \left[\frac{30}{30} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{30}{30} \right) \right] = 27$$

$$Sc2 = 27 + (-14.5) \left[\frac{60}{30} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{60}{30} \right) \right] = 12.5$$

$$Sc3 = 12.5 + 0 \left[\frac{300}{360} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{300}{360} \right) \right] = 12.5$$

Para diseñar el perfil de la leva se utiliza la fórmula de desplazamiento del seguidor tabulándola con todas las posibles posiciones de la leva desde $\Theta = 0^\circ$ hasta $\Theta = 360^\circ$, se recomienda hacer incrementos de a 1° para poder ser más clara la gráfica de desplazamiento y la gráfica del diseño del perfil, esta última se realiza calculado la posición de cada punto de desplazamiento en el plano (X - Y) usando $X = Si x \cos \theta i$ $Y = Si x \sin \theta i$

Tabla 24. Diseño y calculo mecanismo leva seguidor en Excel.

<i>h (cms)</i>			<i>Tramos β</i>			
<i>h_i</i>	<i>h (mm)</i>	<i>Acum</i>	<i>β_i</i>	<i>Grados</i>	<i>Radianes</i>	<i>Acum</i>
<i>h₀</i>	12,5	12,5				
<i>h₁</i>	14,5	27	β ₁ =	30,0	0,523	30,0
<i>h₂</i>	-14,5	12,5	β ₂ =	30,0	0,523	60
<i>h₃</i>	0	12,5	β ₃ =	300,0	5,236	360

Angulo de leva		<i>Desplazamiento Seguidor</i> $S = h_0 + h_1 \left[\frac{\theta_i}{\beta_i} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{\theta_i}{\beta_i} \right) \right]$	<i>Desplazamiento En El Plano</i>	
θ			<i>X</i>	<i>Y</i>
<i>Grados</i>	<i>Radianes</i>			
0	0,000	12,50	12,50	0,00
1	0,017	12,50	12,50	0,22
2	0,035	12,53	12,52	0,44
3	0,052	12,59	12,58	0,66
4	0,070	12,72	12,69	0,89
5	0,087	12,92	12,87	1,13
6	0,105	13,21	13,13	1,38
7	0,122	13,59	13,49	1,66
8	0,140	14,07	13,94	1,96
9	0,157	14,66	14,48	2,29
10	0,175	15,34	15,10	2,66
11	0,192	16,10	15,81	3,07
12	0,209	16,95	16,58	3,52
13	0,227	17,85	17,39	4,02
14	0,244	18,79	18,23	4,55
15	0,262	19,75	19,08	5,11
16	0,279	20,72	19,92	5,71
17	0,297	21,66	20,71	6,33
18	0,314	22,56	21,46	6,97
19	0,332	23,40	22,13	7,62
20	0,349	24,17	22,71	8,27

21	0,367	24,85	23,20	8,91
22	0,384	25,43	23,58	9,53
23	0,401	25,92	23,85	10,13
24	0,419	26,30	24,02	10,70
25	0,436	26,58	24,09	11,23
26	0,454	26,78	24,07	11,74
27	0,471	26,91	23,97	12,22
28	0,489	26,97	23,82	12,66
29	0,506	27,00	23,61	13,09
30	0,524	27,00	23,38	13,50
31	0,541	27,00	23,14	13,91
32	0,559	27,00	22,89	14,31
33	0,576	26,97	22,62	14,69
34	0,593	26,91	22,31	15,05
35	0,611	26,78	21,94	15,36
36	0,628	26,58	21,50	15,62
37	0,646	26,29	21,00	15,82
38	0,663	25,91	20,42	15,95
39	0,681	25,43	19,76	16,00
40	0,698	24,84	19,03	15,97
41	0,716	24,16	18,24	15,85
42	0,733	23,40	17,39	15,65
43	0,750	22,55	16,49	15,38
44	0,768	21,65	15,57	15,04
45	0,785	20,71	14,64	14,64
46	0,803	19,75	13,72	14,20
47	0,820	18,78	12,81	13,74
48	0,838	17,84	11,94	13,26
49	0,855	16,94	11,11	12,78
50	0,873	16,10	10,35	12,33
51	0,890	15,33	9,65	11,91
52	0,908	14,65	9,02	11,55
53	0,925	14,07	8,47	11,23
54	0,942	13,58	7,99	10,99
55	0,960	13,20	7,57	10,81
56	0,977	12,92	7,22	10,71
57	0,995	12,72	6,93	10,67
58	1,012	12,59	6,67	10,68
59	1,030	12,53	6,45	10,74
60	1,047	12,50	6,25	10,83

Con base en las dimensiones calculadas para el mecanismo leva seguidor ver plano de detalle

(MM.2-PYT-UAN) anexo 1

En la tabla anterior se mostraron los cálculos sensibilizados en Excel hasta el ángulo $\Theta=60^\circ$ para poder graficar los resultados se debe seguir la tabla de esta misma forma hasta $\Theta=360^\circ$, ahora se mostrará las gráficas arrojadas de acuerdo al cálculo realizado.



Figura 53. Perfil de la leva movimiento 3M.6. Fuente: Edición propia

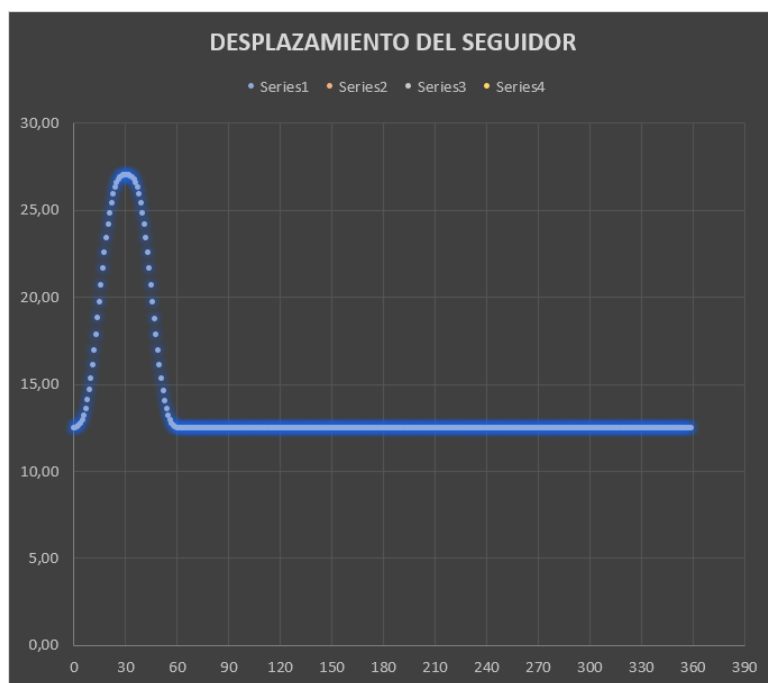


Figura 54. Desplazamiento del seguidor de la leva. Fuente: Edición propia

5.10.0 Fabricación del prototipo (corte laser)

Desde el inicio del proyecto se analizaron diferentes métodos para implementar la etapa de producción, pero la que nos ofrecía una mejor relación entre calidad costo y beneficio fue el proceso de corte laser ya que son equipos modernos de alta precisión en su corte por lo cual genera una alta confiabilidad al momento de realizar el ensamble de las piezas para el autómatas disminuyendo tiempos muertos en la etapa de ensamble, reprocesos en la etapa fabricación, desperdicio de material y aumentado la calidad al producto terminador entre otros.

- inicialmente se realiza un estudio de mercado en búsqueda de un proveedor confiable indagando con diferentes empresas del gremio características del acabado en el corte, capacidad o alcance del corte, tiempos de fabricación de acuerdo al calibre a trabajar y lo mas importante el costo. teniendo en cuenta esta información se encontró características de la maquina la cual va a realizar el trabajo y sus restricciones o alcance pues el acabado depende mucho del calibre de la lamina MDF a trabajar pues entre mas gruesa la lamina va a tender a dar un acabado mas quemado en las piezas pues es directamente proporcional al numero de pasadas que de el laser hasta lograr el corte pues indicaron la mayoría de empresas que como máximo para dar un buen acabado en el corte el calibre de la lamina no debe ser mayor a 12mm, en cuanto al costo de fabricación las piezas se cobran por tiempo de corte el cual oscila en unos \$500 a \$600 el minuto de corte, por otro lado, el tamaño de la maquina seleccionada trabaja máximo con láminas de 120 X 100 cm.
- el proceso para poder iniciar a trabajar con la empresa prestadora del servicio es entregar los planos de fabricación con vista de planta, techo o superior en formato digital DXF el cual es que reconoce la mesa de corte por otro lado y no menos importante la escala en la que se guarde la pieza pues debe ser 1 a 1 pues de esta forma nos saldrán las piezas a una escala real de acuerdo al diseño realizado.
- por recomendación del operario nos indica tratar de dejar las piezas bien ubicadas evitando desperdicios

6. CRITERIOS METODOLOGIA DFMA APLICADOS AL DISEÑO DEL AUTOMATA.

En el desarrollo de este capítulo verificaremos la implementación de la metodología DFMA en el diseño propuesto del autómeta la doncella francesa teniendo en cuenta los aspectos que la guía establece.

Tabla 25. Criterios de la metodología DFMA.

Método	Procedimiento
1. Implicaciones en el diseño al emplear la metodología DFMA	Implementando la metodología DFMA en el diseño y fabricación del prototipo propuesto se optimé
	Mejorar sustancialmente los procesos de diseño y desarrollo
	Se simplifica el diseño artesanal entre un 20 y 30 %
	Modularizando las partes y piezas que componen el mecanismo
	Se documenta el proceso de diseño y fabricación en sus diferentes etapas
	se realiza el modelado CAD a los diferentes mecanismos generadores de movimiento
2. Ingeniería concurrente	La meta principal de este proyecto es la fabricación de los autómetas partiendo del aprovechamiento de los desperdicios de madera implementando ciertos parámetros como lo son la selección de un método modernos de fabricación como lo es el corte laser facilitando y volviendo mas eficiente la fabricación de esto.
3. Desarrollo del producto	Se diseña un diagrama donde se muestra los requerimientos y condiciones que solicita el mecanismo en conjunto el cual nos ayuda a tener una per sección mas amplia de los mecanismos que se pueden llegar a implementar para que cumpla con estas condiciones de funcionamiento.
3.1 Definición del producto	Se hace uso de herramientas tecnológicas de diseño y calculo con el fin de modelar los mecanismos que se diseñan con la intención de poder anticiparnos a una posible falla que se puede presentar a la hora de ensamblar los componentes.
3.2 Concepto	<ul style="list-style-type: none"> • Se da inicio analizando el funcionamiento de los diseños creados de forma artesanal y posteriormente caracterizamos los mecanismos y movimientos de salida, • Se realiza el modelamiento de diseños artesanales fabricados • Después de analizar el funcionamiento del autómeta de fabricación artesanal se procede a simplificar el mecanismo diseñando partes y piezas mas sencillas que cumplan con el requerimiento visto en el diagrama de movimientos • Se aplica la metodología en el momento del diseño de las piezas restringiéndolas a a un espesor y materiales específicos con el fin de cumplir con el objetivo de modularidad.
3.3 Diseño de materialización	Para esto se realiza un apartado realizando un diseño preliminar en el cual se crea un procedimiento y una matriz de selección el cual se debe tener en cuenta validadas por un planteamiento inicial del problema donde se deben identificar los requisitos y criterios de diseño planteando mínimo 3 posibles opciones o alternativas las cuales se calificarán bajo los criterios anteriormente mencionados

3.4 Etapa de diseño de detalle	Se da inicio realizando el calculo y diseño de los mecanismos que se pretende utilizar para generara estos movimientos creando herramientas de calculo las cuales puedan facilitar este mismo proceso para el diseño de futuros prototipos. Luego de obtener los resultados de los cálculos cinemáticos realizados se procede a diseñar los mecanismos con ayuda del software de diseño SolidWorks realizando simulaciones del funcionamiento de los mecanismos y ensamble. Esta herramienta es demasiado útil ya que antes de inicial la etapa de producción podemos darnos de cuenta de las posibles fallas que se puedan generar en su puesta a punto.
4. Arquitectura de producto y modularidad	Para el diseño se emplean los conocimientos adquiridos por los artesanos en la construcción de autómatas en madera reutilizando ideas novedosas que se pueden replicar de manera más eficiente para diseñar y fabricar un autómata, Todas las piezas tienen un espesor de 5mm para producir a escala todos los componentes, utilizando el corte láser, se crea una arista de 5mm en las piezas con el objetivo de generar uniones precisas sin desajustes entre componentes y facilitar sustancialmente el proceso de ensamble
5.Fabricación	se diseñan partes y piezas de los mecanismos y personajes de fácil ensamble se crean planos separando las partes y piezas que hacen parte de cada mecanismo y personajes. Se utiliza material de fácil adquisición en el mercado en este caso madera MDF y ejes de cedro los cuales se encuentran en el mercado en diferentes diámetros, para este primer prototipo se empleara en la fabricación de las piezas lamina MDF de espesor 10mm y un solo diámetro de eje de cedro de 6mm se diseña de esta forma para unificar todos los ejes que se utilicen en el ensamble del autómata con el fin de reducir tiempos en la fabricación y cumpliendo con el objetivo de modularidad del sistema .
6. Montaje	Para su ensamble se crean planos separando las piezas que componen cada mecanismo de salida y cada personaje que actúa en el autómata de igual forma se crean planos de ensamble donde se muestra un explosionado y cantidad de piezas utilizadas en cada subensamble.

CONCLUSIONES

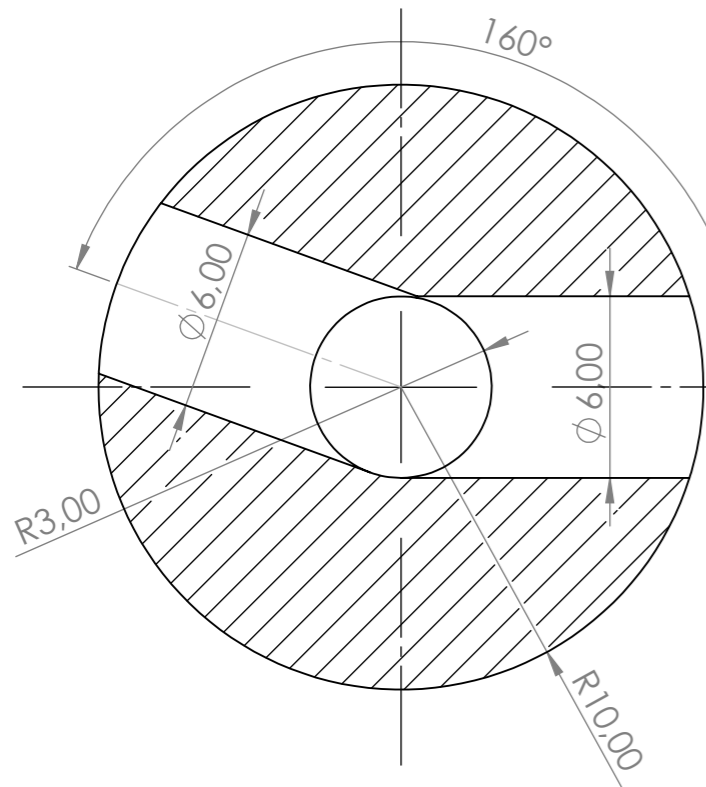
- Se caracteriza los movimientos que se generan en el autómata creando tablas donde se facilita la comprensión de cada movimiento generado en el ciclo de funcionamiento siendo separados por momentos donde se realiza una descripción de cada movimiento y el papel que juega en el relato de la historia del autómata, de igual forma se crean tablas donde se explica como selecciona la nomenclatura para cada movimiento dependiendo de la naturaleza del movimiento y personaje.
- Para el desarrollo de este autómata se estudian 6 mecanismos básicos de la mecánica que pueden generar diferentes movimientos de salida como lo son (engranes de diente recto, leva seguidora, biela manivela, mecanismo de 4 barras, poleas y ruedas de fricción) cumpliendo con uno de los objetivos de este proyecto. para el autómata seleccionado en el capítulo 4 diseño preliminar utilizaremos 4 de estos pues las ruedas de fricción y las poleas no cumplen con las condiciones de movimiento para este prototipo, pero para futuros diseños seguramente si sean indispensables para su funcionamiento.
- Se realizan el cálculo cinemático de los mecanismos implementados para generar los movimientos de salida del autómata considerando el calculo de posicionamiento los cuales nos ayudan a identificar el desplazamiento realizado por cada mecanismo.
- Se hace uso de las herramientas tecnológicas como lo son SolidWorks para todo lo relacionado con el diseño y modelamientos de las piezas permitiéndonos realizar la simulación del funcionamiento de los mecanismos individualmente y en conjunto permitiendo darnos cuenta de las posibles fallas que se pueden presentar dando la oportunidad de corregirlas antes de pasar a la etapa de fabricación y ensamble del autómata, por otro lado, Excel una herramienta muy útil para sistematizar y sensibilizar los cálculos requeridos para cada mecanismo realizando una programación de tal forma que el diseñador ingrese algunos valores de entrada al programa y casi de forma inmediata arroje los resultados y en algunos mecanismos las gráficas de desplazamiento las cuales son muy útiles para poder validar los resultados arrojados en el cálculo con respecto a las condiciones que se requieran en este.

- Aplicando la metodología DFMA para la fabricación y ensamble se logra implementar procesos y procedimientos en las etapas de diseño, fabricación, ensamble y puesta a punto del autómata seleccionado (doncella francesa) los cuales fueron debidamente documentados en este libro y sus anexos logrando sistematizar los procedimientos realizados desde su diseño preliminar desarrollado en el capítulo 4 hasta su fabricación y ensamble permitiendo de esta forma cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto de esta forma poder establecer una propuesta inicial a la empresa Tablecortes S.A.S. planteando desde la experiencia y la información obtenida en el desarrollo de este proyecto poder evaluar abrir un nuevo nicho de mercado en el país ya que actualmente no hay ninguna empresa a nivel nacional e incluso se podría hablar a nivel sur América que se dedique a producir en serie este tipo de mecanismos didácticos denominados autómatas en madera proyectándose incluso a ser un producto fácilmente de tipo exportación pues e acuerdo a las investigaciones realizadas la referencia mas cercana que se encontró fue una empresa llamada Timberkits ubicada en reino unido. Dedicada a fabricar, comercializar y exportar este tipo de mecanismos teniendo en cuenta que los diseños que tienen disponibles en el mercado son mucho mas sencillos y simples pues no son mecanismos que no cuentan una historia o dejan un mensaje por lo que se piensa que el desarrollo de este producto puede tener una muy buena acogida al público ya que las empresas que se dedican a comercializar e importar artículos hasta hace muy poco los están iniciando a traer al país, pero a unos precios muy elevados en mi opinión los cuales oscilan entre los \$400.000 y los \$600.000.

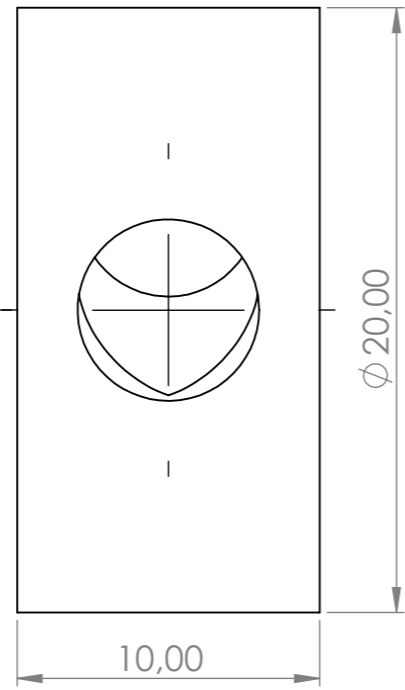
BIBLIOGRAIA

- [1] K. Yang, y S. Basem, «“Design for X.” Chap. 10 in Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.,» 15 9 2023. [En línea]. Available: <https://www>
- [2] eringlibrarycom.ezproxy.uan.edu.co/content/book/9780071547673/chapter/chapter10.
- [3] R. L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, México: Pearson educación, 2006.
- [4] P. Lowndes, «Contemporary automata,» [En línea]. Available: <https://www.lowbot.co.uk/page1/page-5/>. [Último acceso: 16 Septiembre 2023].
- [5] C. Schiller, «Automata Wood Whimsy Wonder,» 2023. [En línea]. Available: <https://ceciliaschiller.com/product/rowing-across-the-big-lake/>. [Último acceso: 16 Septiembre 2023].
- [6] Alejandro, «SANTANA,» [En línea]. Available: <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>. [Último acceso: 11 10 2023].
- [7] Fundación prodintec., «DFMA - Design for manufacturing and assembly,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.prodintec.es/es/>. [Último acceso: 11 8 2023].
- [8] R. L. Norton, Diseño de maquinaria, México, D.F.: McGraw-Hill, 2009.
- [9] Cejarosu, «MecanESO,» 2005. [En línea]. Available: <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/index.htm>. [Último acceso: 16 Septiembre 2023].
- [10] *Revista Científica: Diseño de las Ciencias*, 4(4), 185-205 [https://doi.org/10.23857/](https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2018.vol.4.n.4.185-205)
dom.cien.pocaip.2018.vol.4.n.4.185-205
- [10] <https://www.timberkits.com/>
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=IW-hUNm080M>

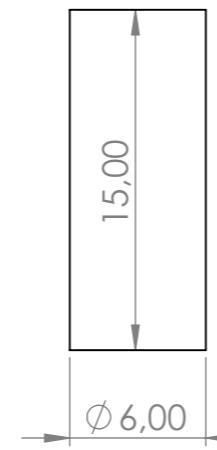
ANEXO 1
PLANOS



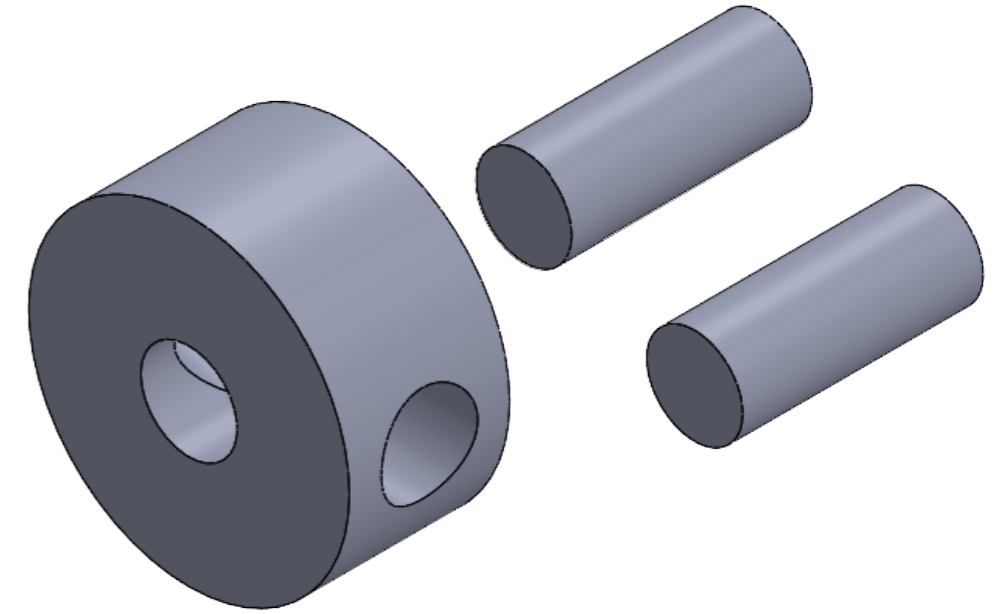
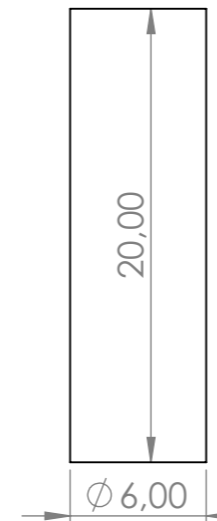
AOT.1-PYT-UAN
2 Und



2 Und
EJP.1-PYT-UAN

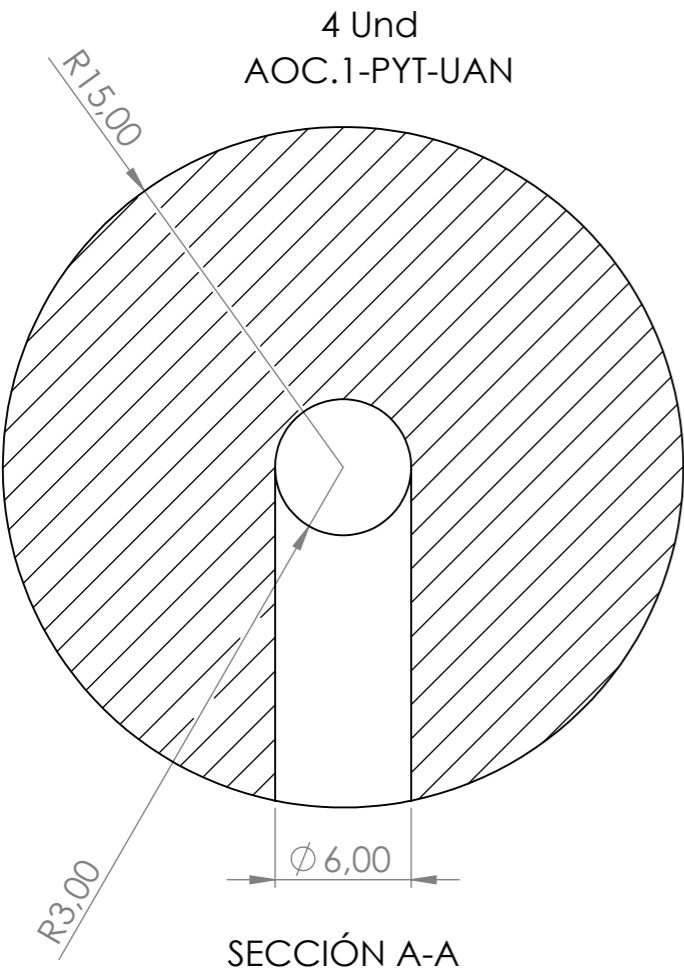


2 Und
EJP.2-PYT-UAN



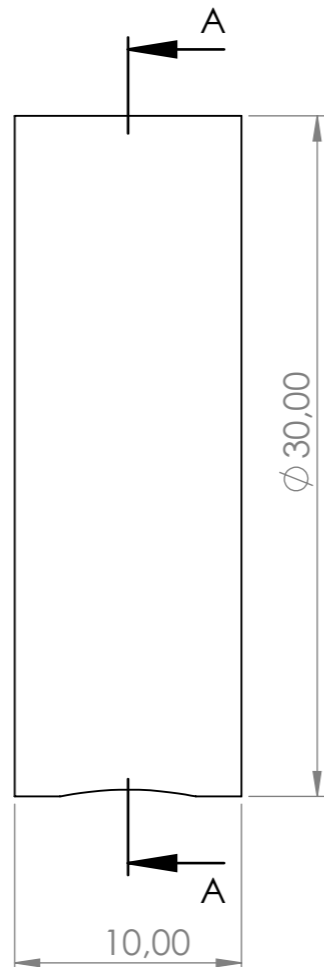
NOTA:

LOS DOS CILINDROS DE ROTACION (OAT - OAC) SIRVEN PARA LOS MOVIMIENTOS DE SALIDA (1M.1-1M.2-2M.1-2M.2) LO QUE VARIA EL ANGULO DE ROTACION ES LA LONGITUD DE LOS EJE QUE SE INCORPORAN A ELLOS

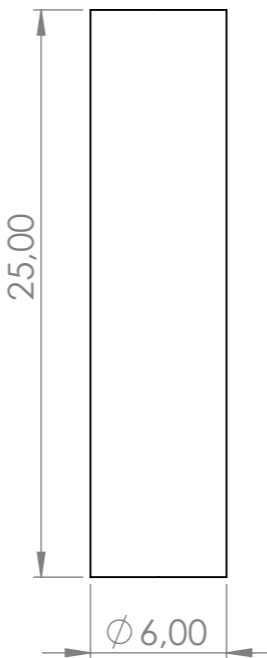


4 Und
AOC.1-PYT-UAN

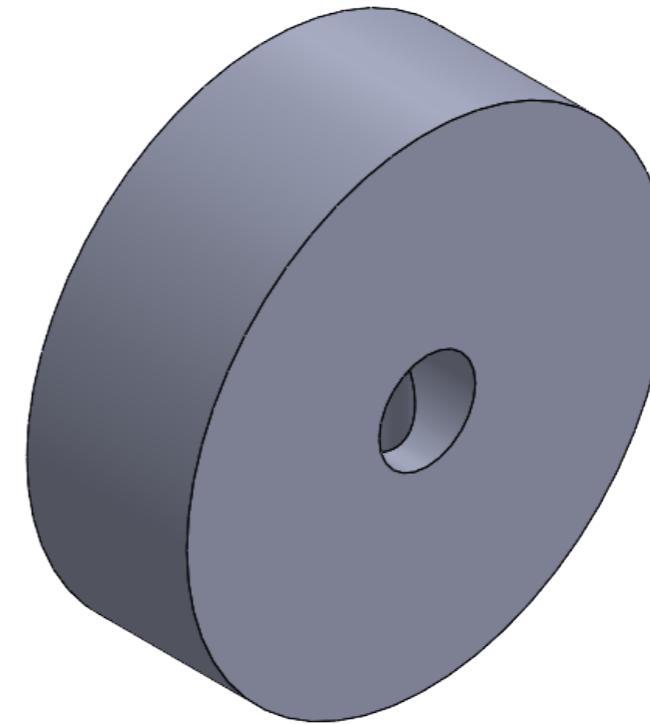
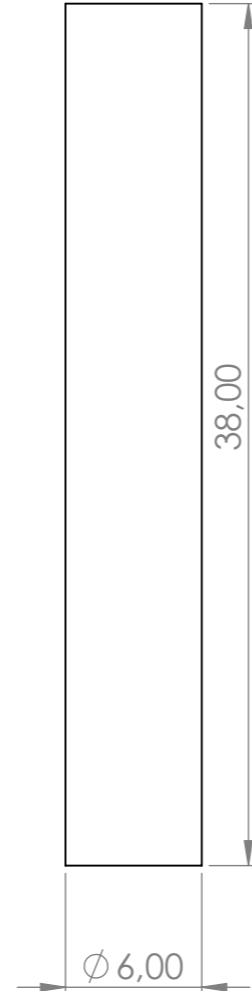
SECCIÓN A-A



2 Und
EJC.1-PYT-UAN



2 Und
EJC.2-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	MECANISMOS MOVIMIENTOS 1M.1-1M.2



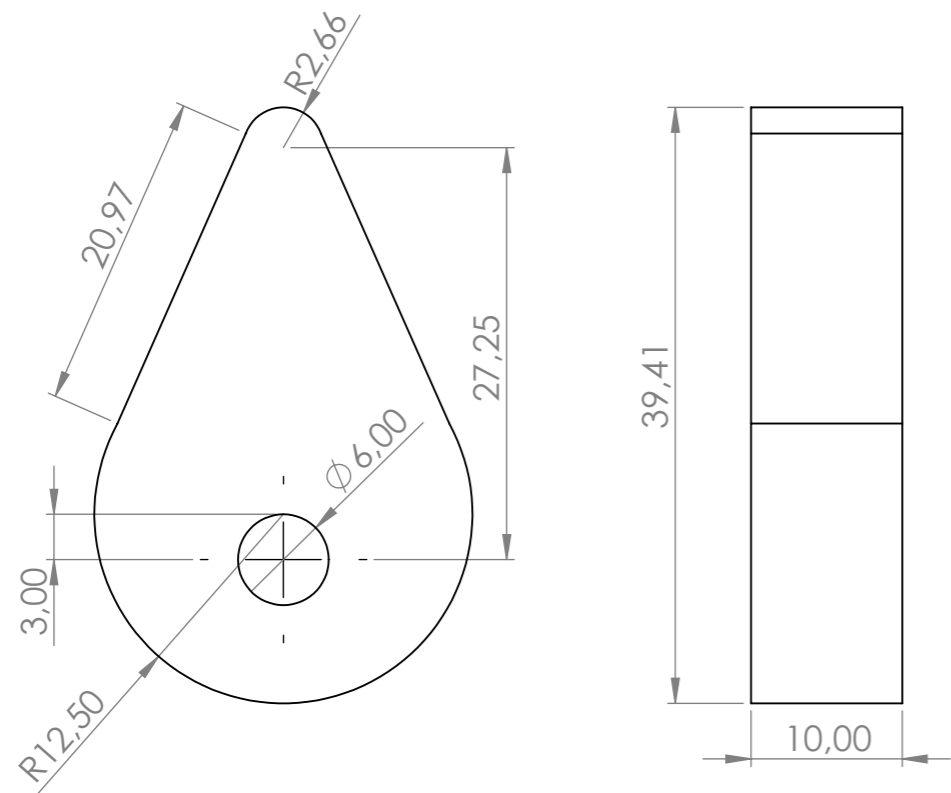
A3

Escala 1:1

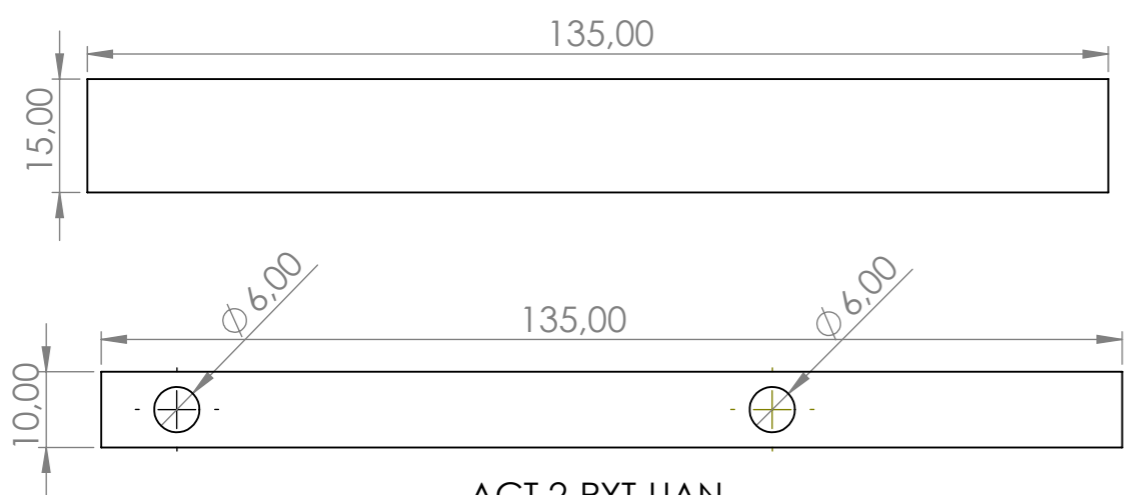
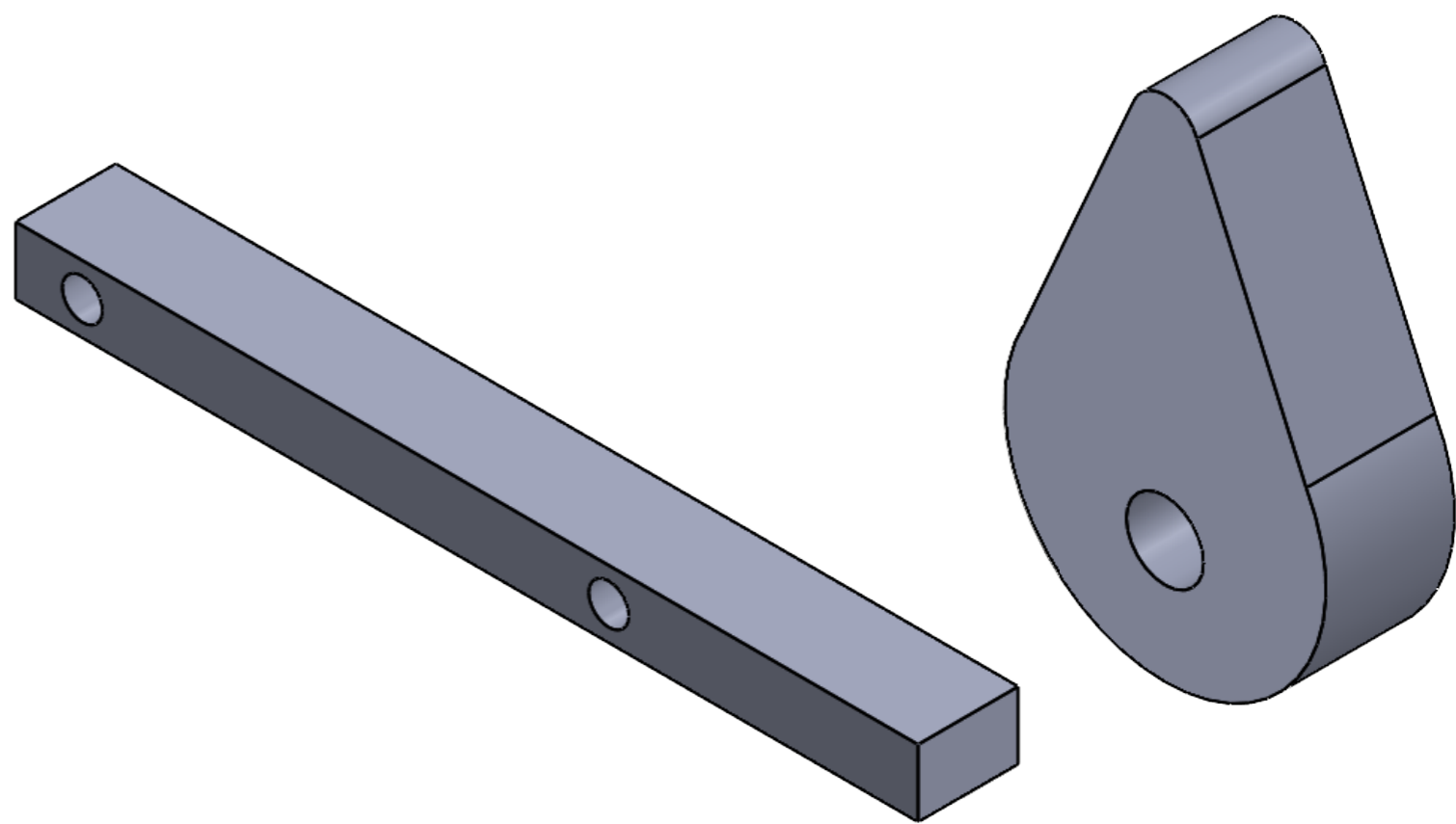
Referencia de pieza:
MM.12-PYT-UAN

8 7 6 5 4 3 2 1

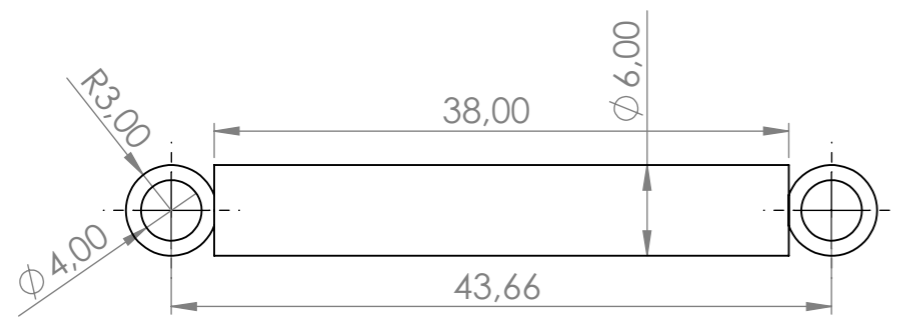
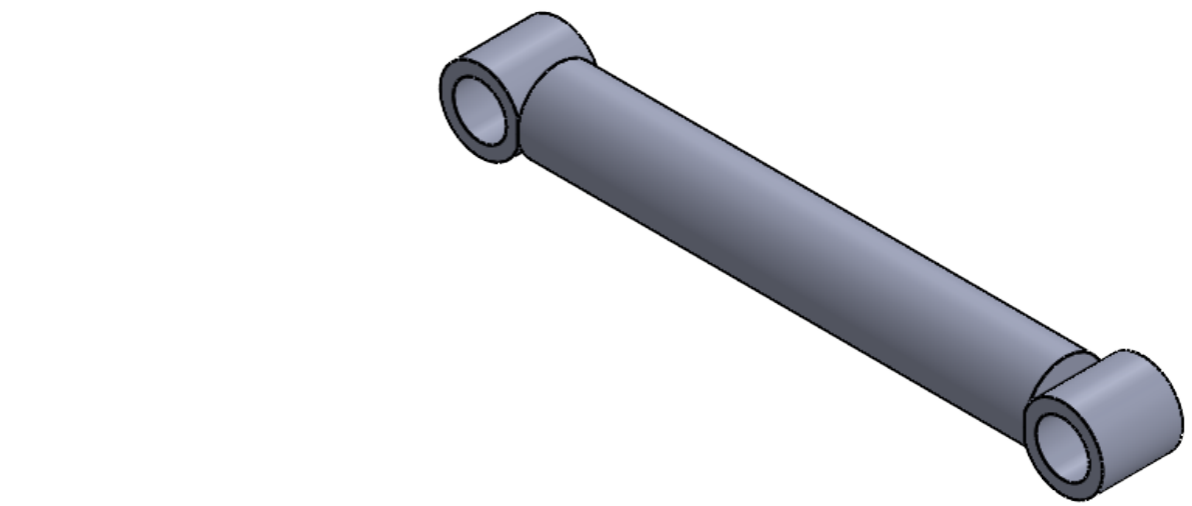
F
E
D
C
B
A



LV.2-PYT-UAN



ACT.2-PYT-UAN



ECP.3-PYT-UAN

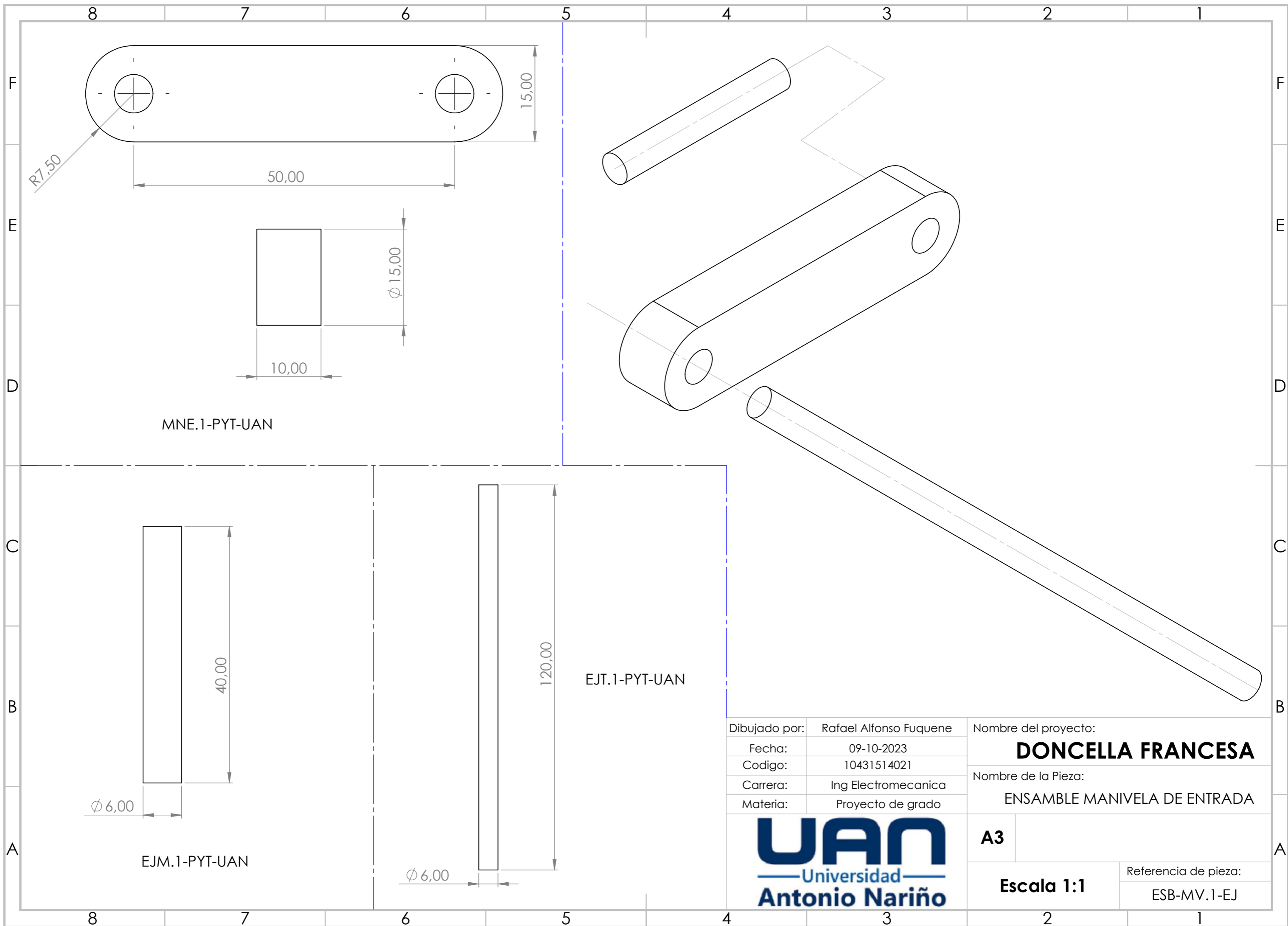
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	MM.2-PYT-UAN

8 7 6 5 4 3 2 1



MNE.1-PYT-UAN

EJT.1-PYT-UAN

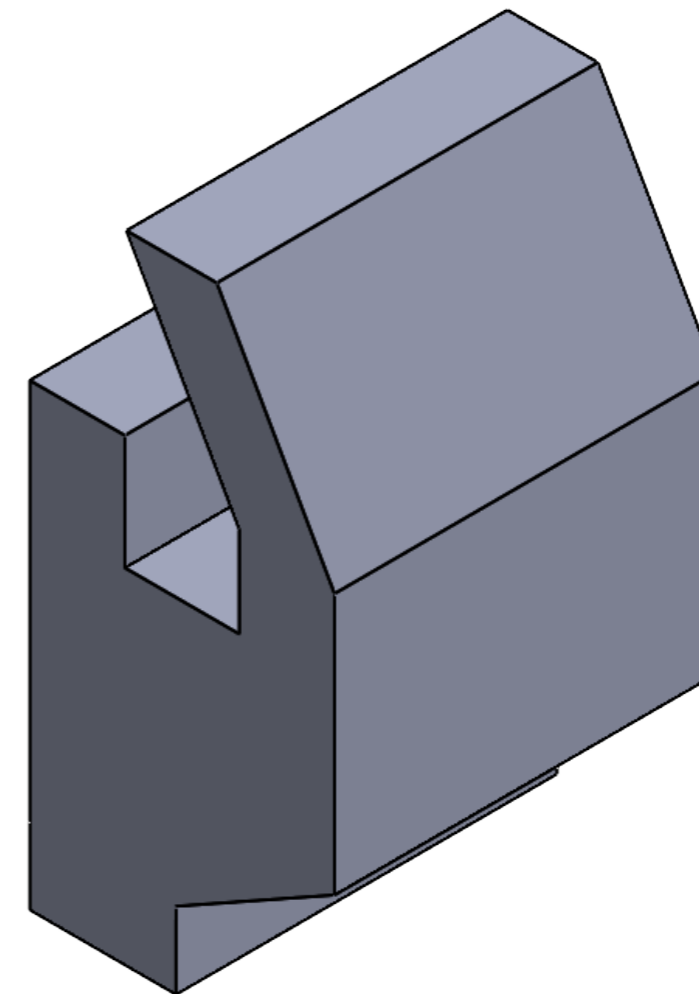
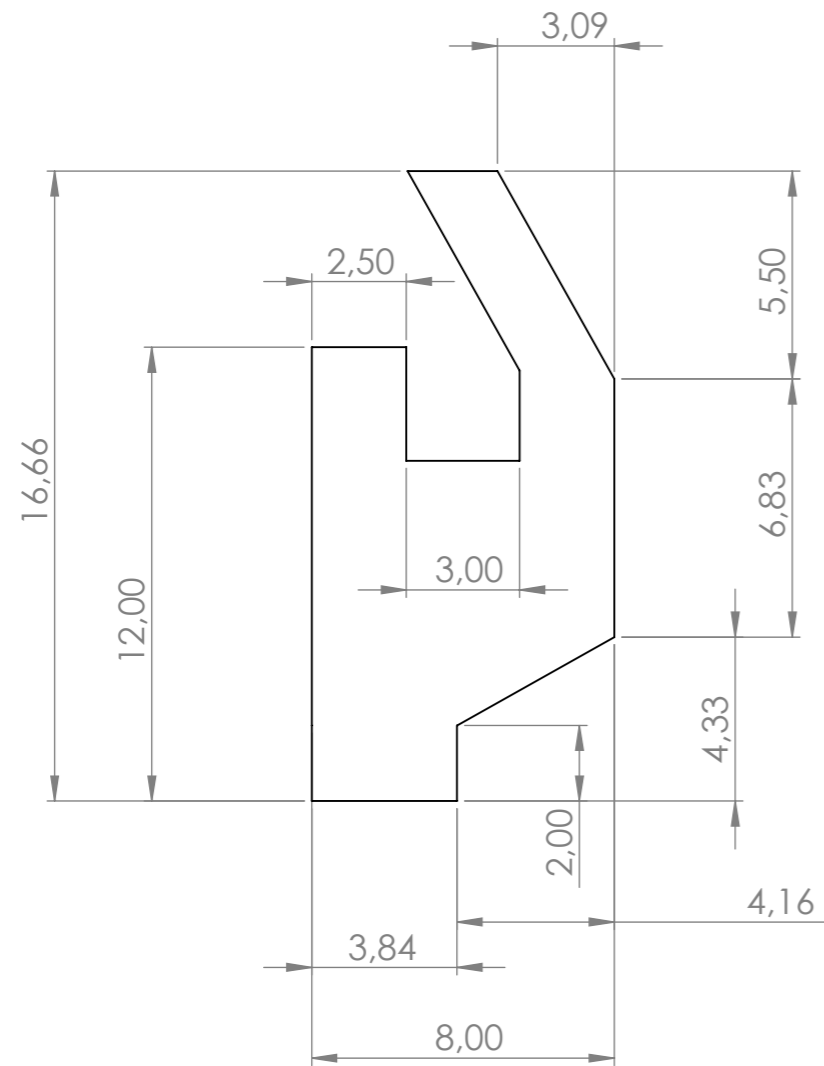
EJM.1-PYT-UAN

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

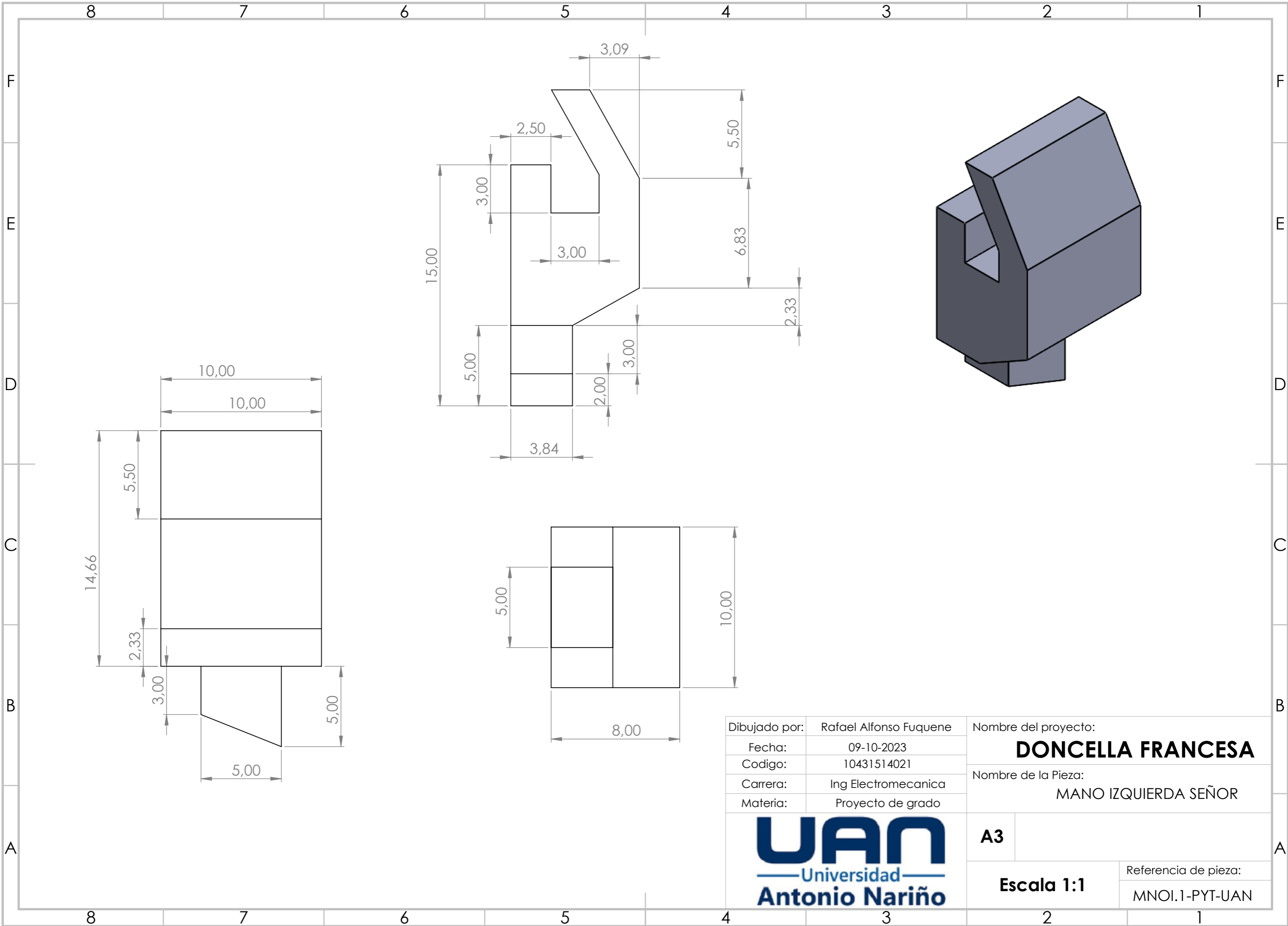
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	ESB-MV.1-EJ



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	MANO DERECHA SEÑOR	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	MNO.1-PYT-UAN

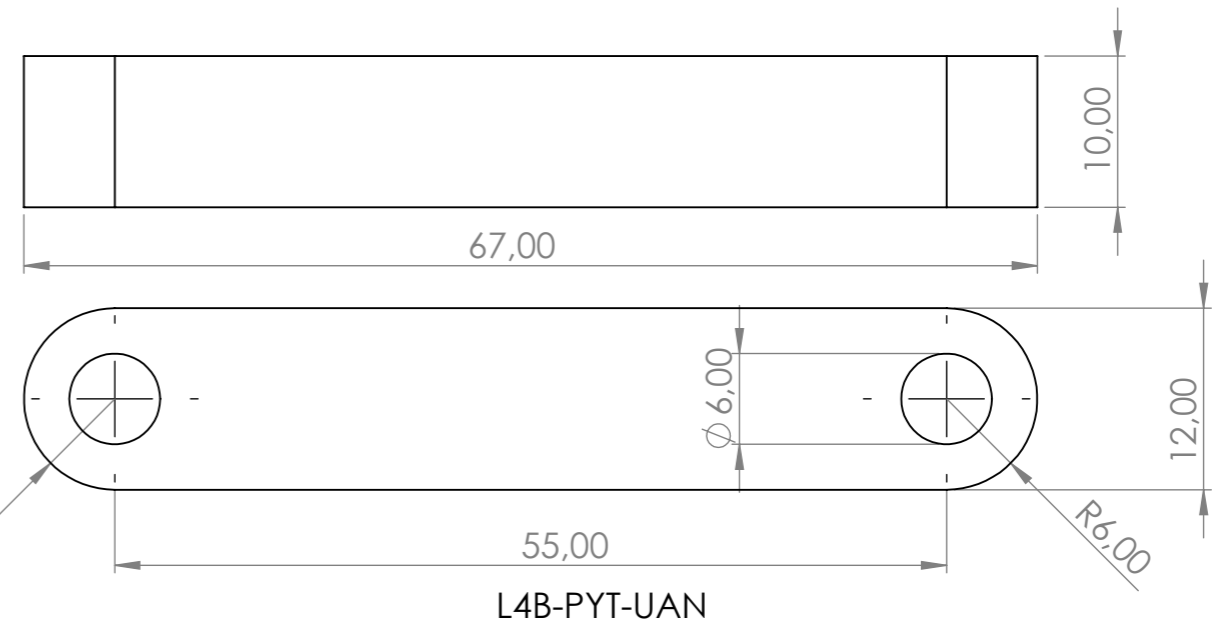
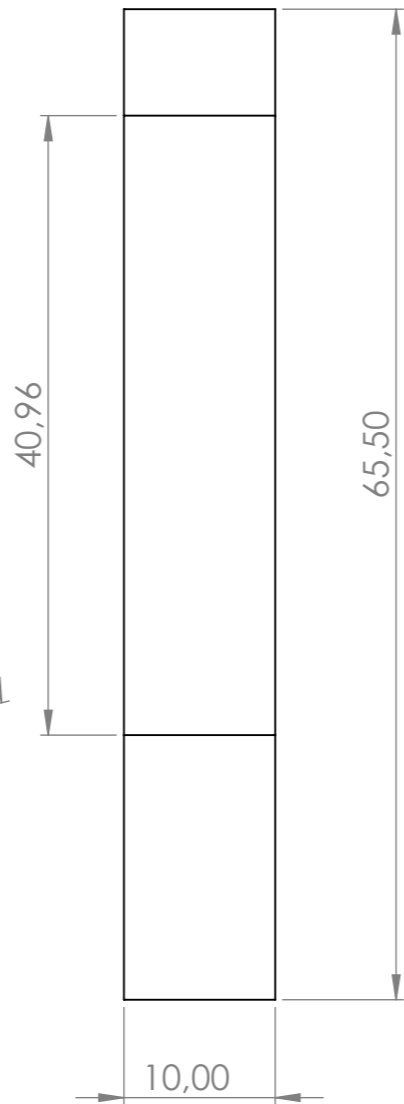
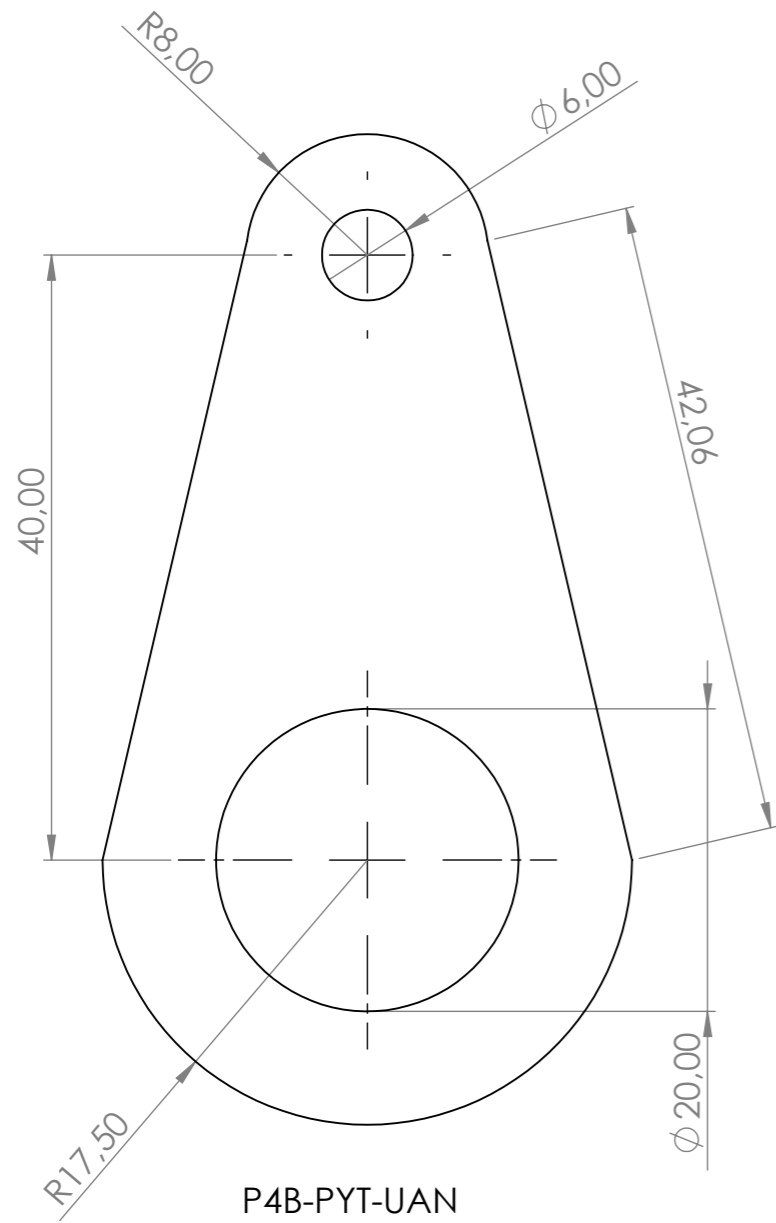
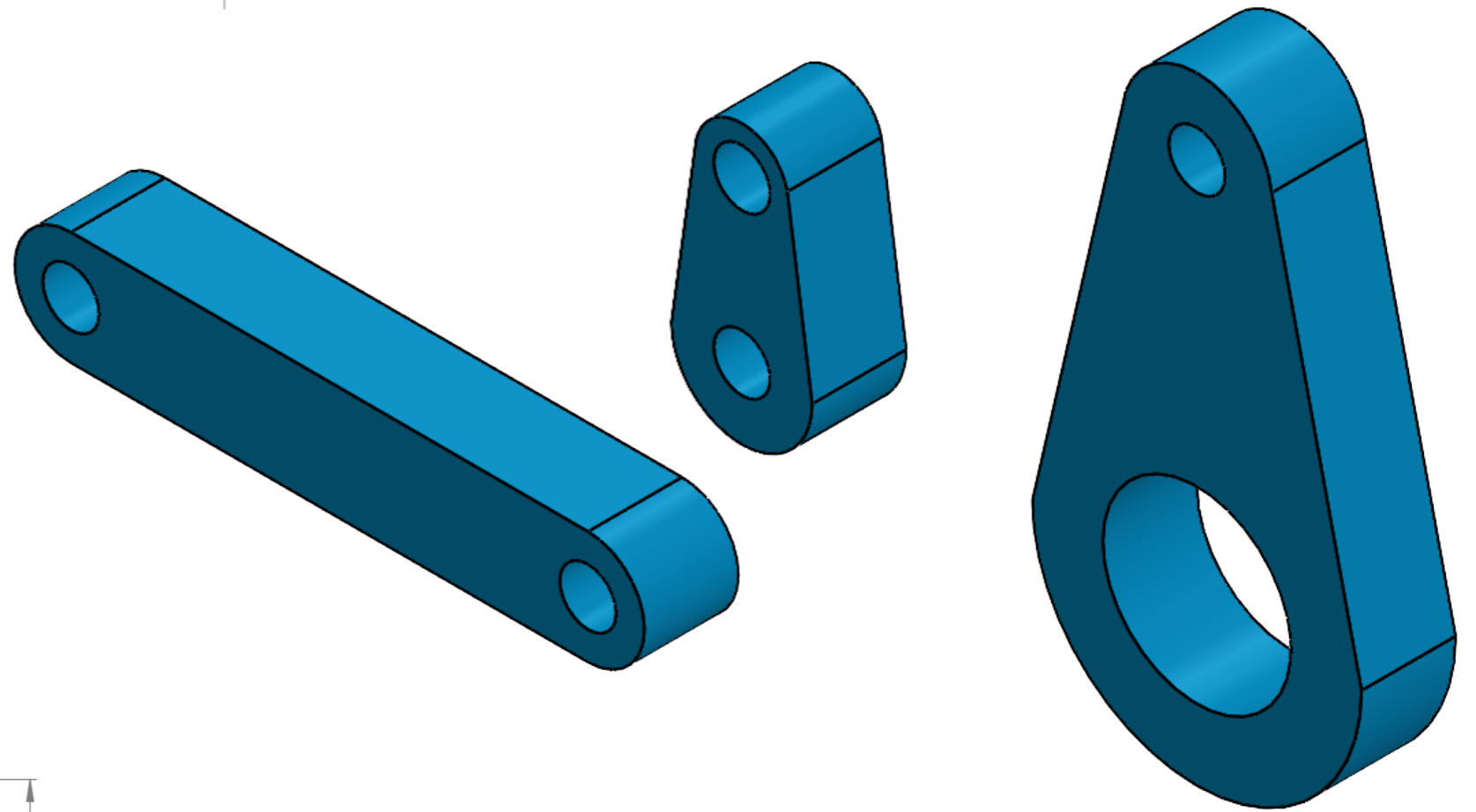
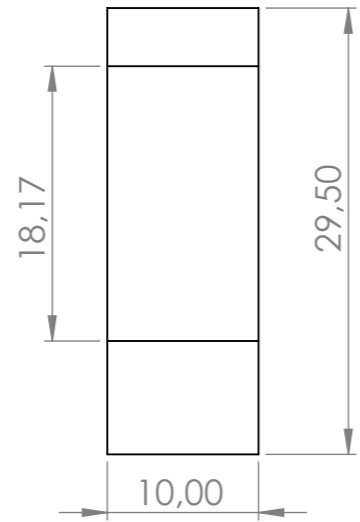
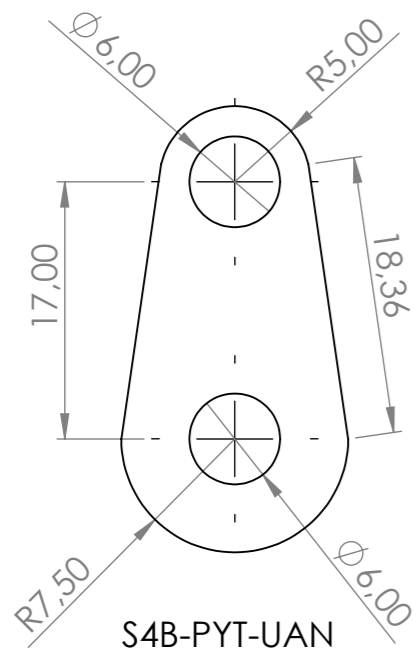


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	MNOI.1-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

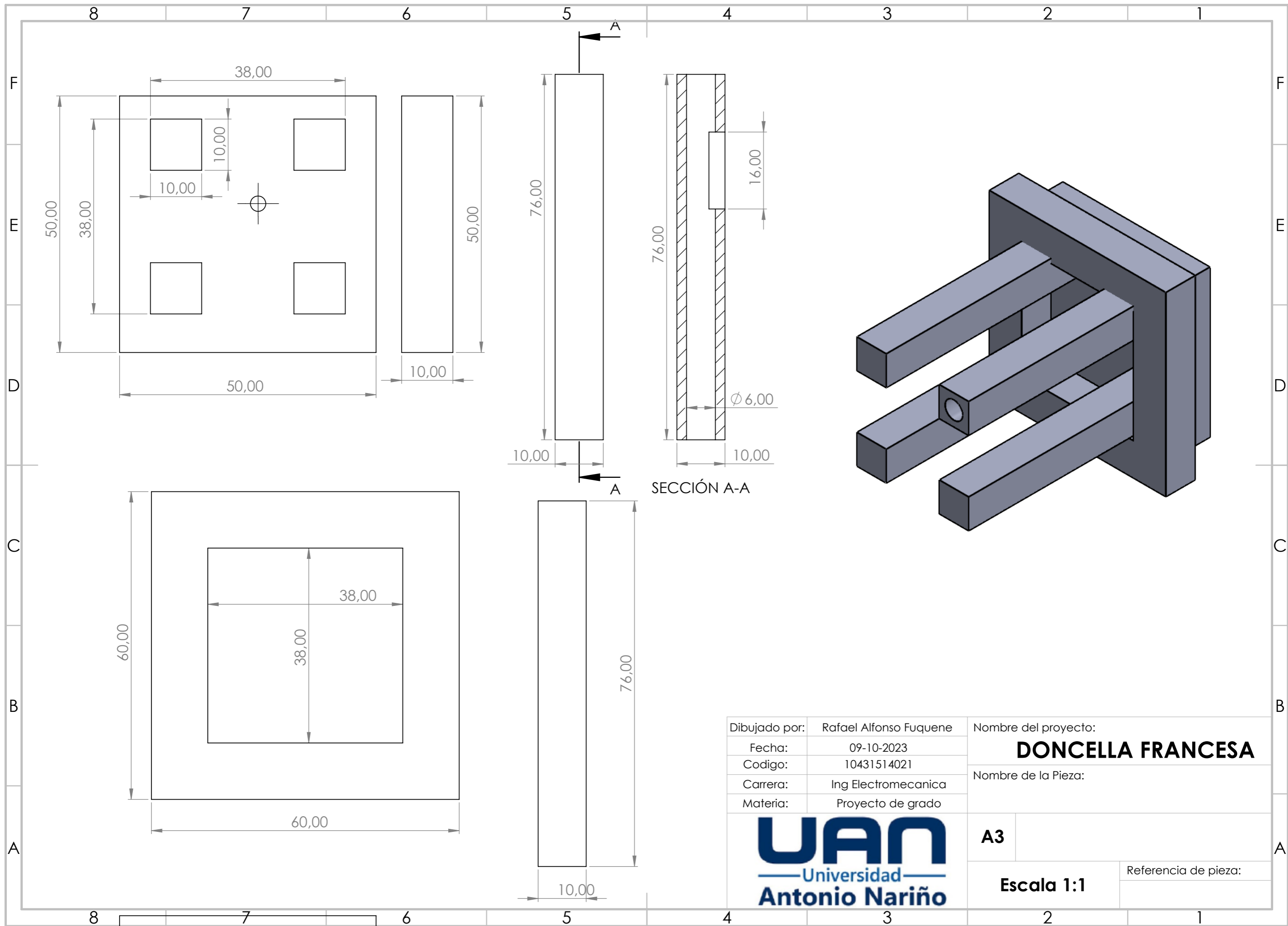
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	MECANISMO DE 4 BARRAS 1M.1-1M.2



A3

Escala 1:1

Referencia de pieza:	M4B.1-PYT-UAN
----------------------	---------------



Dibujado por: Rafael Alfonso Fuquene
 Fecha: 09-10-2023
 Codigo: 10431514021
 Carrera: Ing Electromecanica
 Materia: Proyecto de grado

Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA

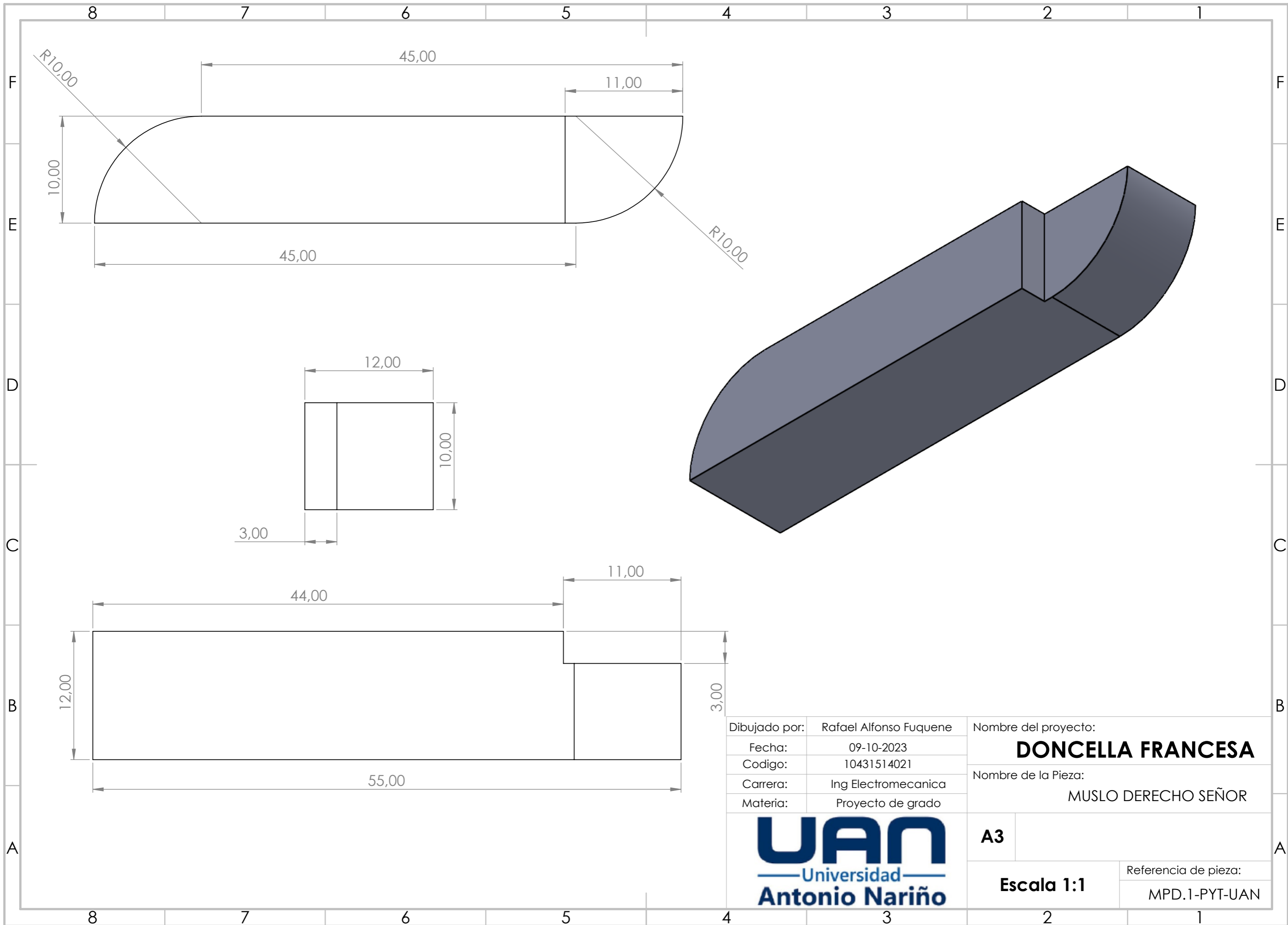
Nombre de la Pieza:



A3

Referencia de pieza:

Escala 1:1

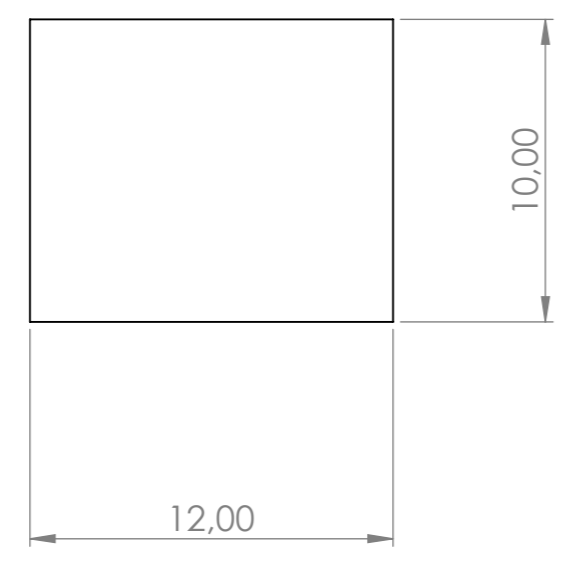
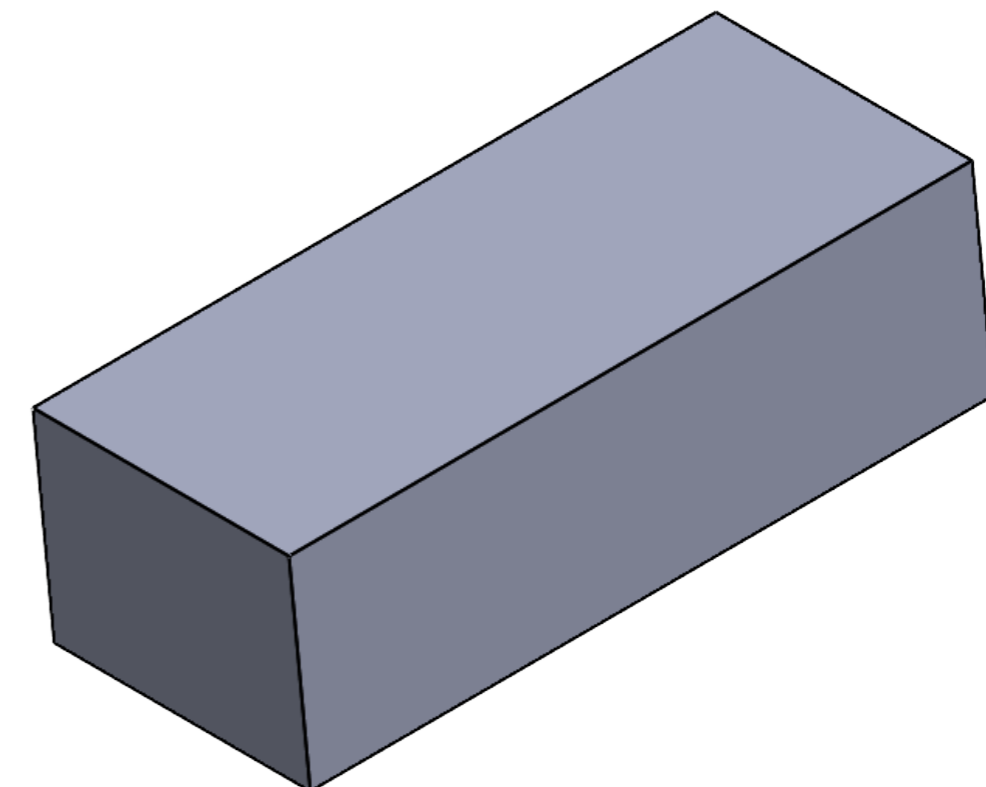


Dibujado por: Rafael Alfonso Fuquene
 Fecha: 09-10-2023
 Codigo: 10431514021
 Carrera: Ing Electromecanica
 Materia: Proyecto de grado

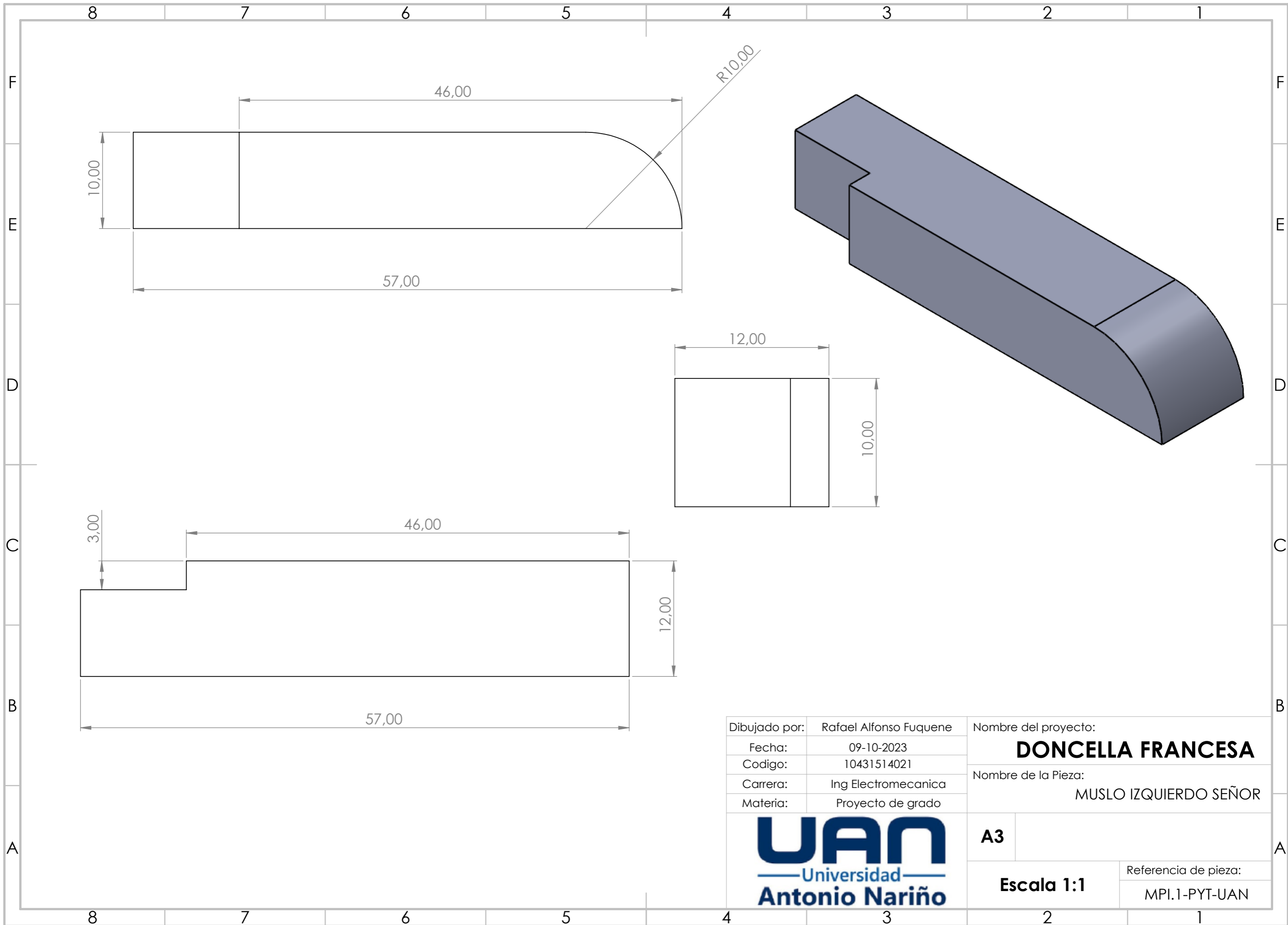
Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA
 Nombre de la Pieza:
 MUSLO DERECHO SEÑOR



A3
 Escala 1:1
 Referencia de pieza:
 MPD.1-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	
Fecha:	09-10-2023	DONCELLA FRANCESA	
Codigo:	10431514021		
Carrera:	Ing Electromecanica	Nombre de la Pieza:	
Materia:	Proyecto de grado	PIERNA IZQUIERDA SEÑOR	
		A3	
		Escala 1:1	Referencia de pieza:
			PNI.1-PYT-UAN

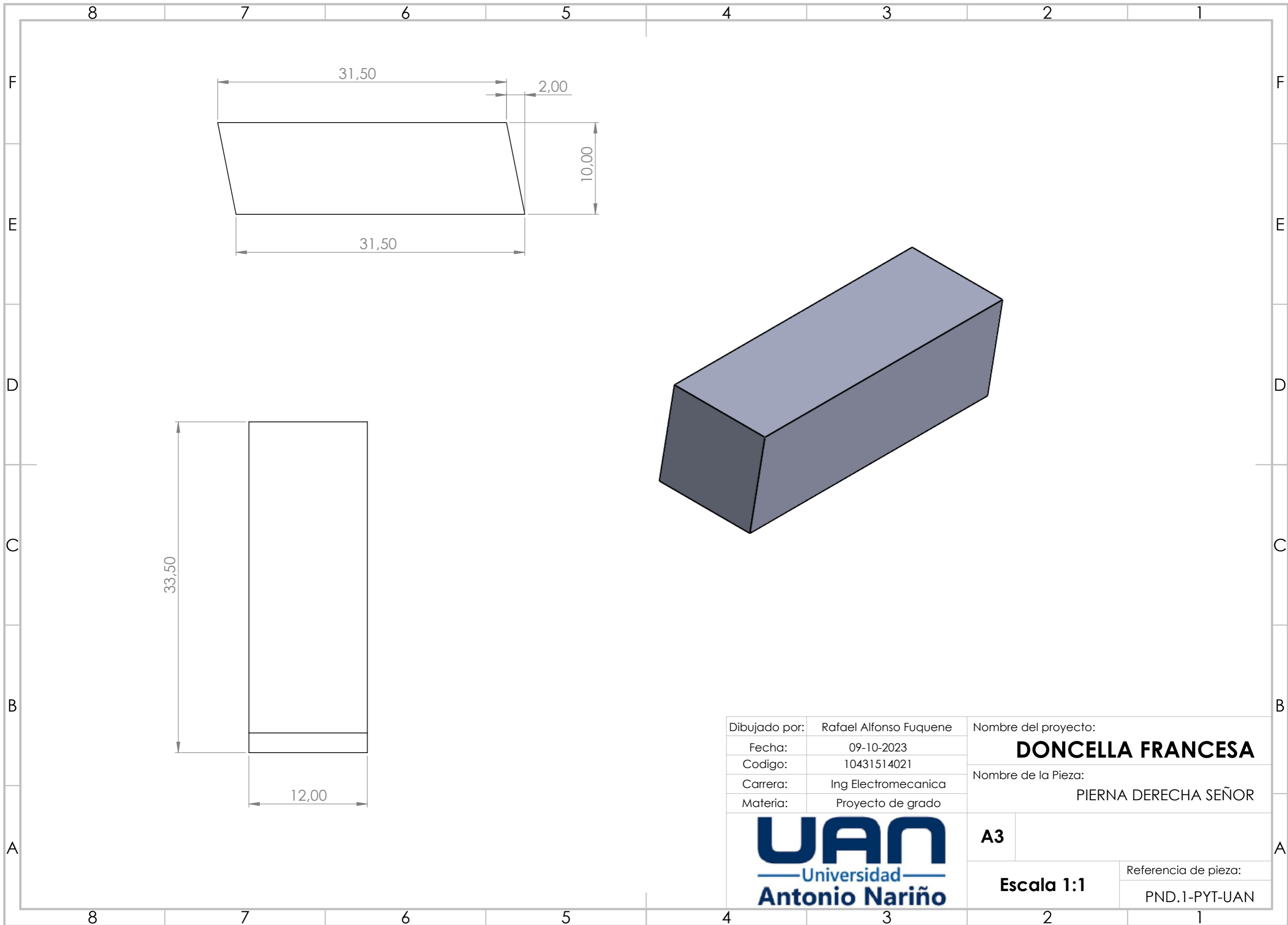


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	
DONCELLA FRANCESA	
Nombre de la Pieza:	
MUSLO IZQUIERDO SEÑOR	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	MPI.1-PYT-UAN

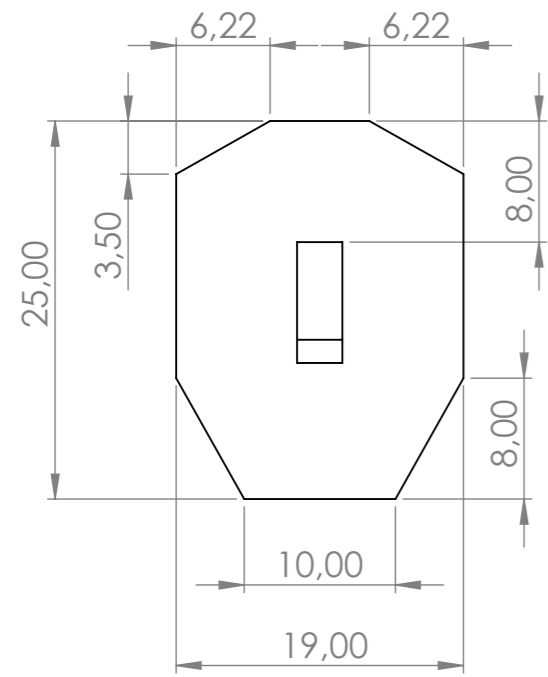


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

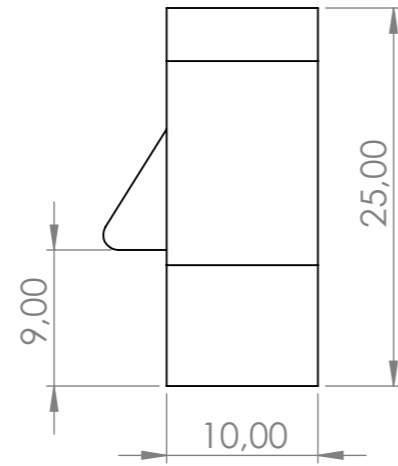
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



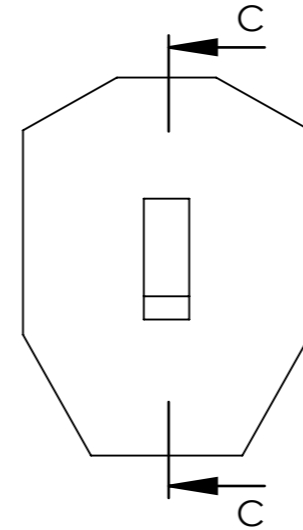
A3	Referencia de pieza: PND.1-PYT-UAN
Escala 1:1	



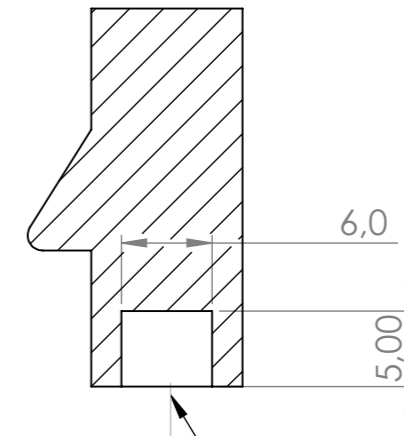
CABEZA SEÑOR



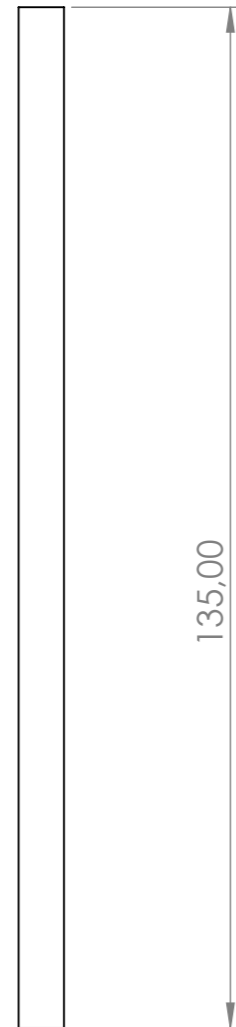
REFERECIA : CBZ.1



SECCIÓN C-C



insertar eje y aplicar pegamento



EJE CABEZA SEÑOR

REFERECIA : EJ.1

ENSAMBLE

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA

Nombre de la Pieza:

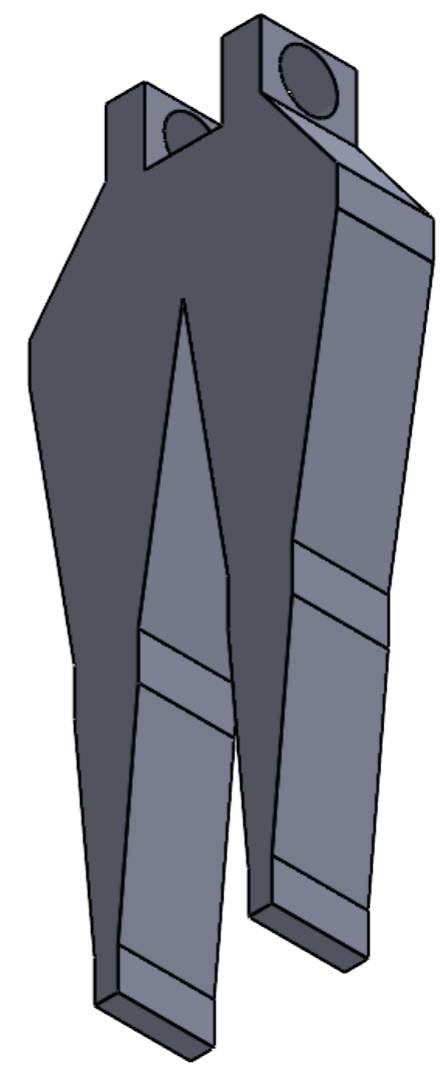
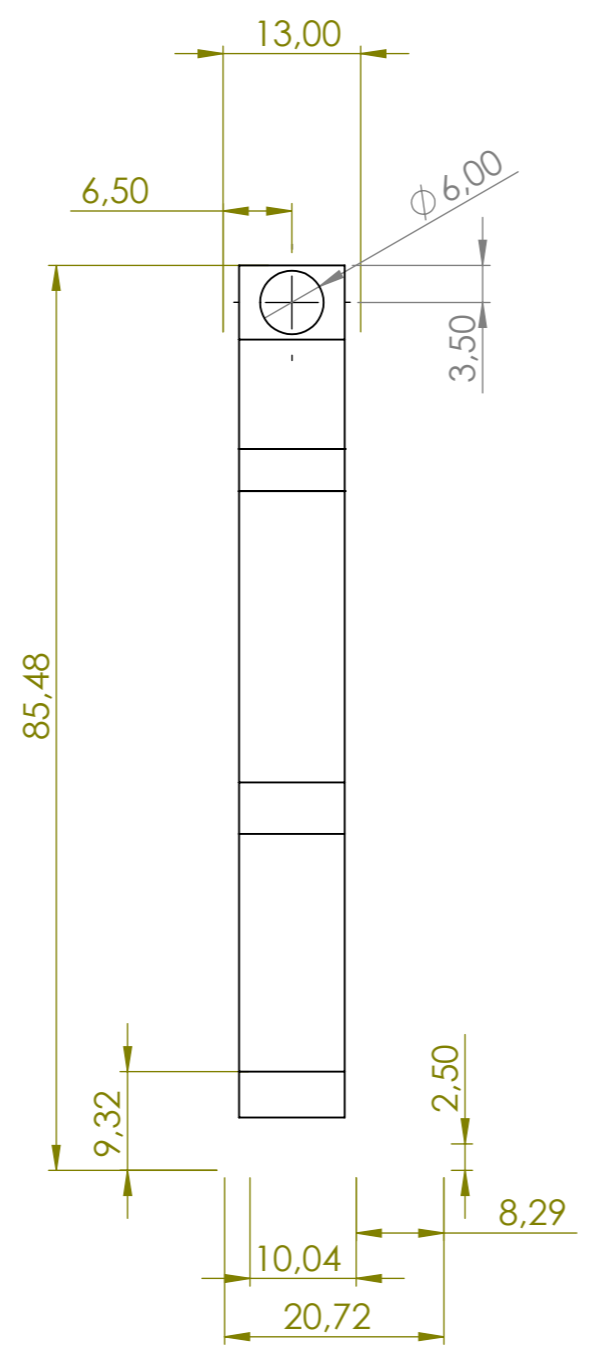
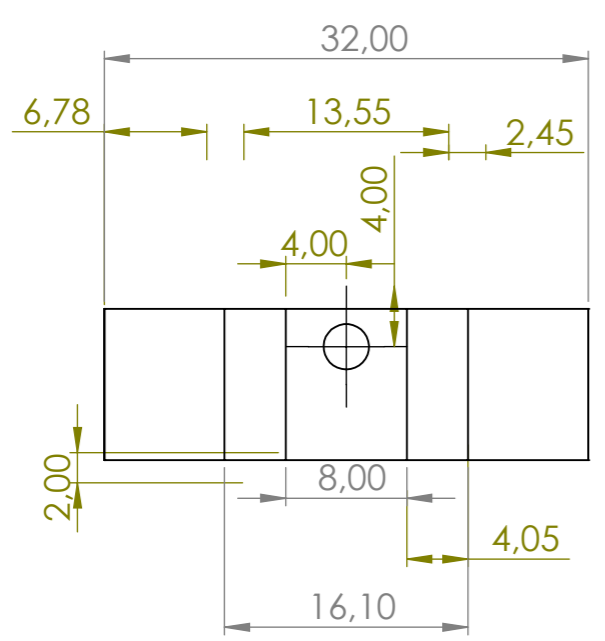
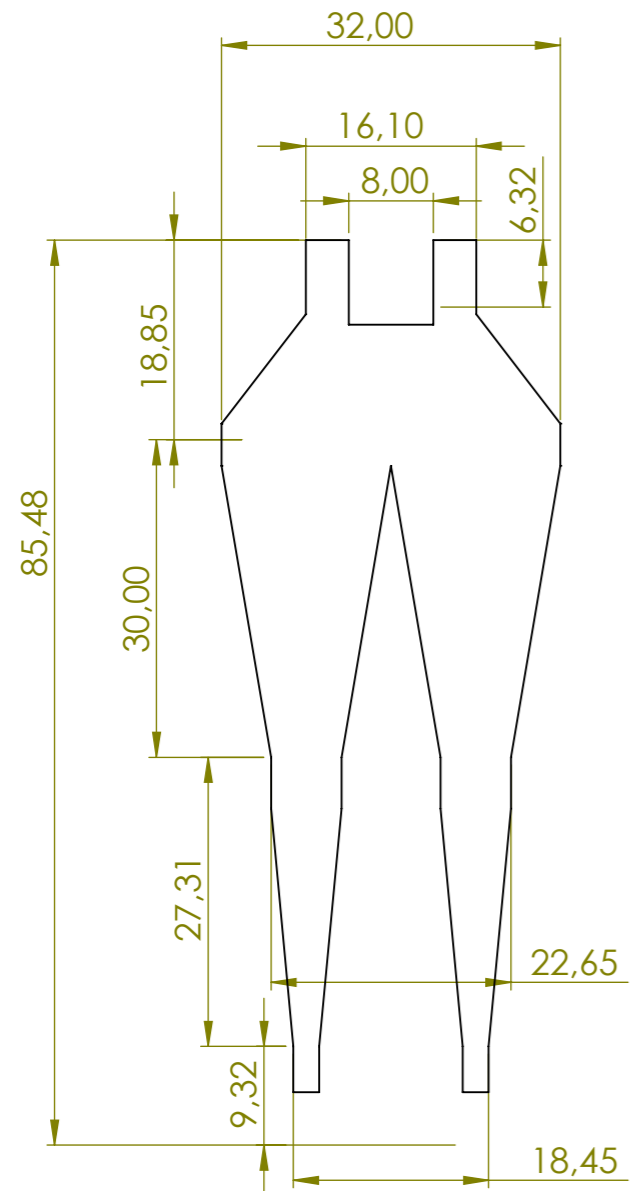


A3

Escala 1:1

Referencia de plano:

ESB-SÑ-CE1

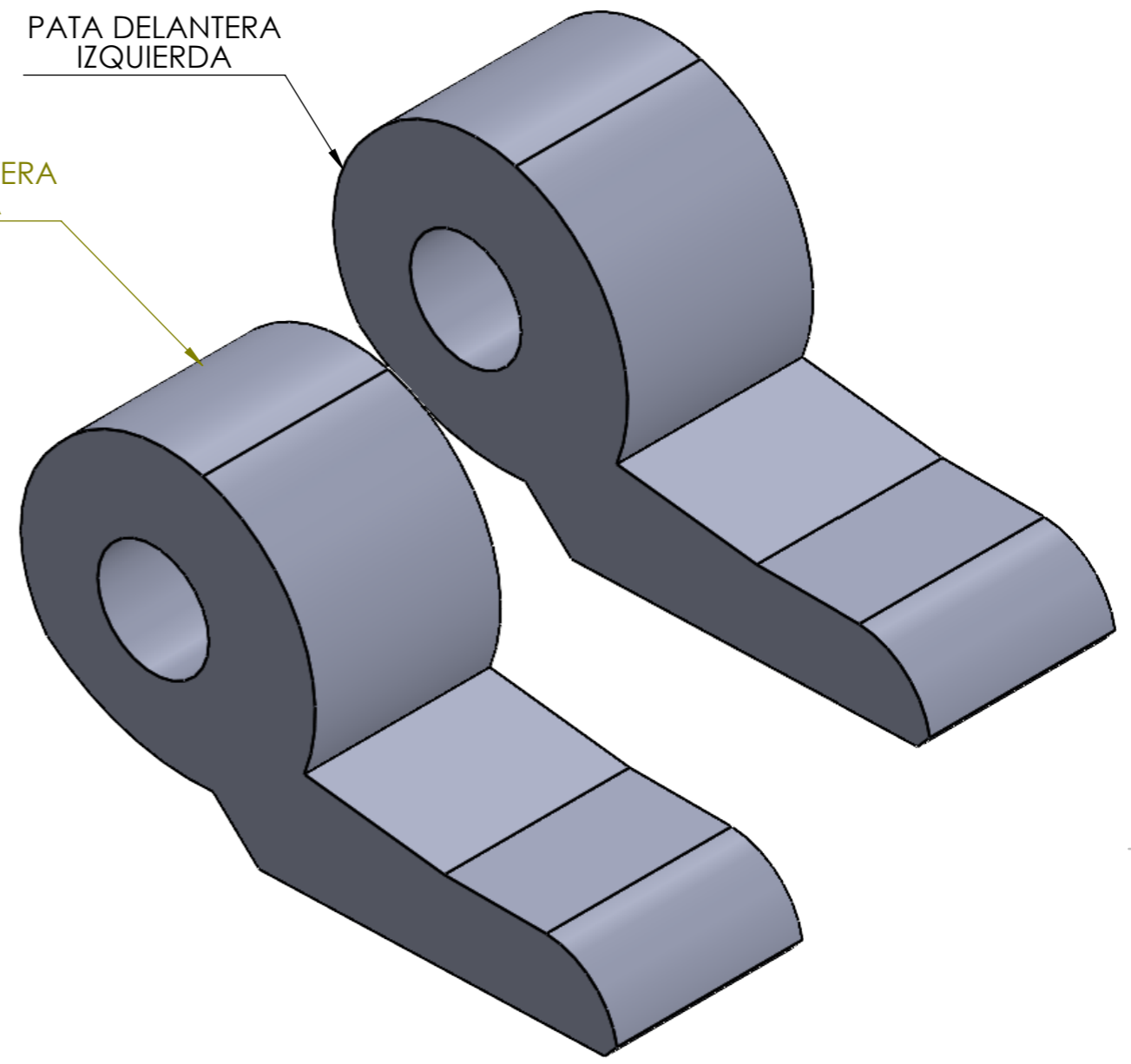
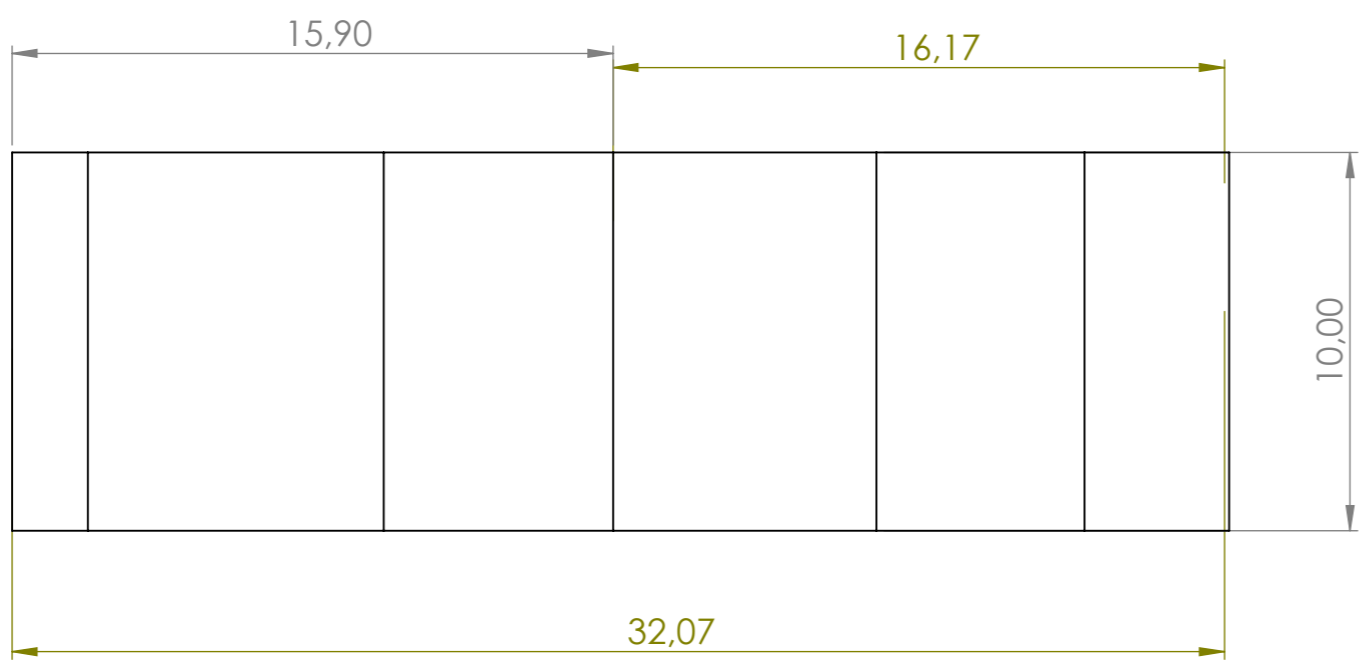
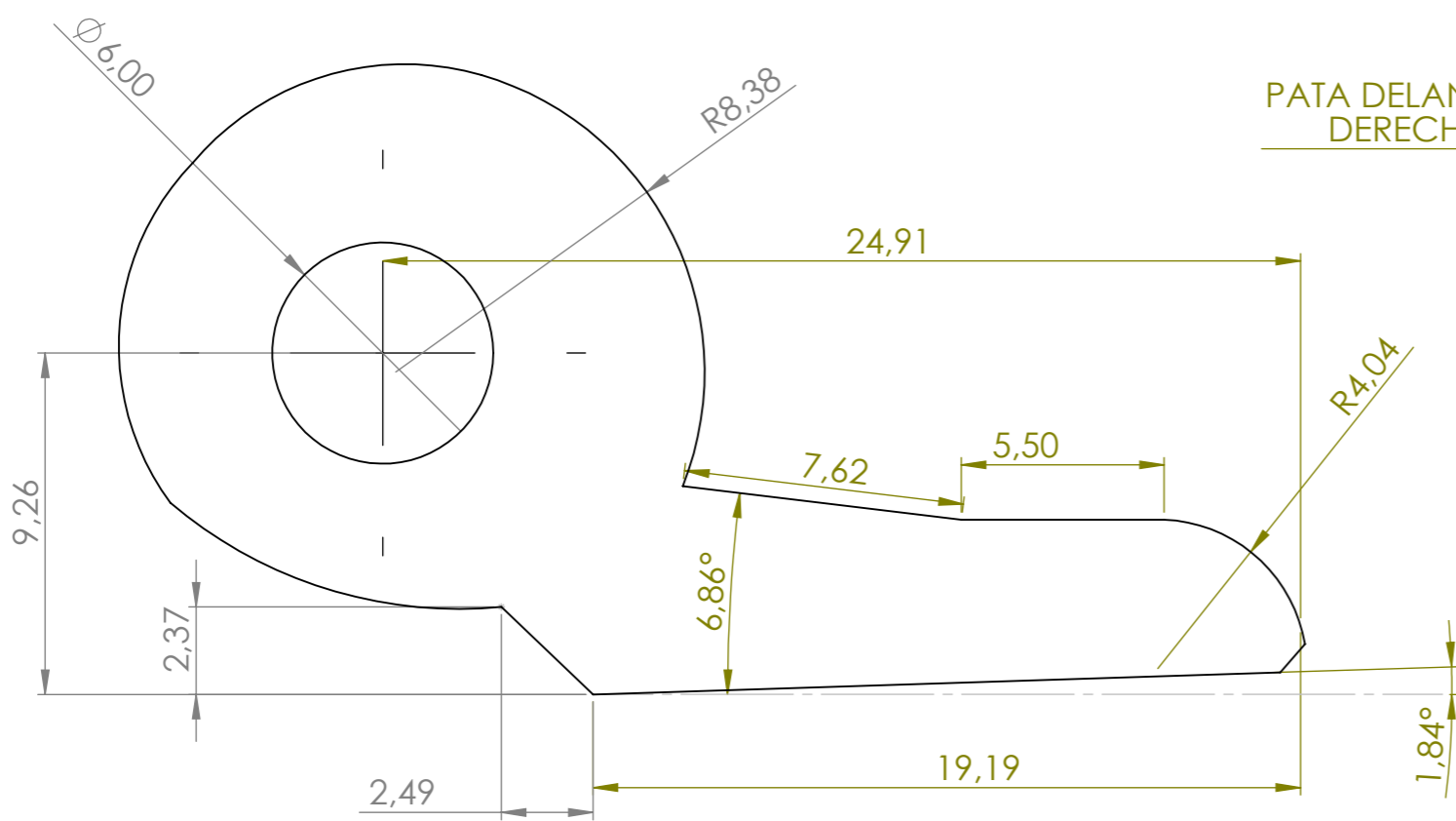


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	

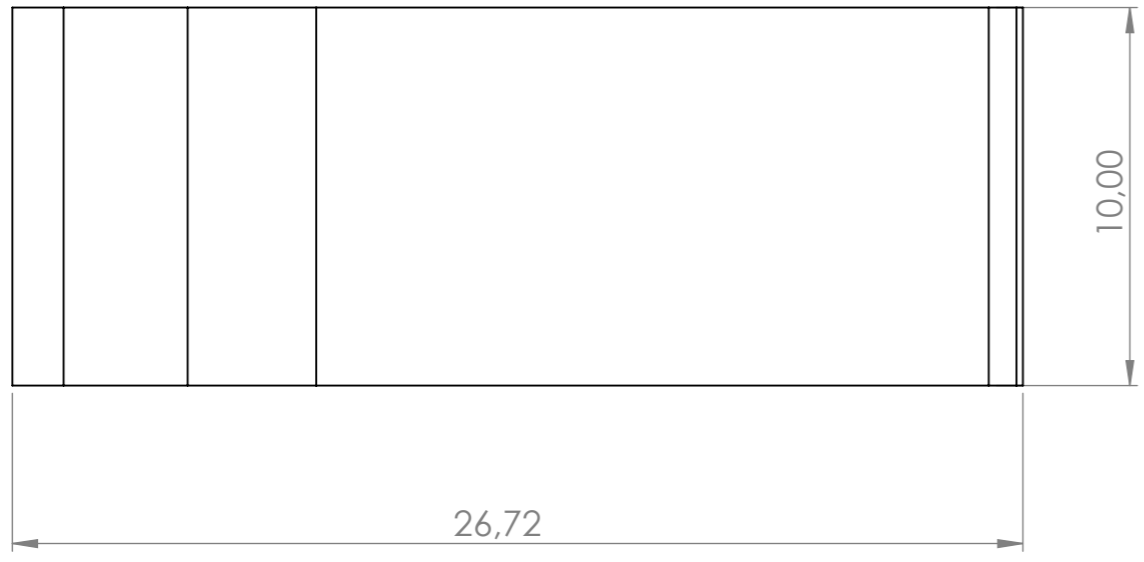
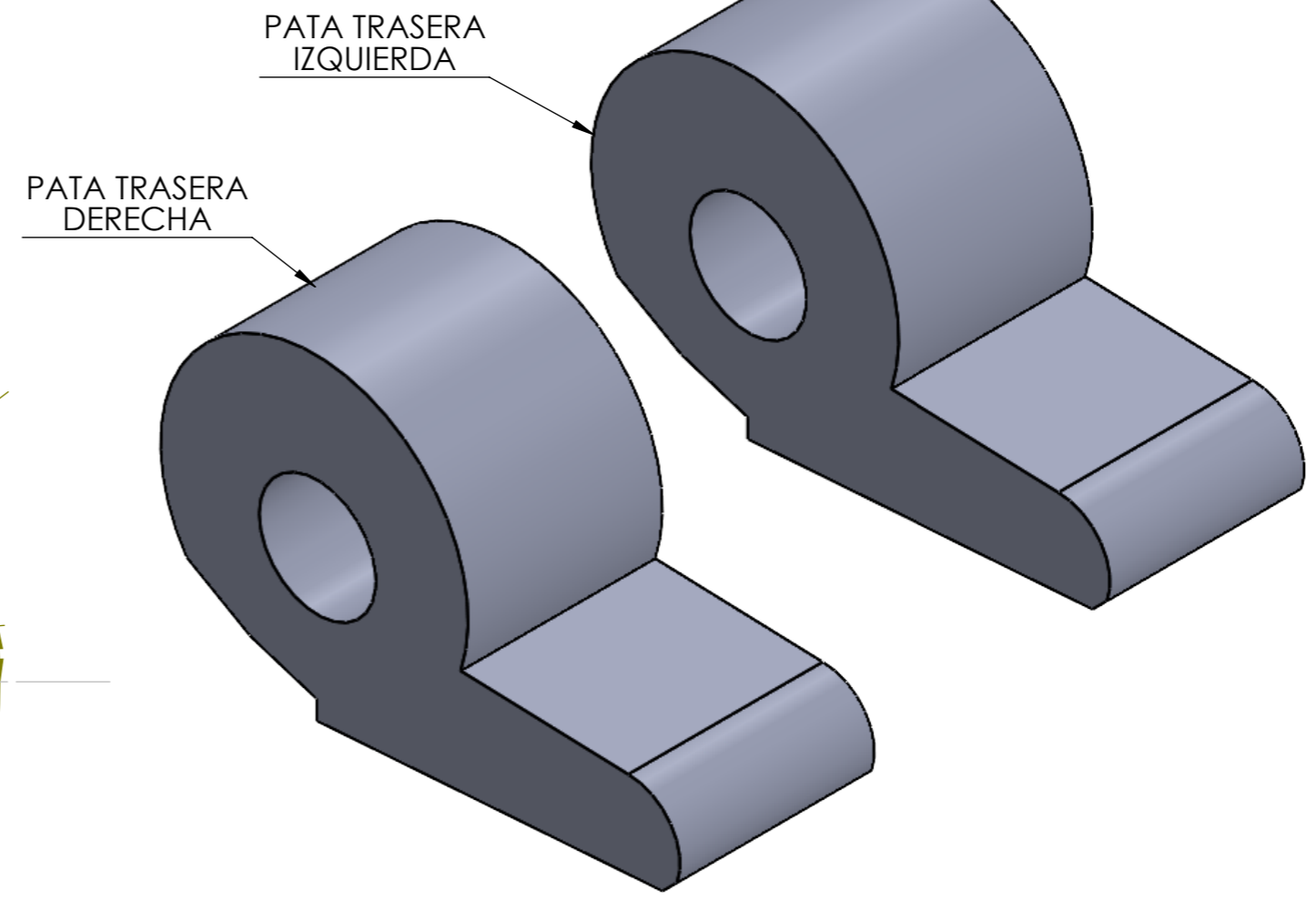
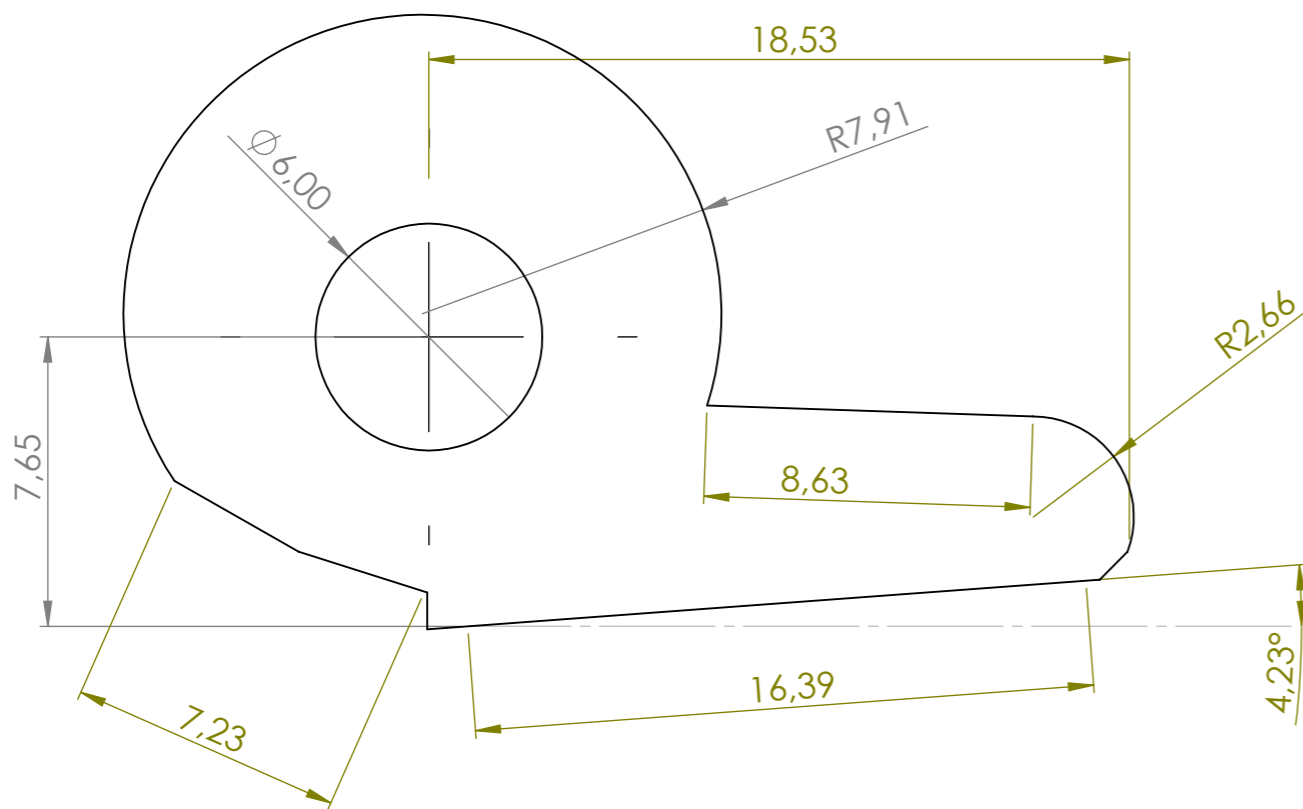


A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	PNS.2-PYT-UAN



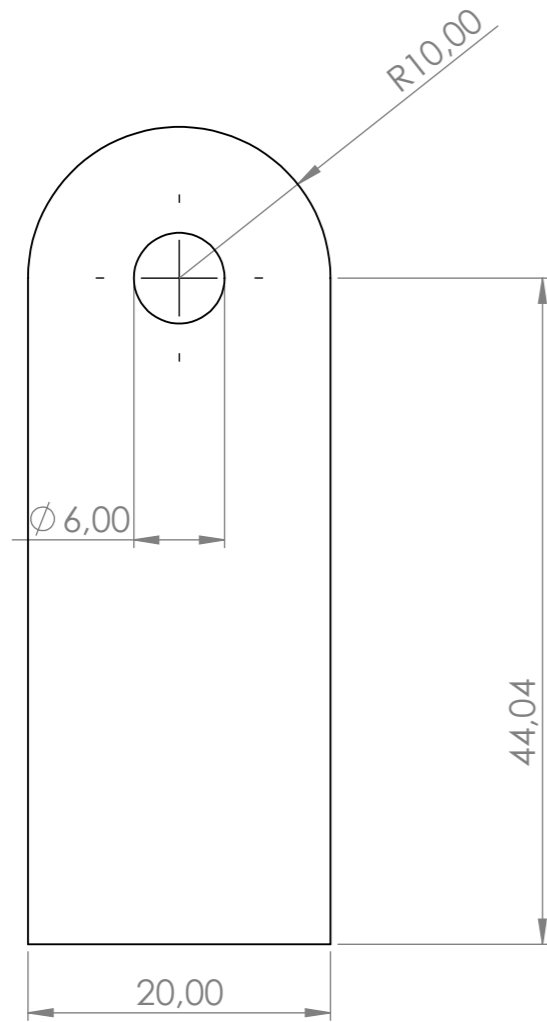
NOTA:
PATAS DELANTERAS DERECHA E IZQUIERDA SON IGUALES

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	PATAS DELANTERAS	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	PSD.3-PYT-UAN

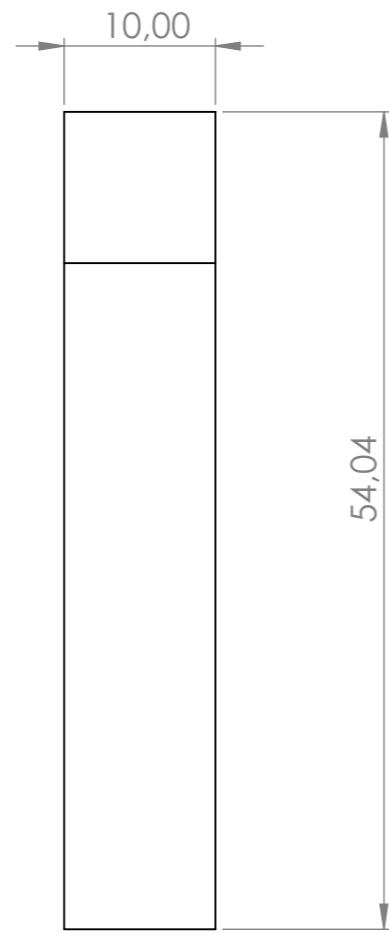


NOTA:
PATA TRASERA DERECHA E IZQUIERDA SON IGUALES

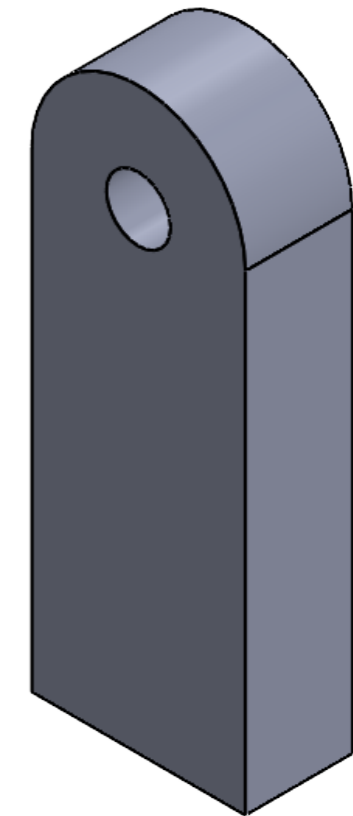
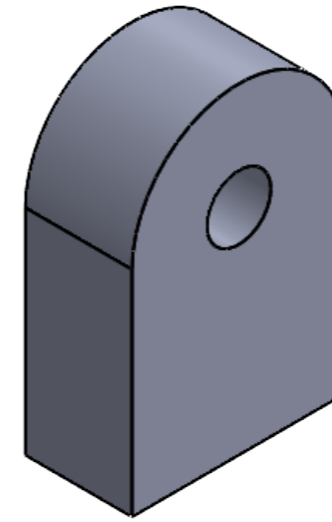
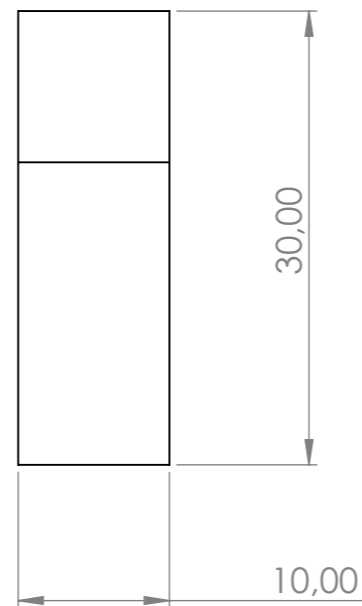
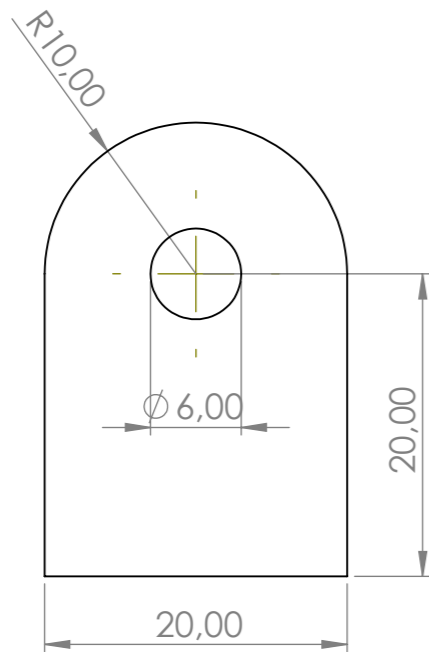
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	PATAS TRASERAS	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	PST.3-PYT-UAN



SP.1-PYT-UAN
1 Und



SP.5-PYT-UAN
5 Und



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

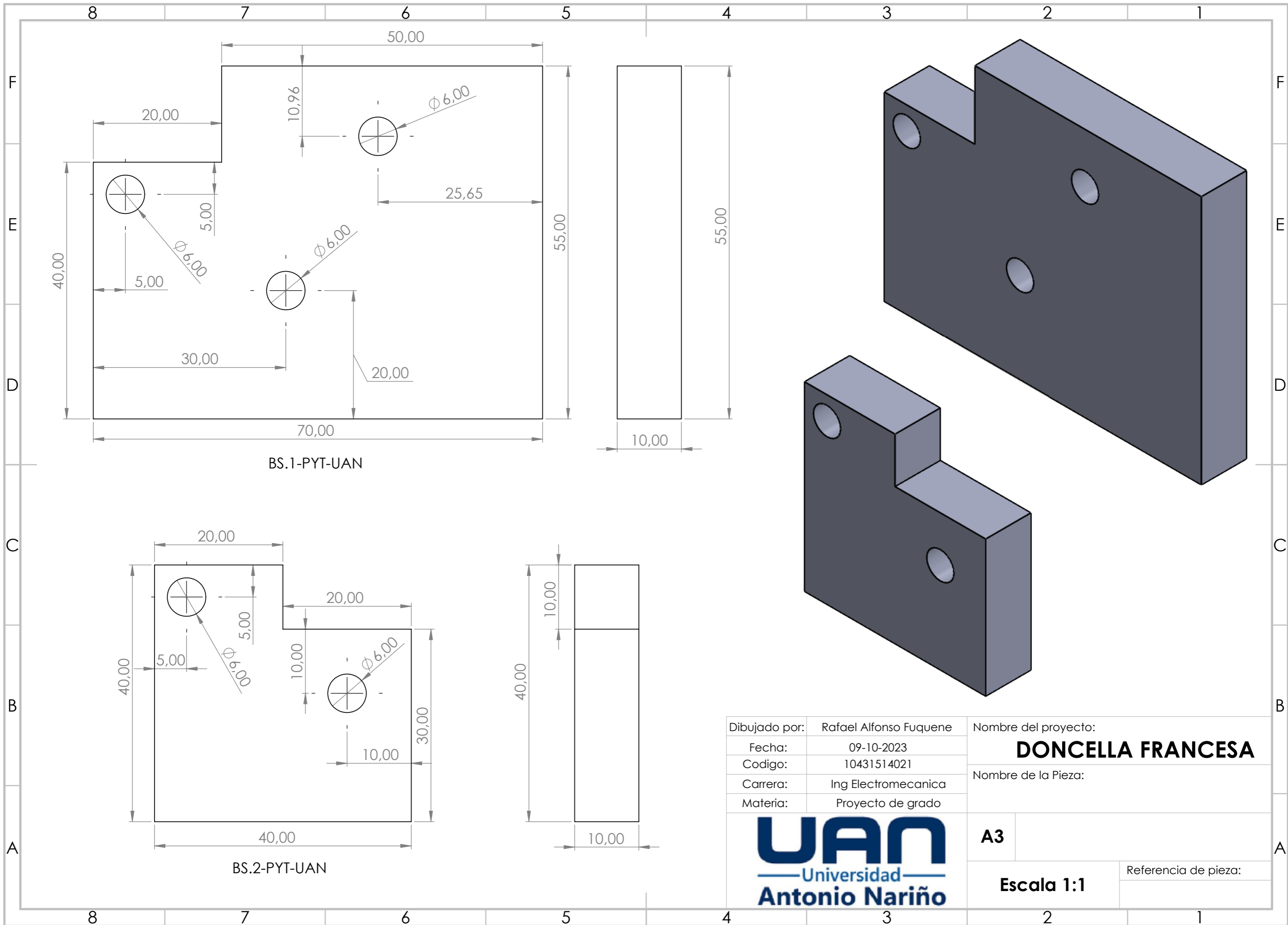
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3

Escala 1:1

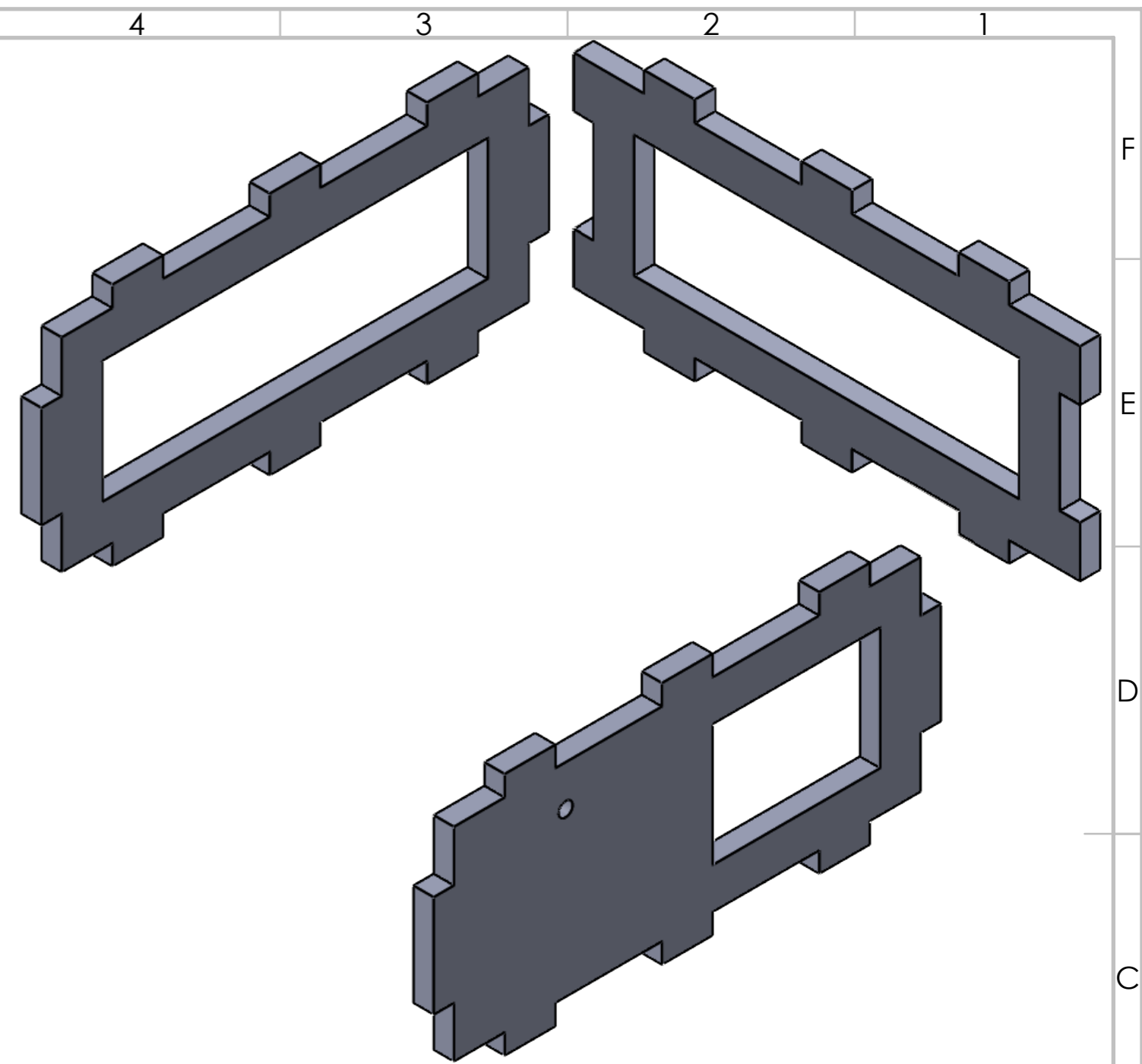
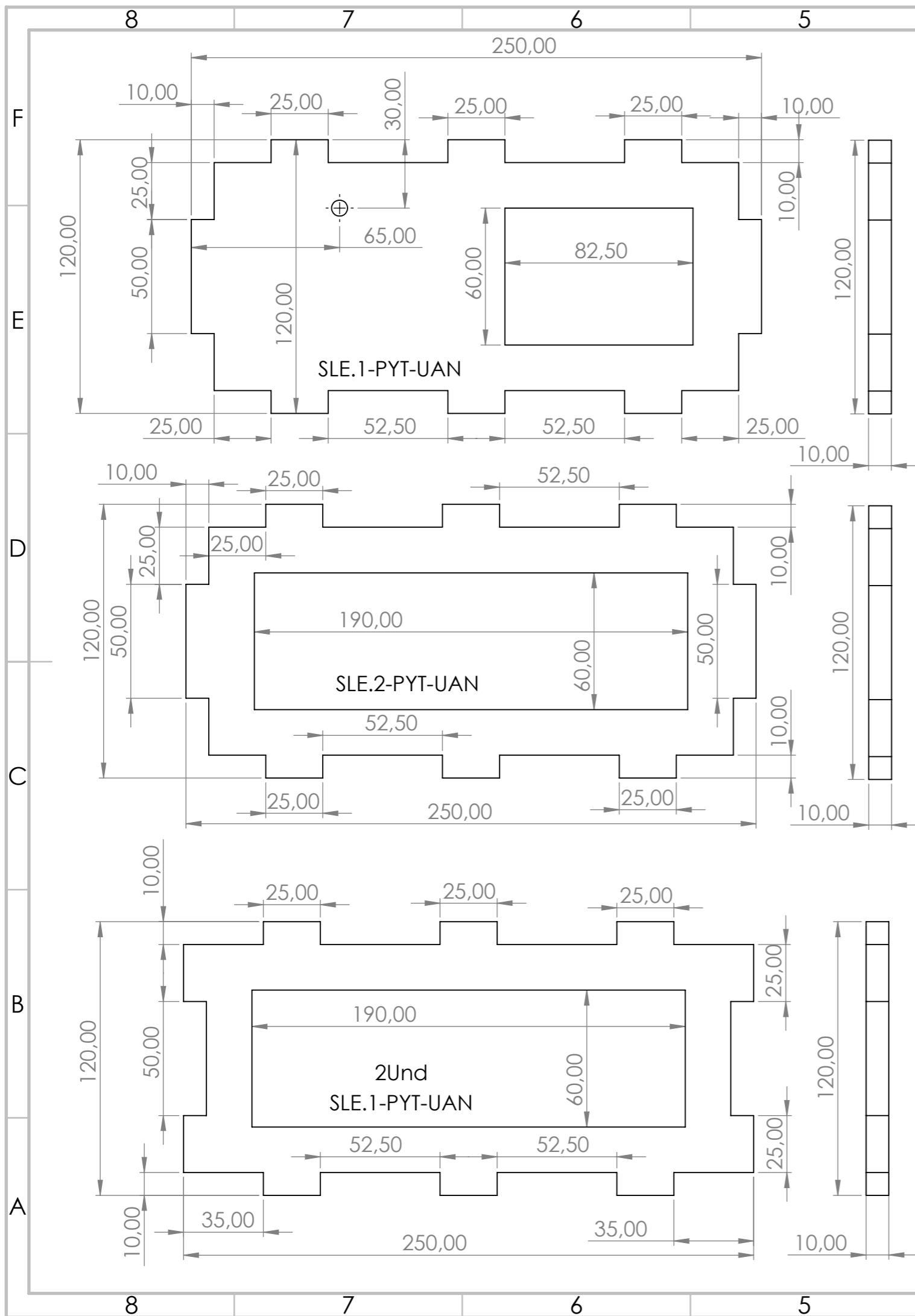
Referencia de pieza:



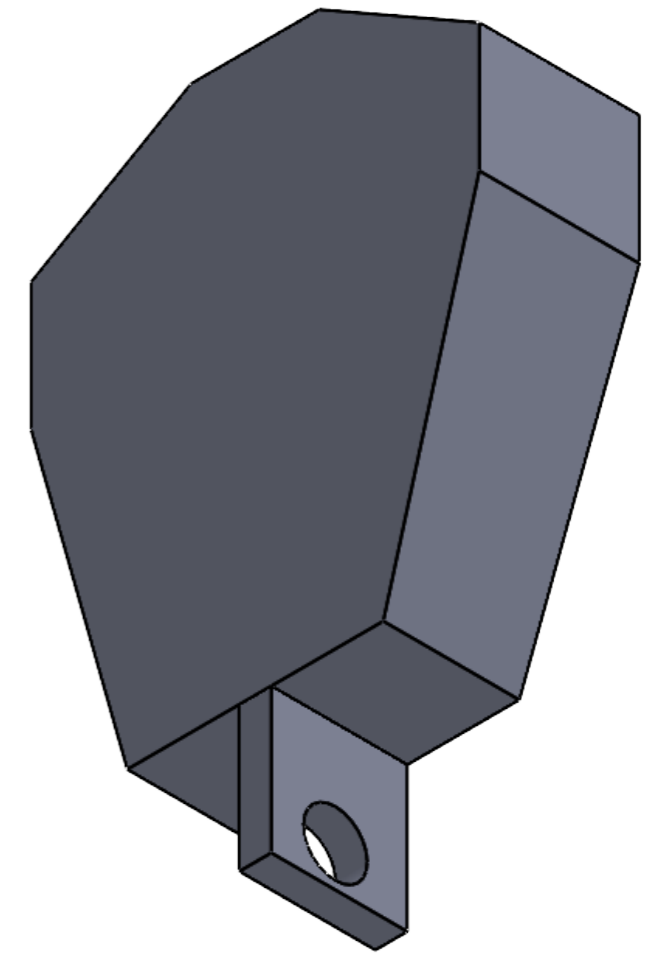
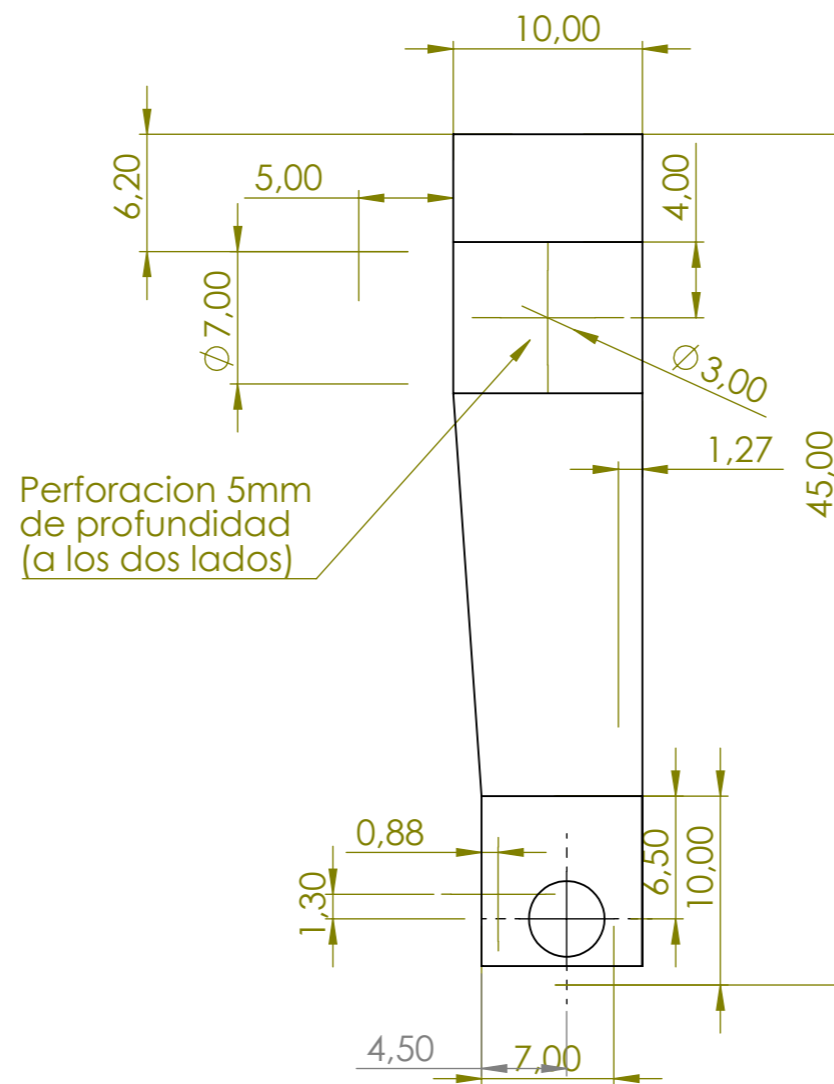
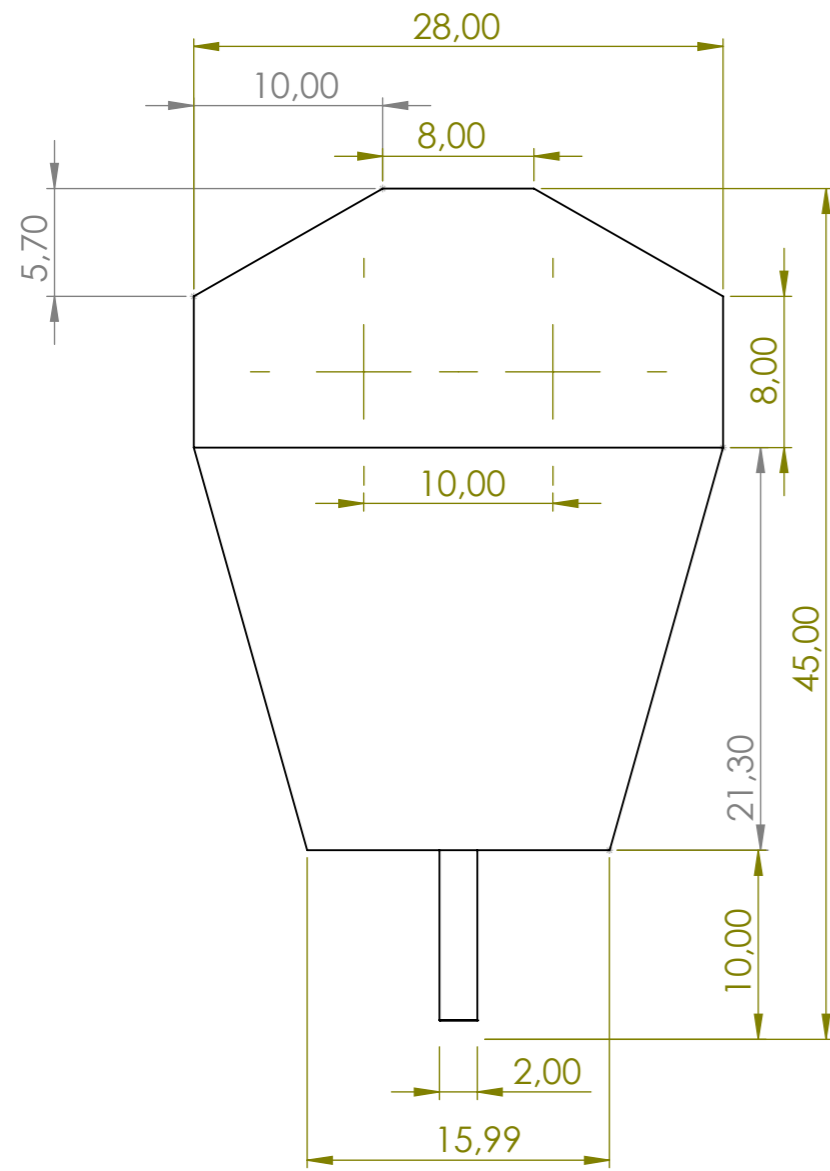
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	
DONCELLA FRANCESA	
Nombre de la Pieza:	
A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	





Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:		
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	



Dibujado por: Rafael Alfonso Fuquene
 Fecha: 09-10-2023
 Codigo: 10431514021
 Carrera: Ing Electromecanica
 Materia: Proyecto de grado

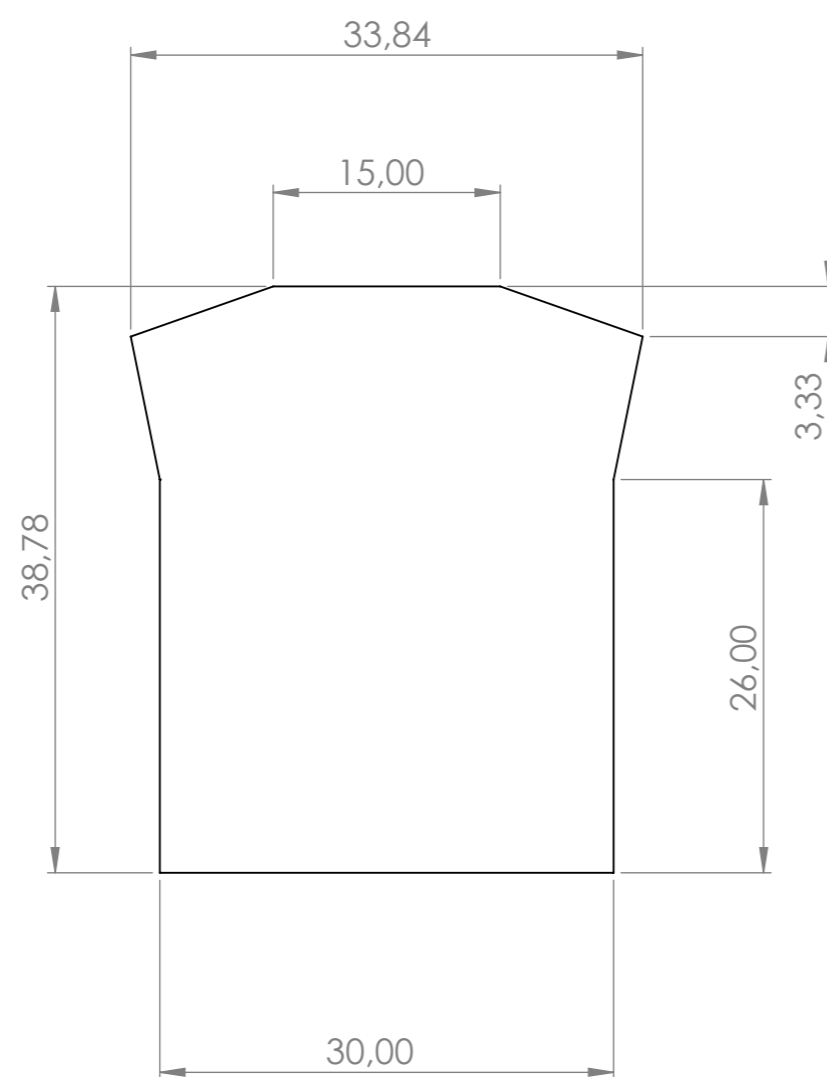
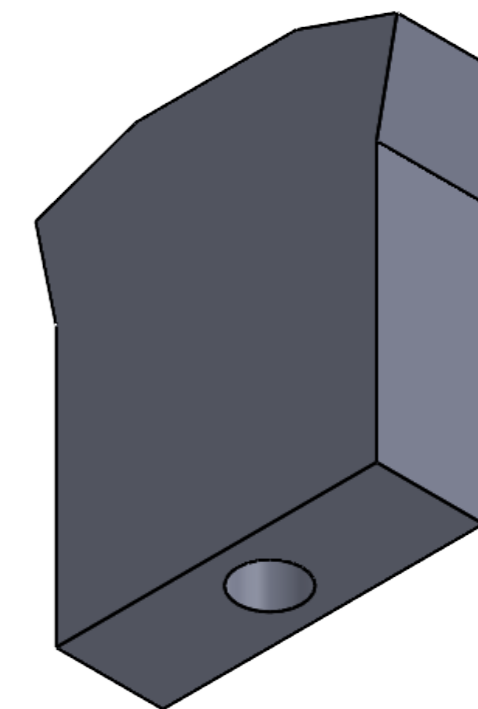
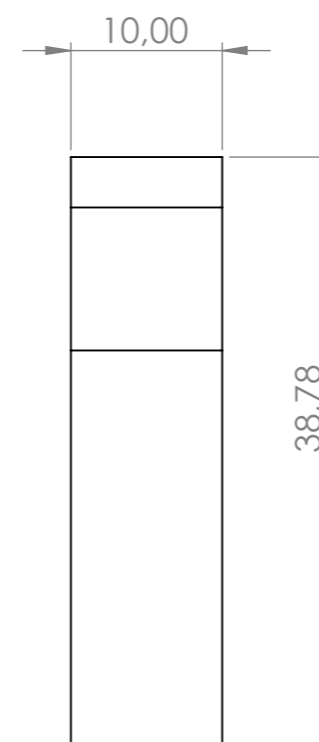
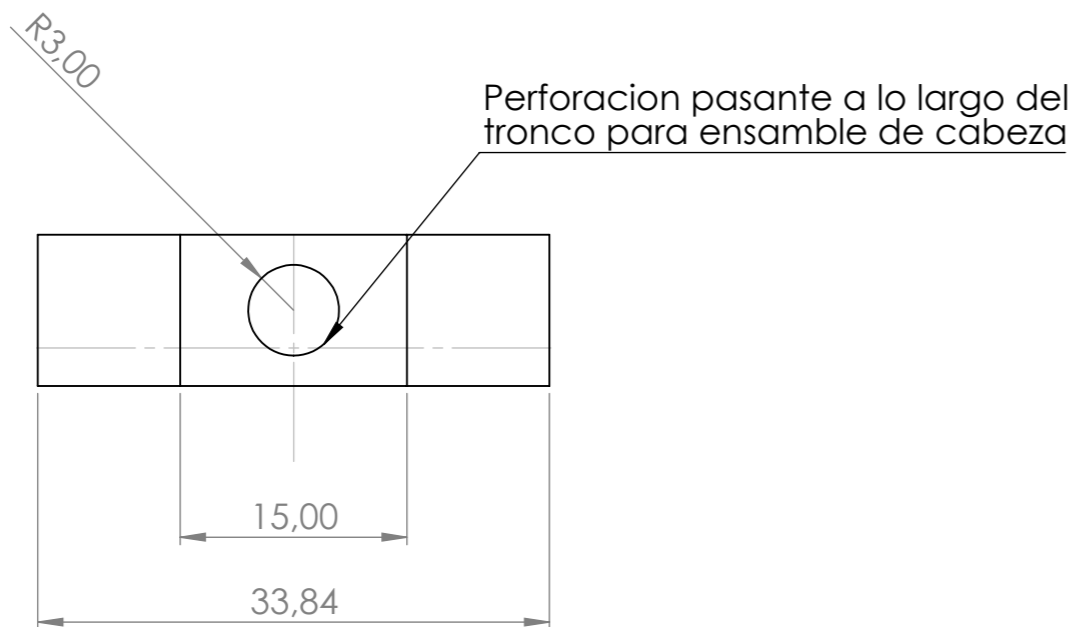
Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA
 Nombre de la Pieza:
 TRONCO DONCELLA



A3

Escala 1:1

Referencia de pieza:
 TRC.2-PYT-UAN

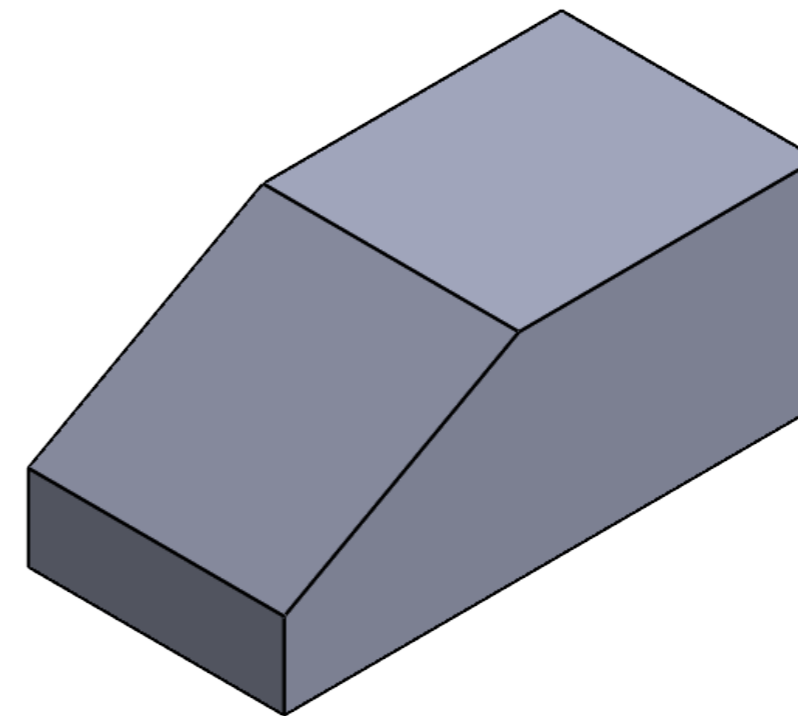
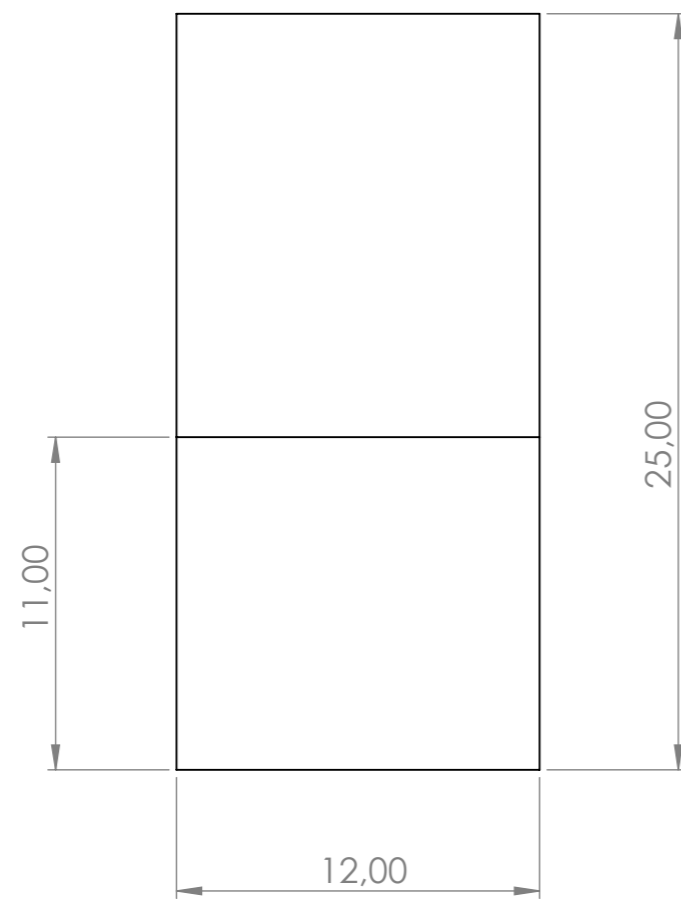
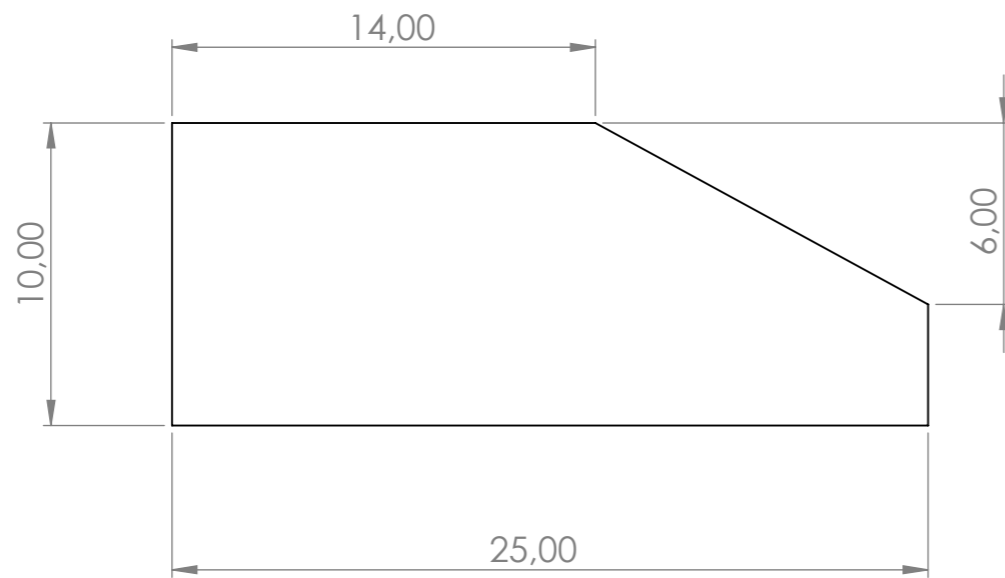



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	

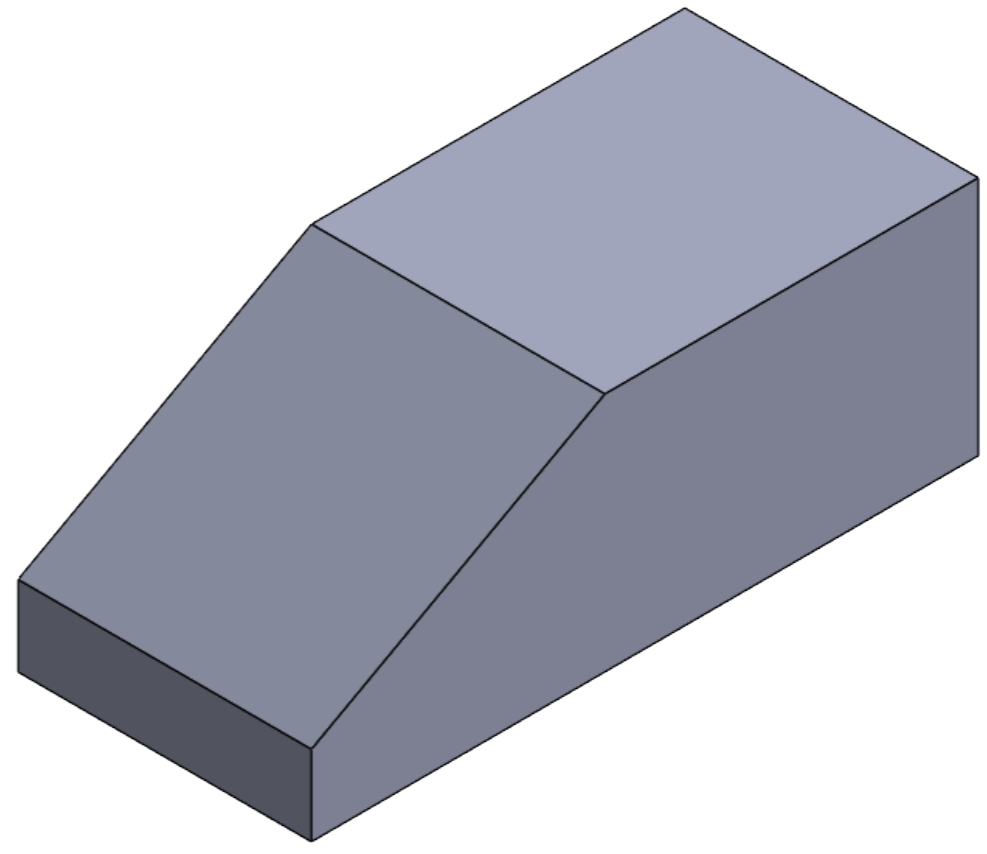
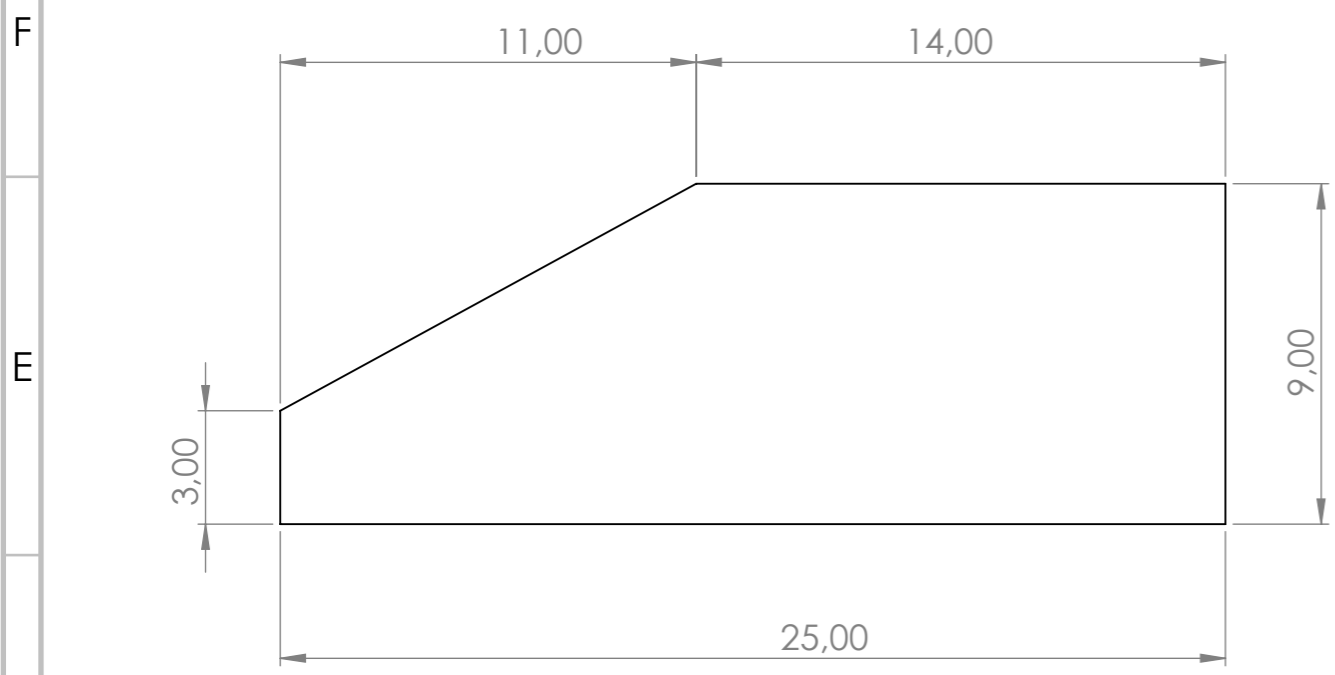


A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	TRC.1-PYT-UAN

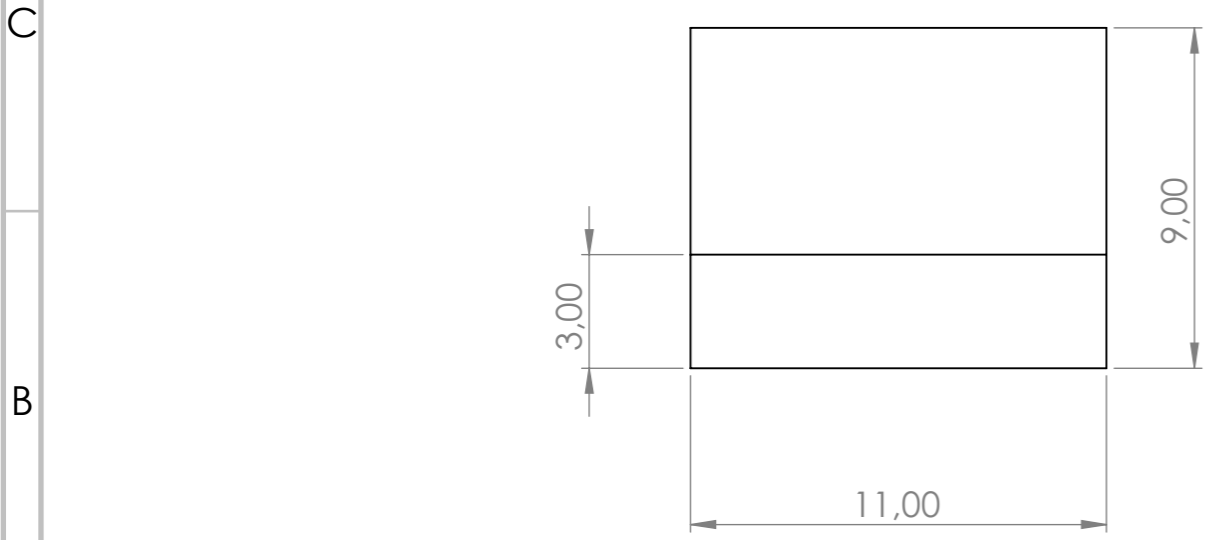


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	PIE DERECHO SEÑOR	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza: ZPD.1-PYT-UAN	

8 7 6 5 4 3 2 1



D



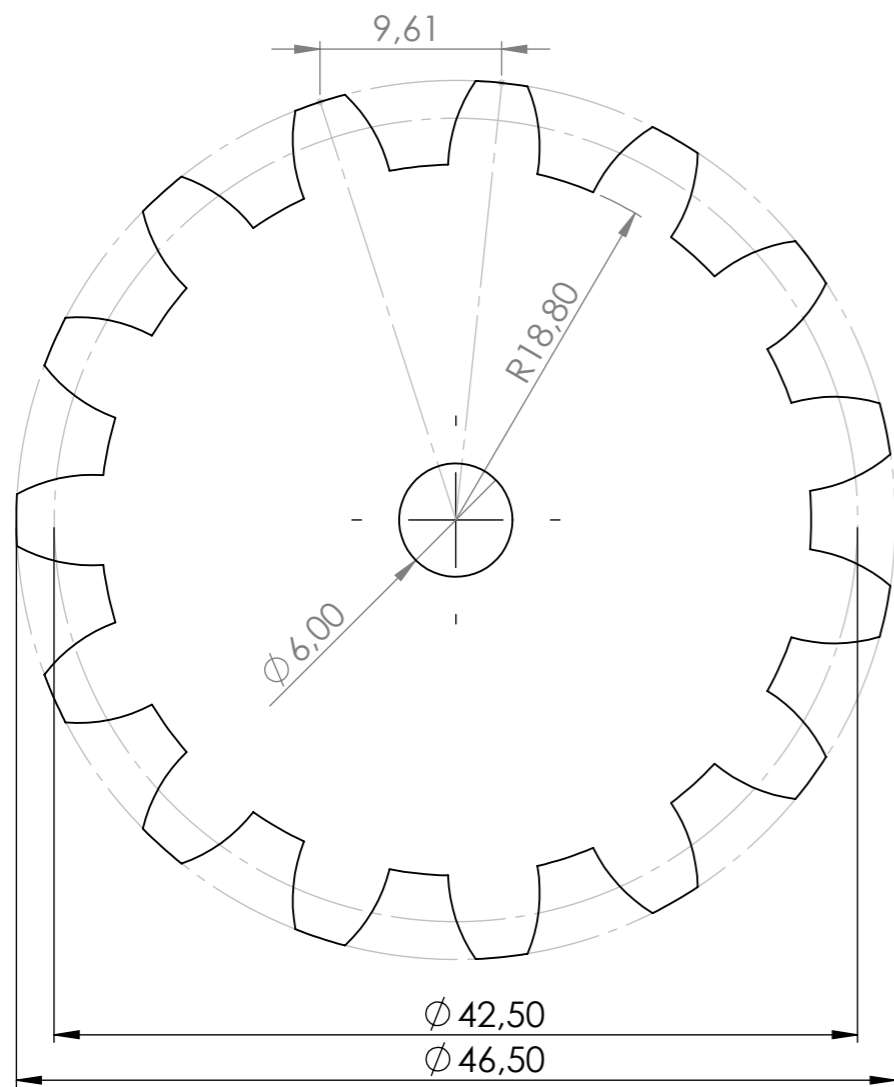
B

A

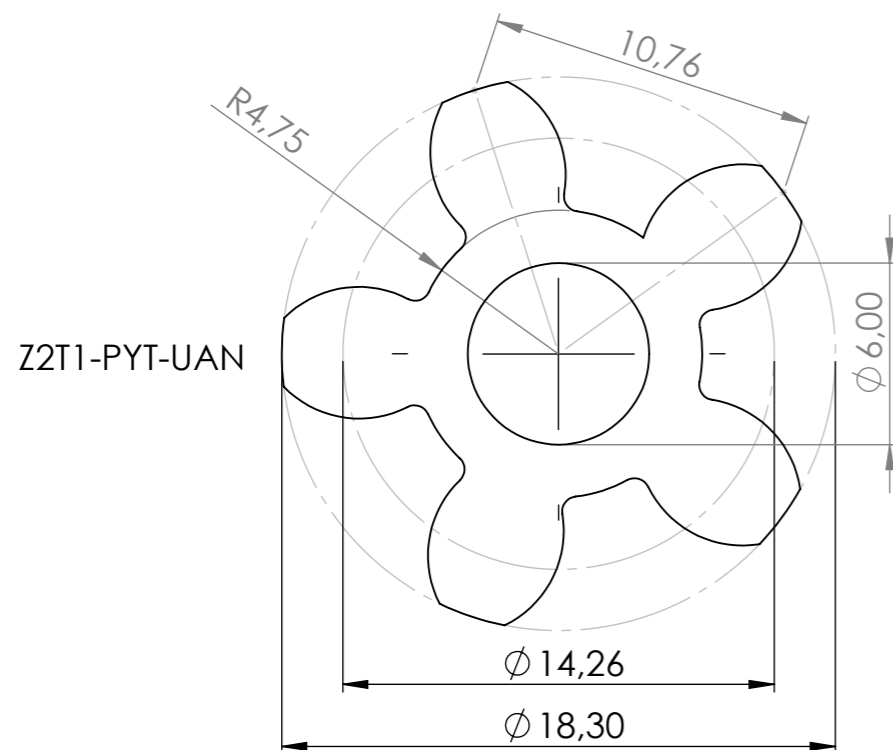
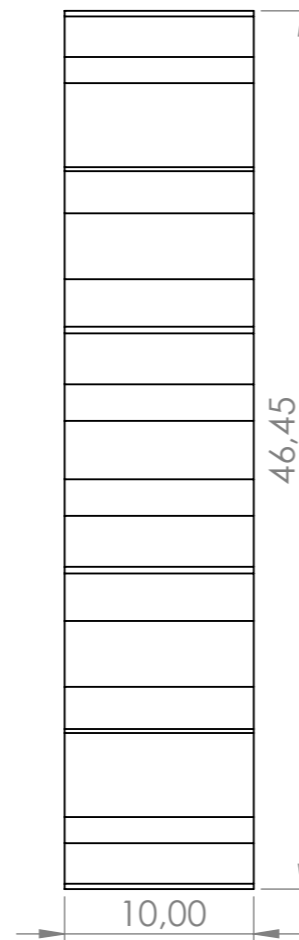
8 7 6 5 4 3 2 1

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	PIE IZQUIERDO SEÑOR	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	ZPI.1-PYT-UAN

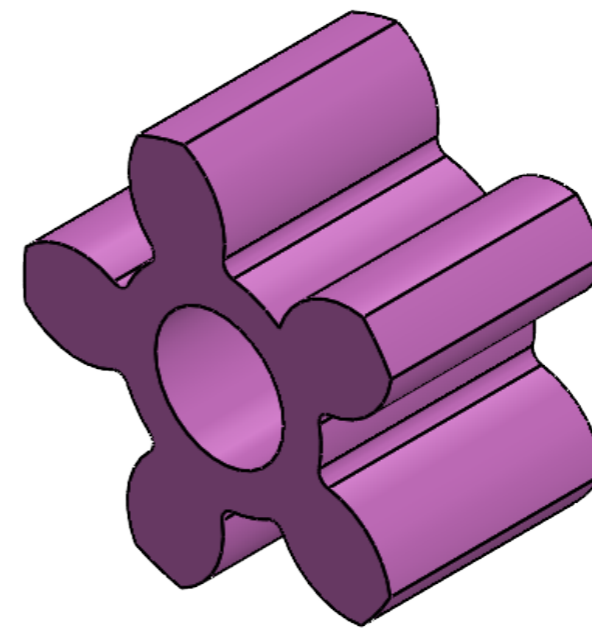
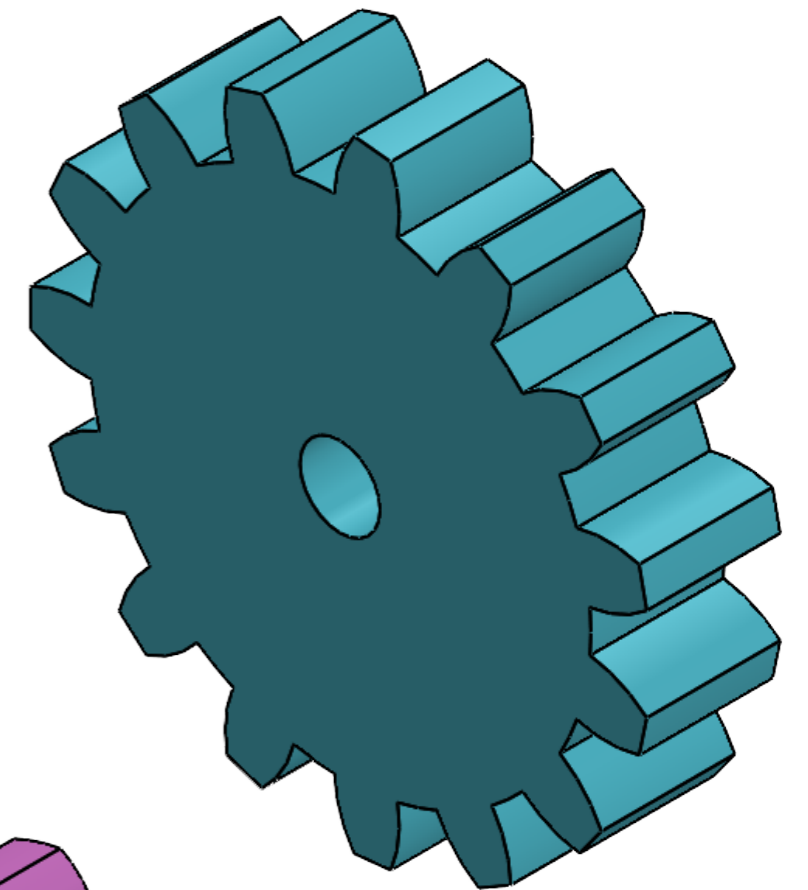
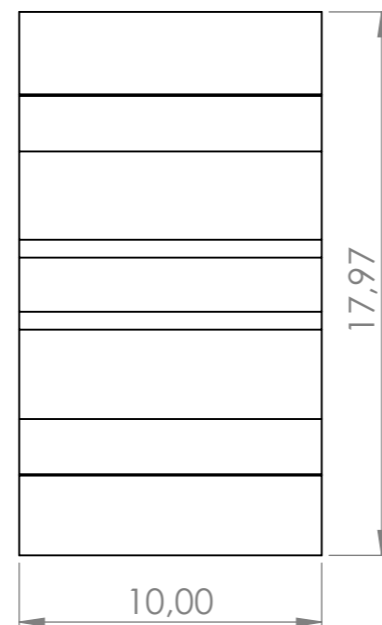
F
E
D
C
B
A



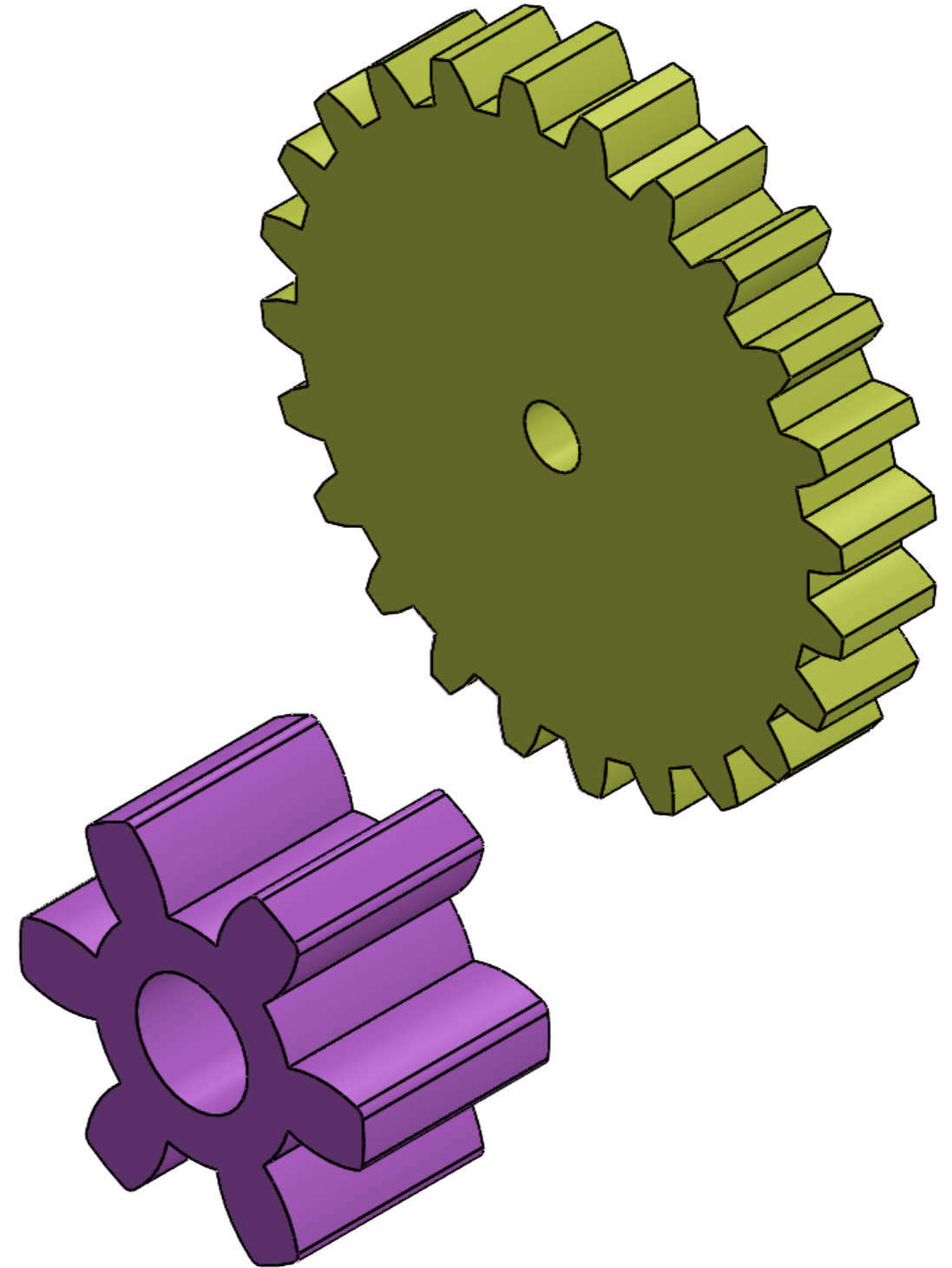
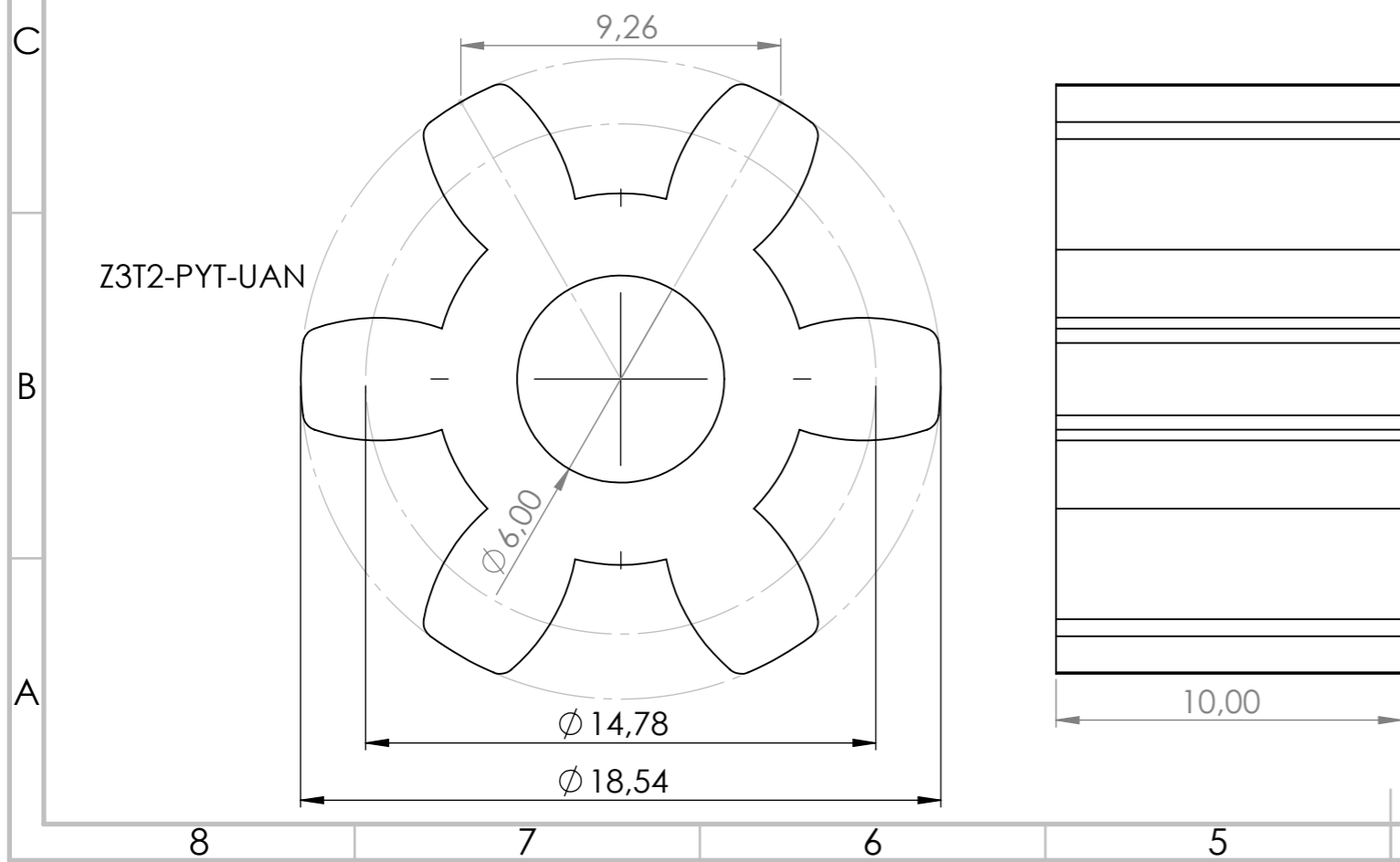
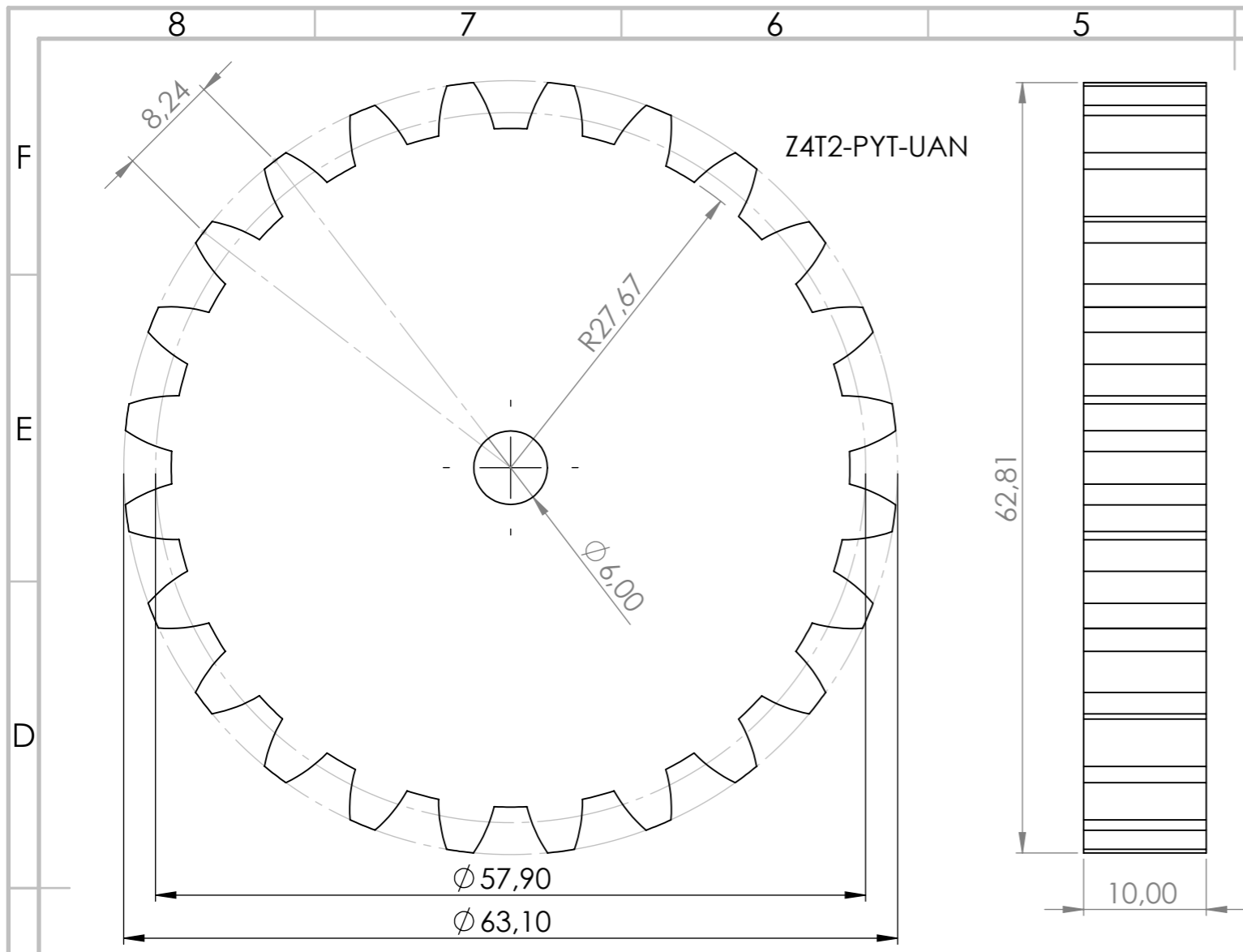
Z2T1-PYT-UAN




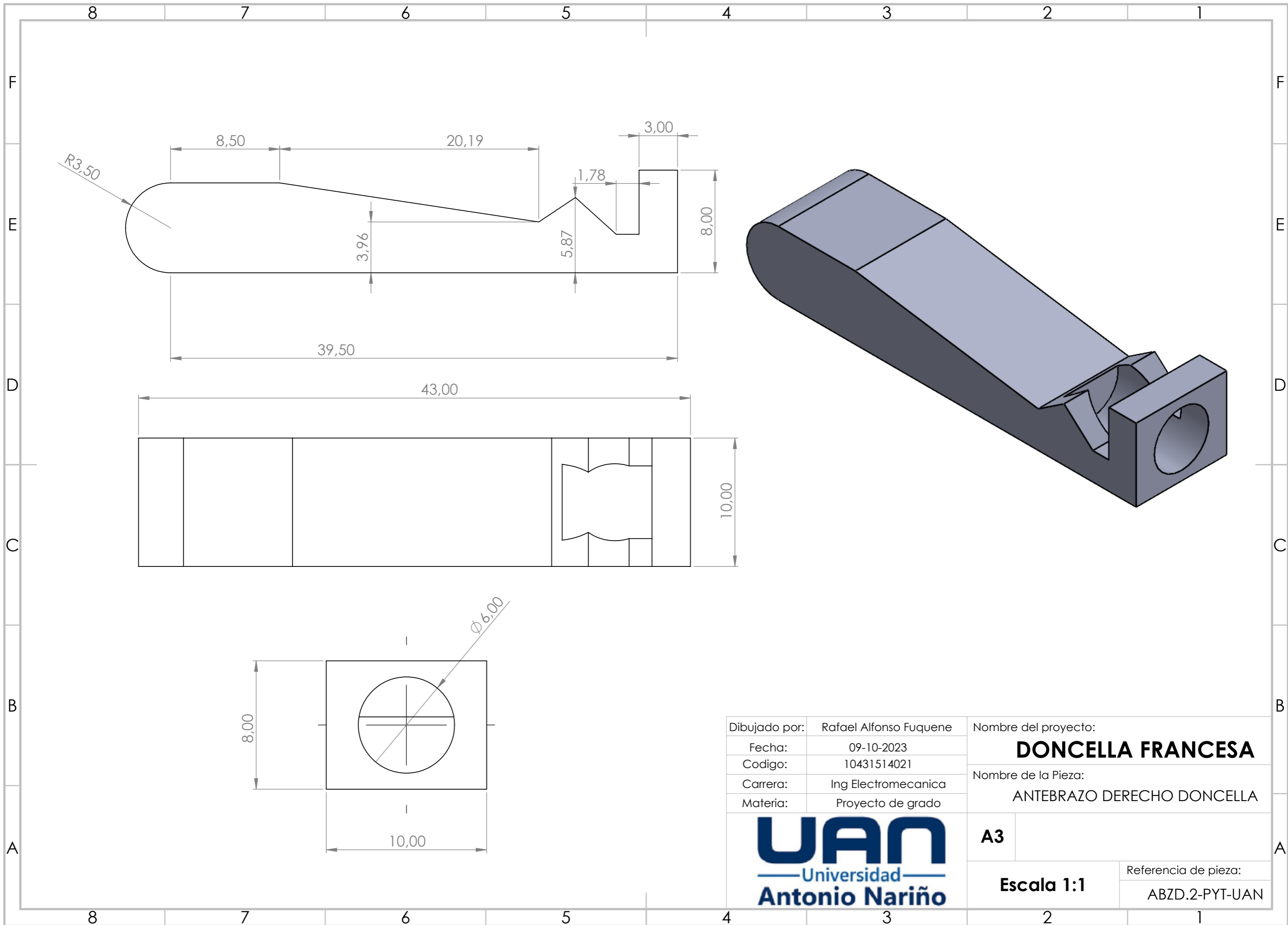
Z2T1-PYT-UAN




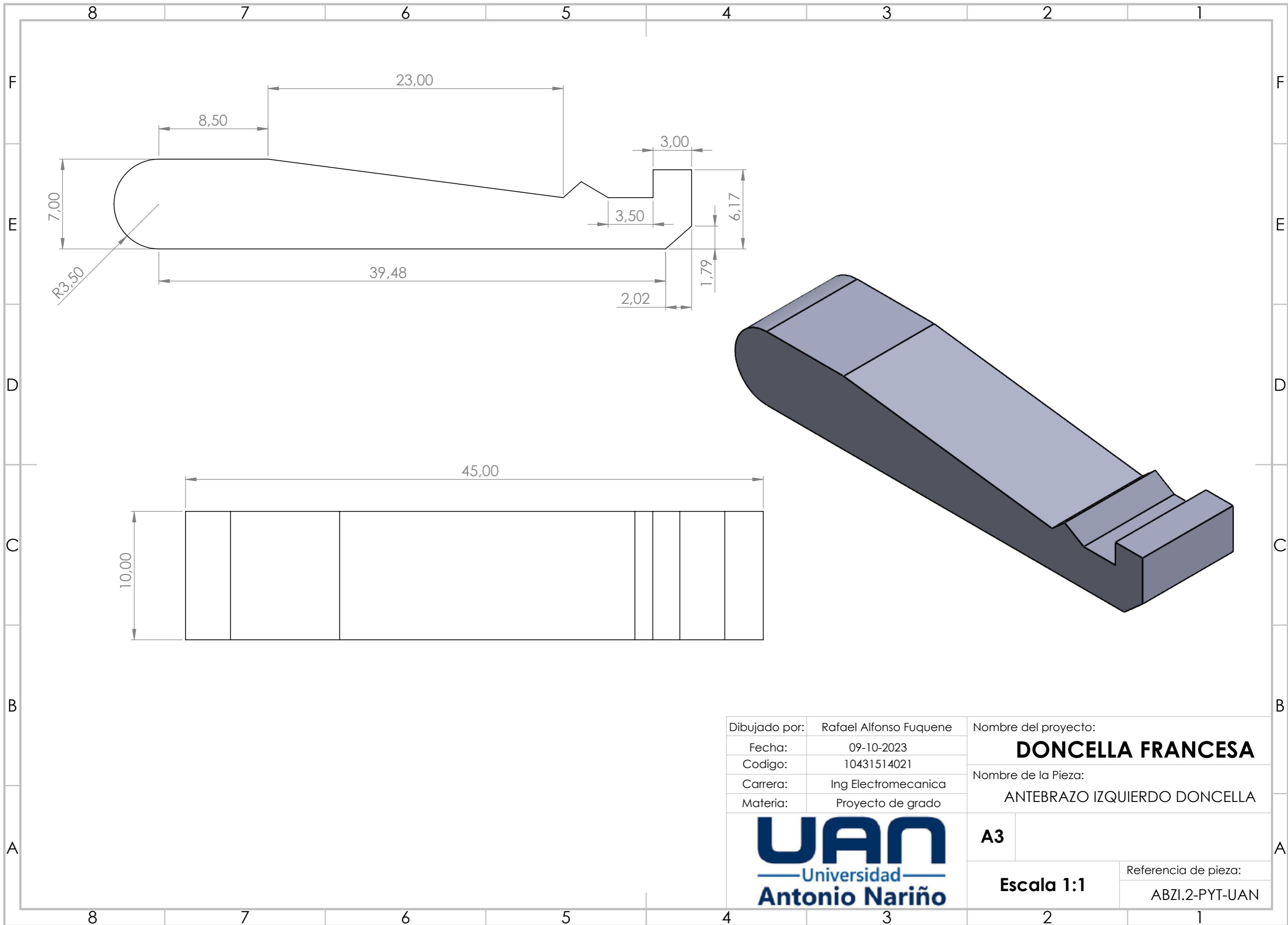
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	ENGRANAJES PRIMERTEN DE REDUCCION	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza: TR1-PYT-UAN	



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	ENGRANAJES SEGUNDO TREN REDUCCION	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza: TR2-PYT-UAN	



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	ANTEBRAZO DERECHO DONCELLA	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza: ABZD.2-PYT-UAN	

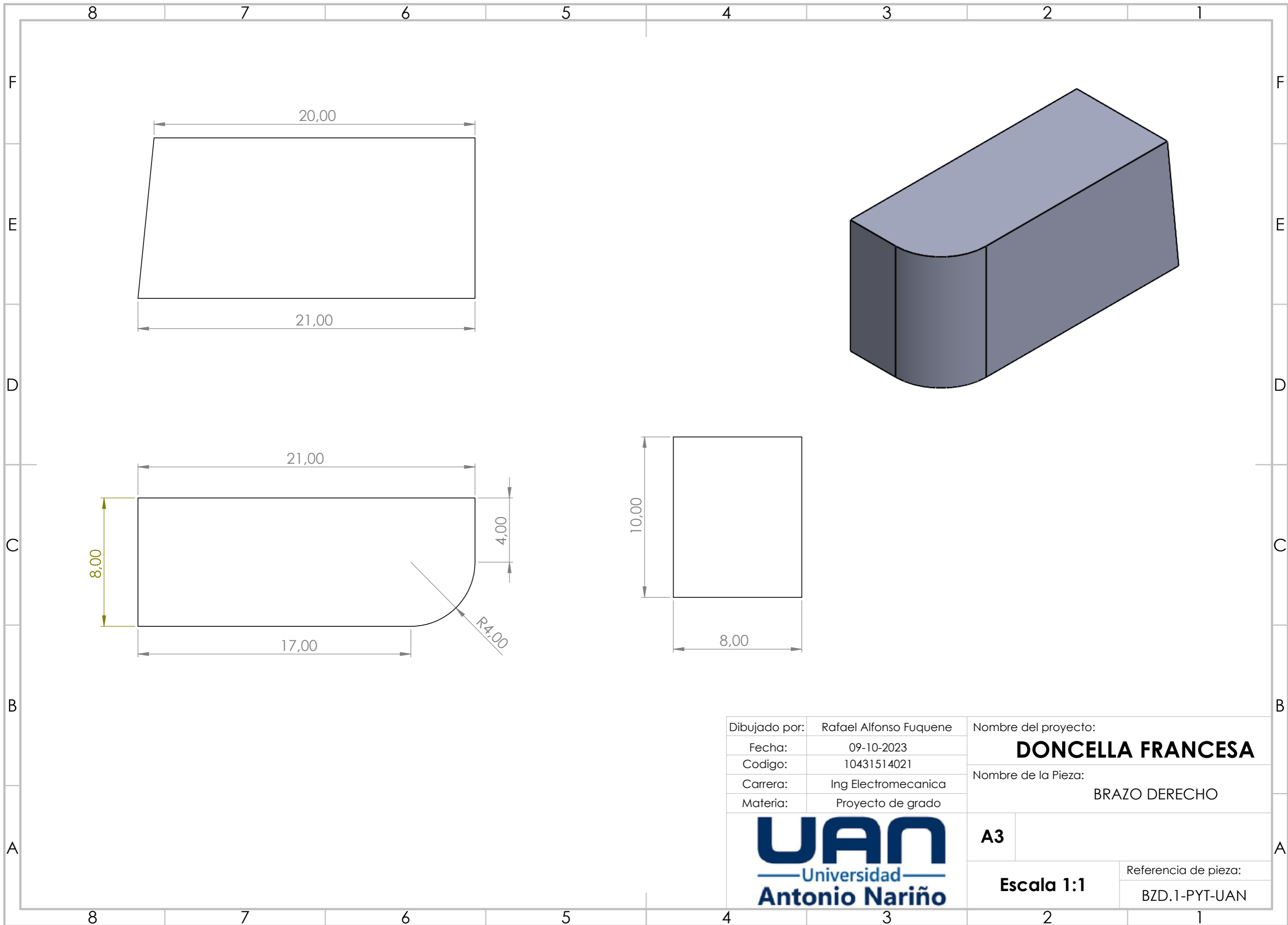


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

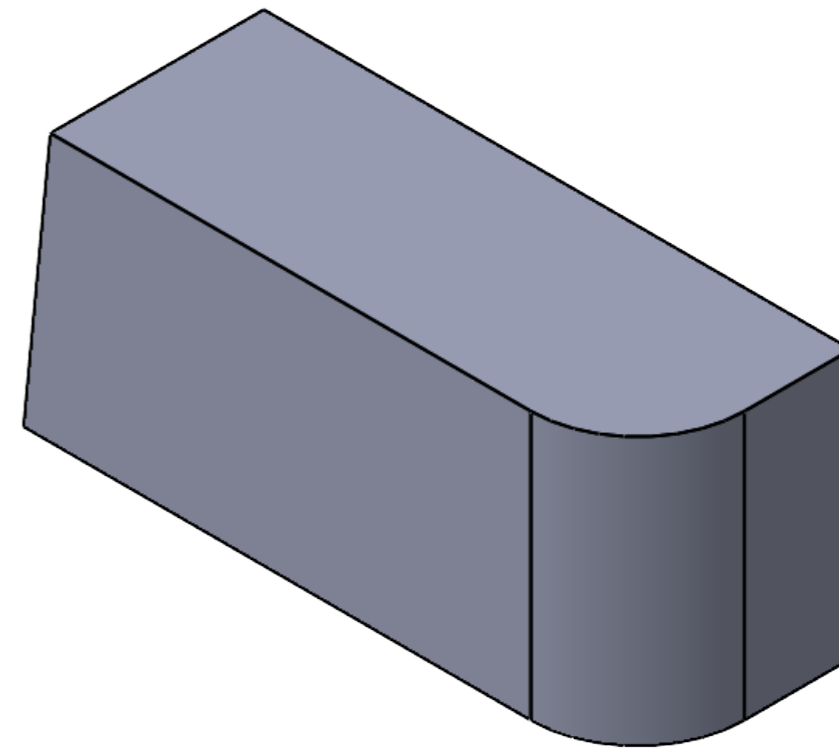
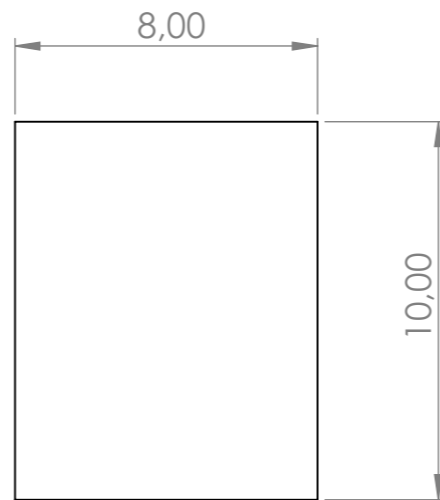
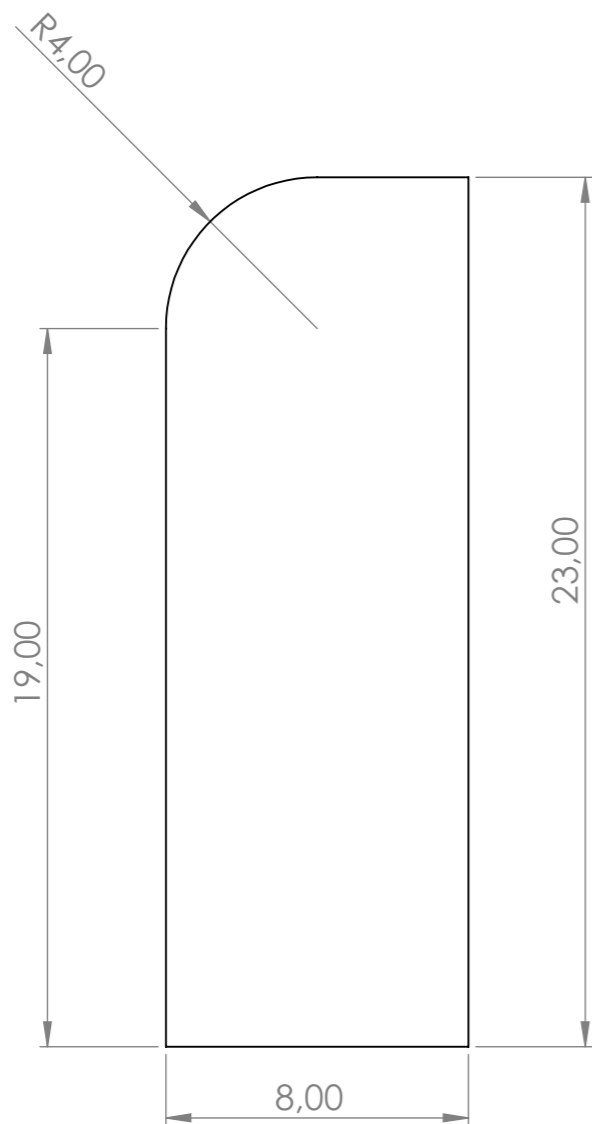
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	ANTEBRAZO IZQUIERDO DONCELLA



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	ABZI.2-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	BRAZO DERECHO	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	BZD.1-PYT-UAN

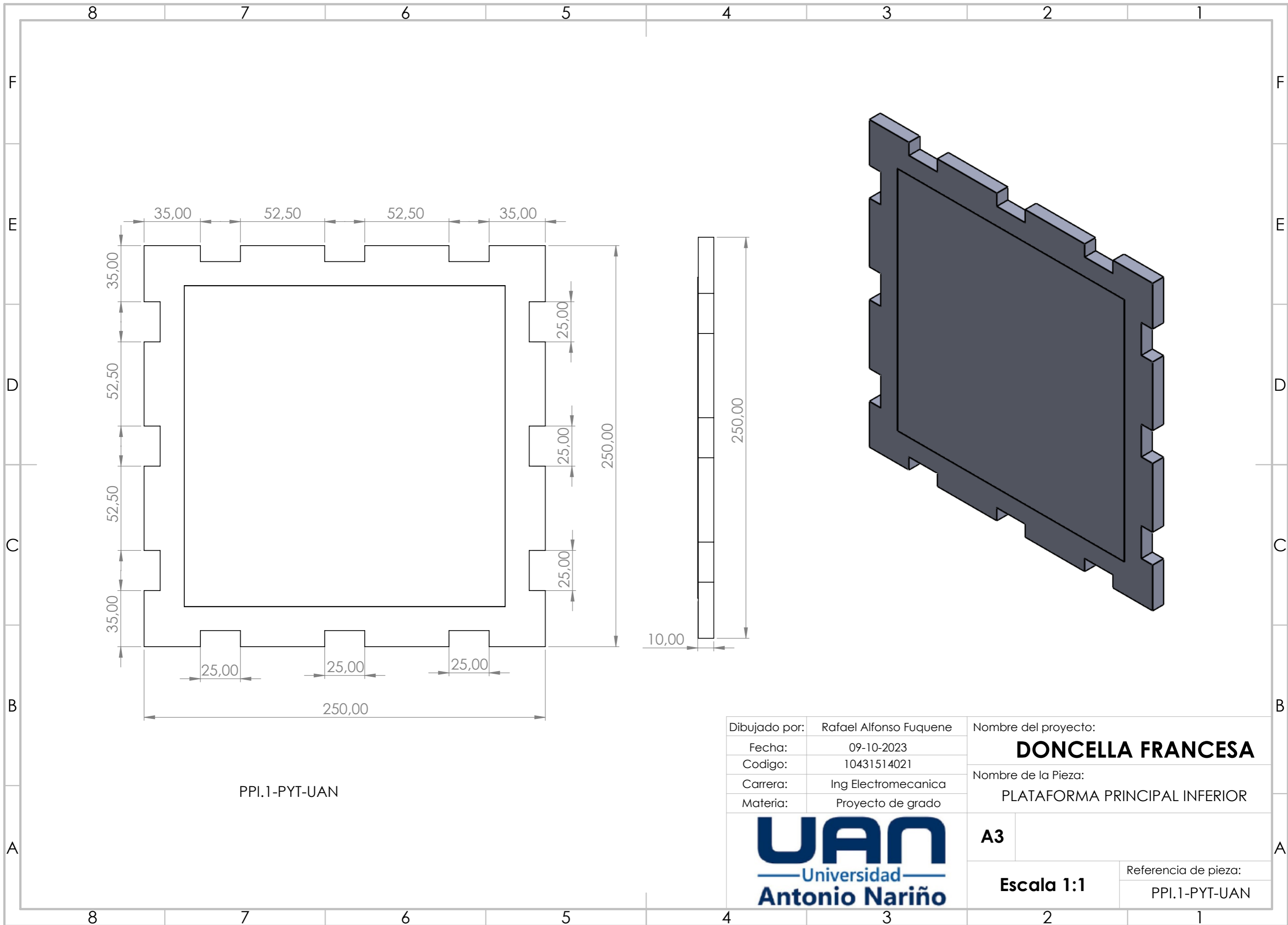


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado


Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	

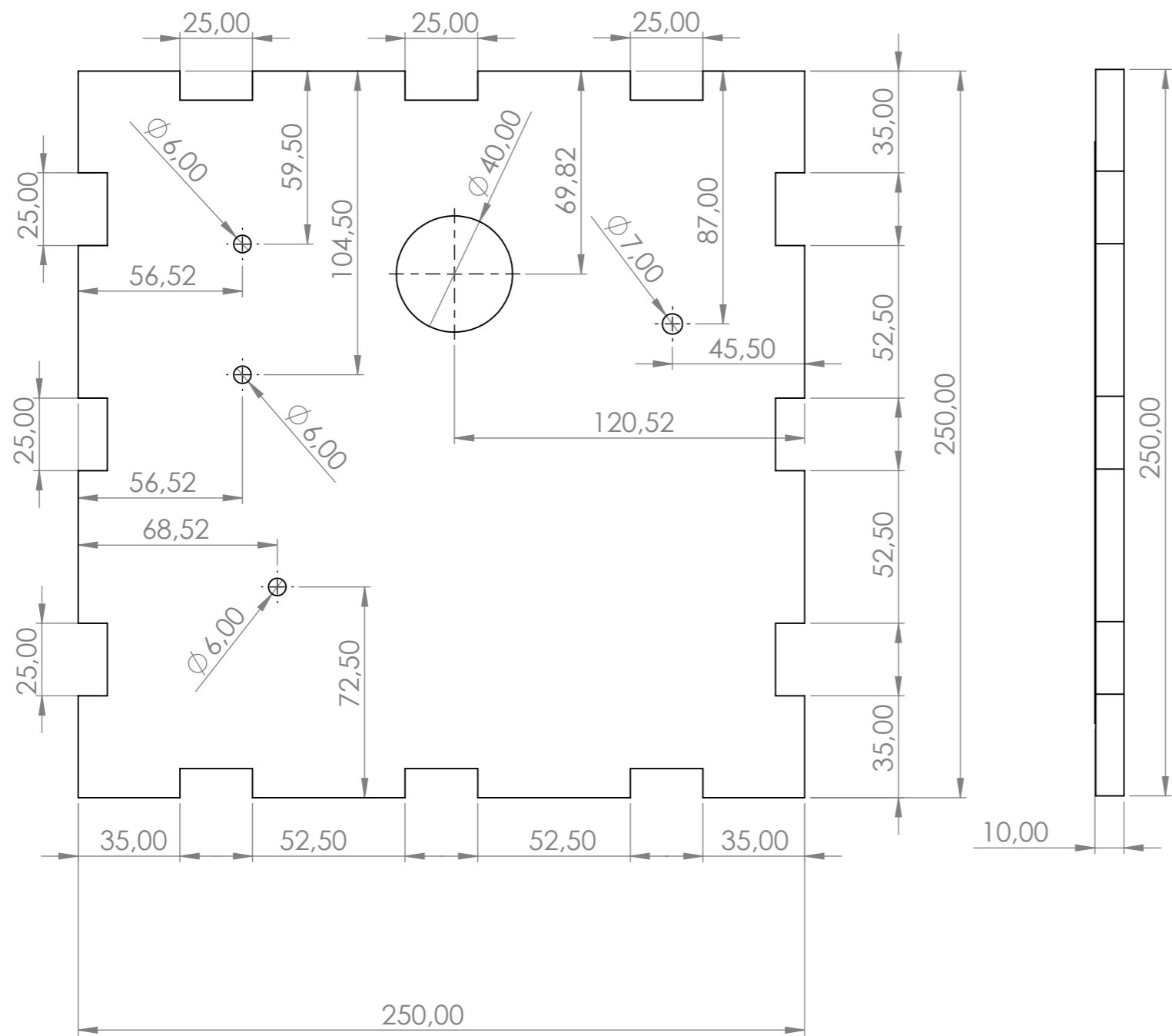


A3	Referencia de pieza: BRZI.1-PYT-UAN
Escala 1:1	

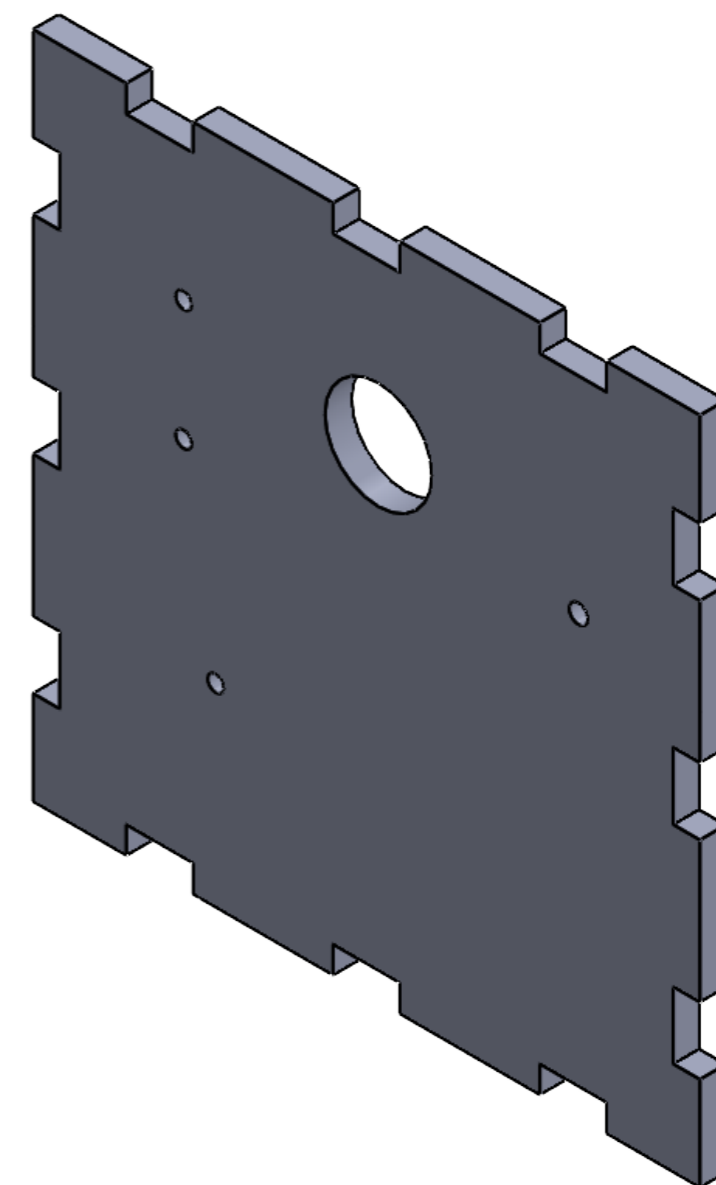


PPI.1-PYT-UAN

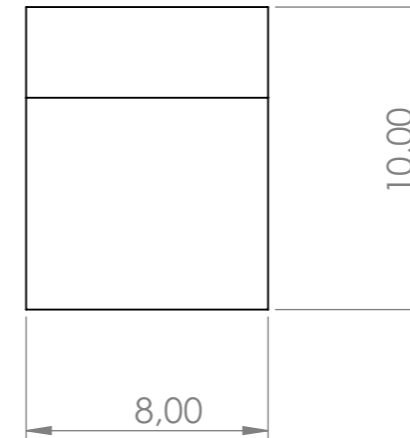
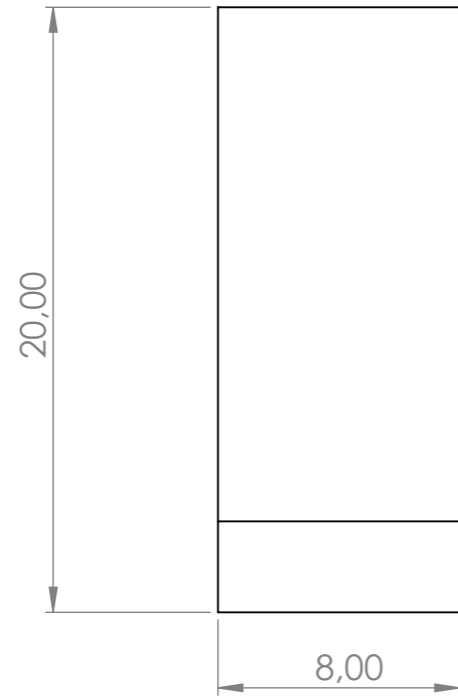
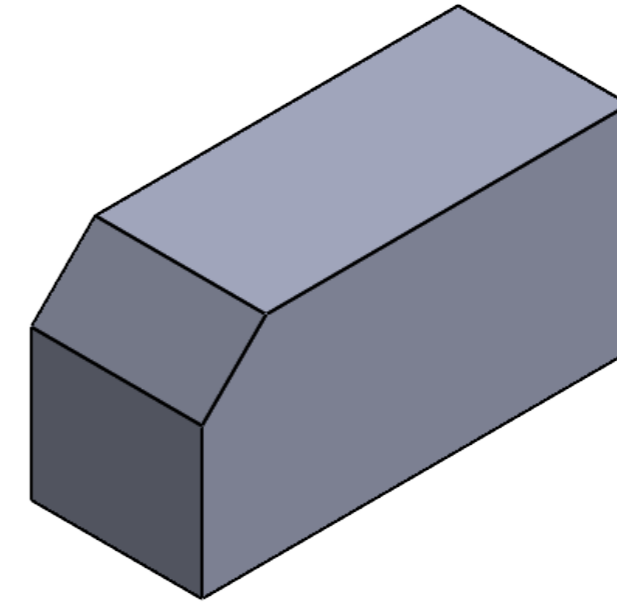
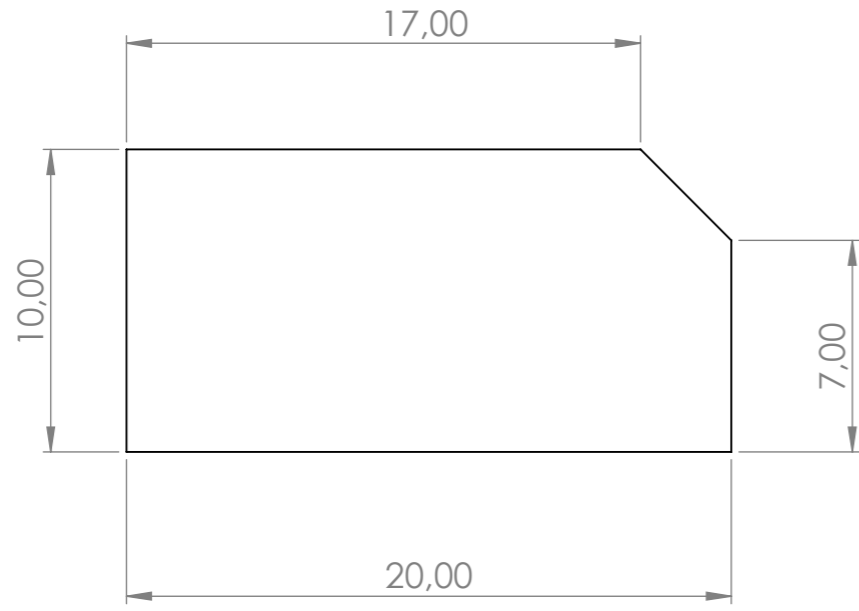
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	PLATAFORMA PRINCIPAL INFERIOR	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	PPI.1-PYT-UAN



PPS.1-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:		
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	PPS.1-PYT-UAN

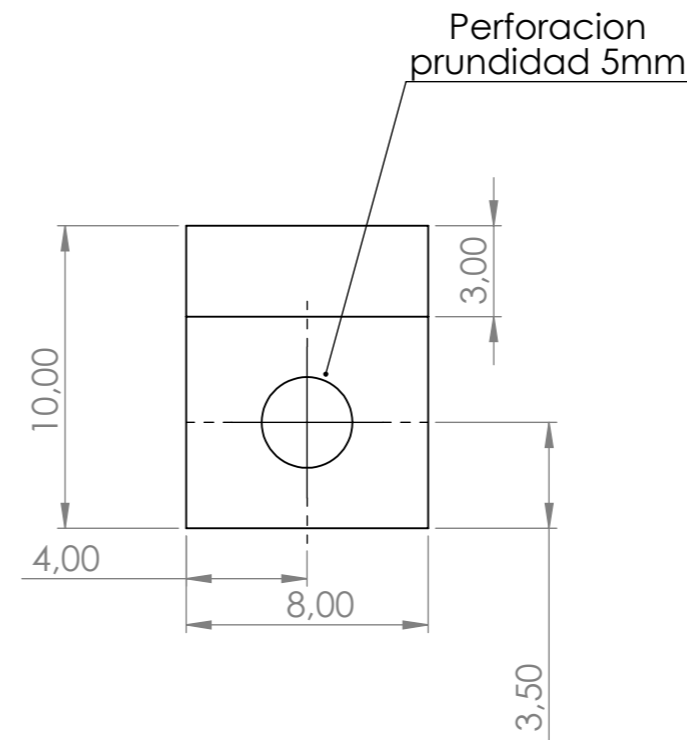
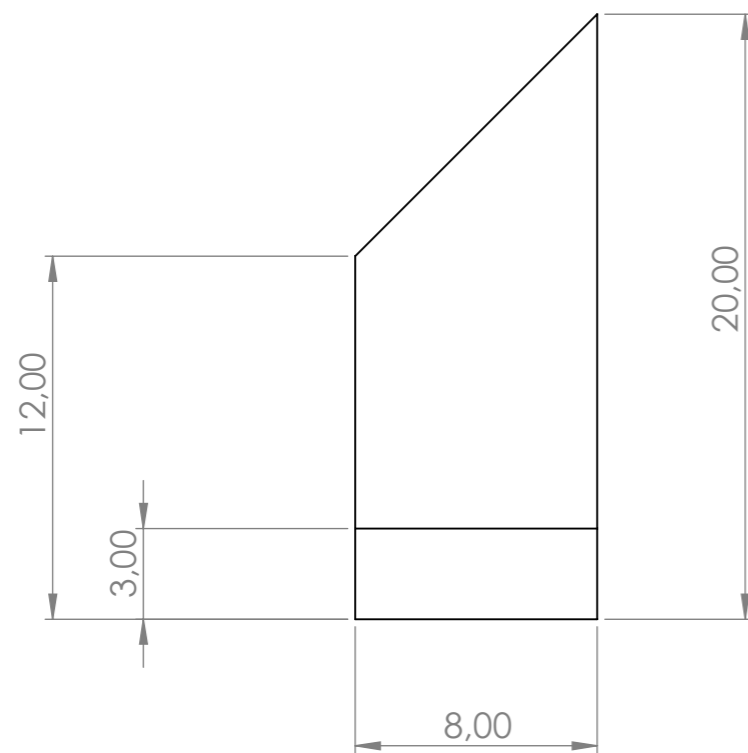
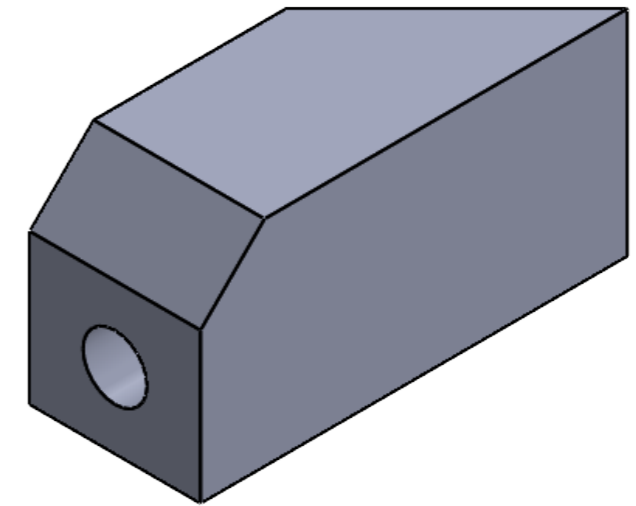
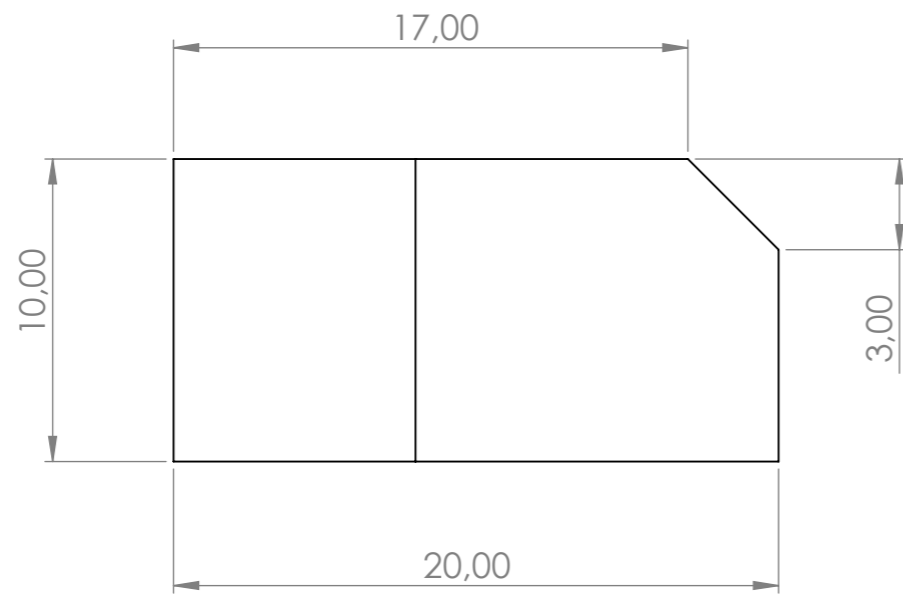


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

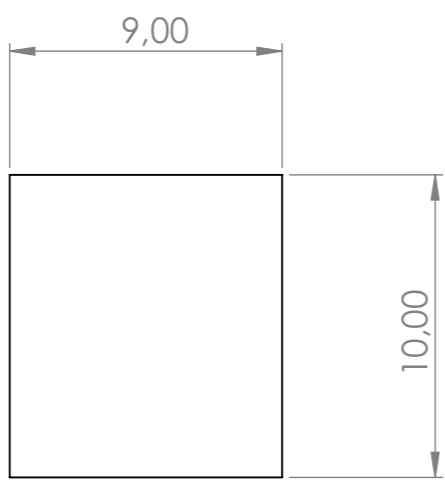
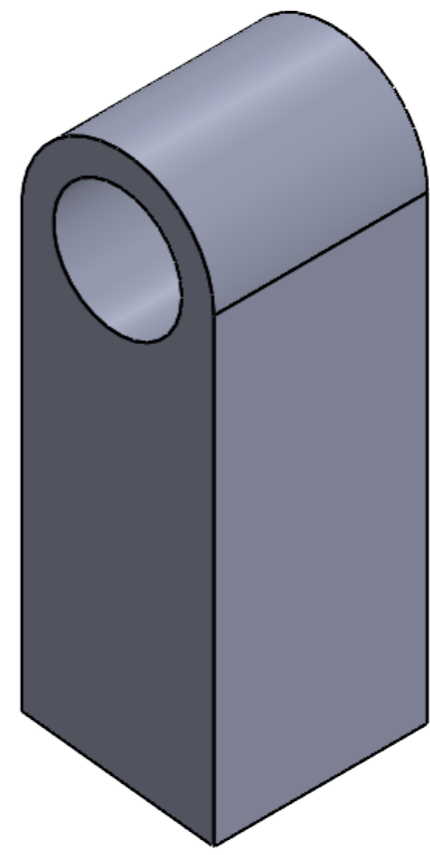
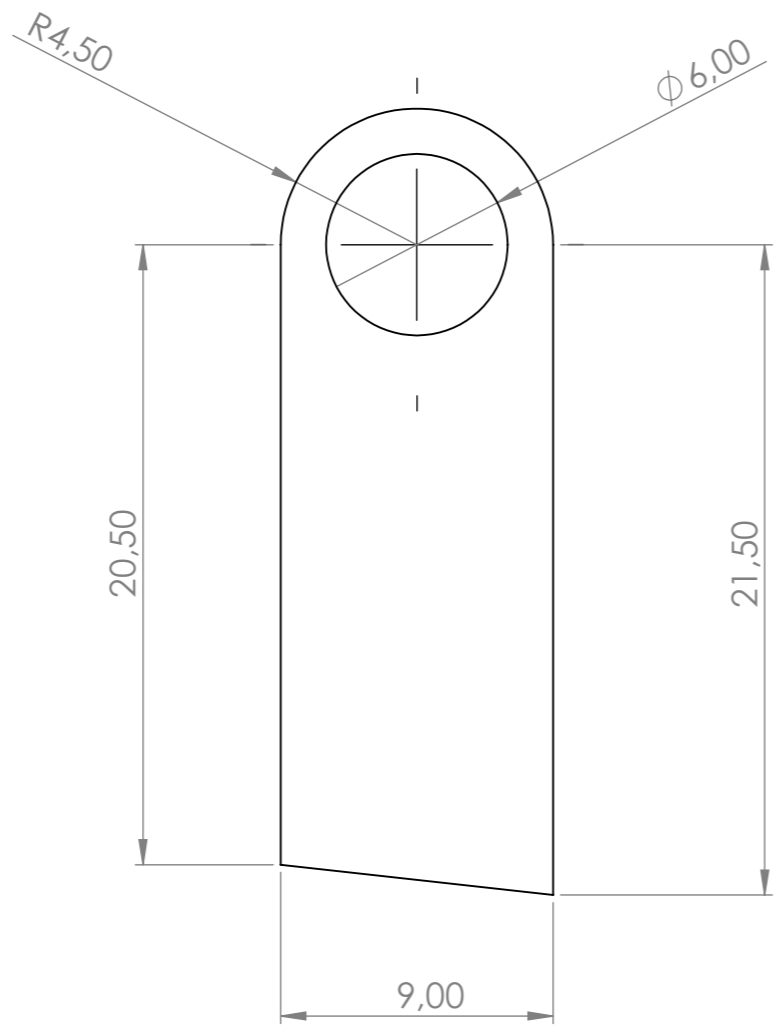
Nombre del proyecto:	
DONCELLA FRANCESA	
Nombre de la Pieza:	
A3	ANTEBRAZO DERECHO SEÑOR



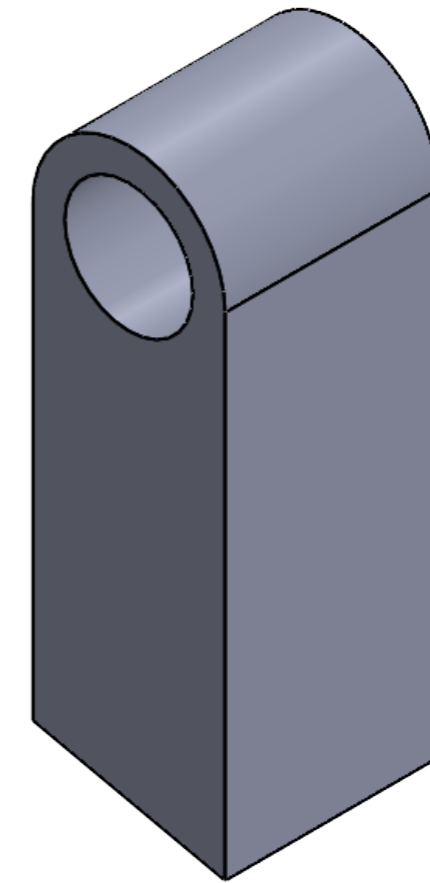
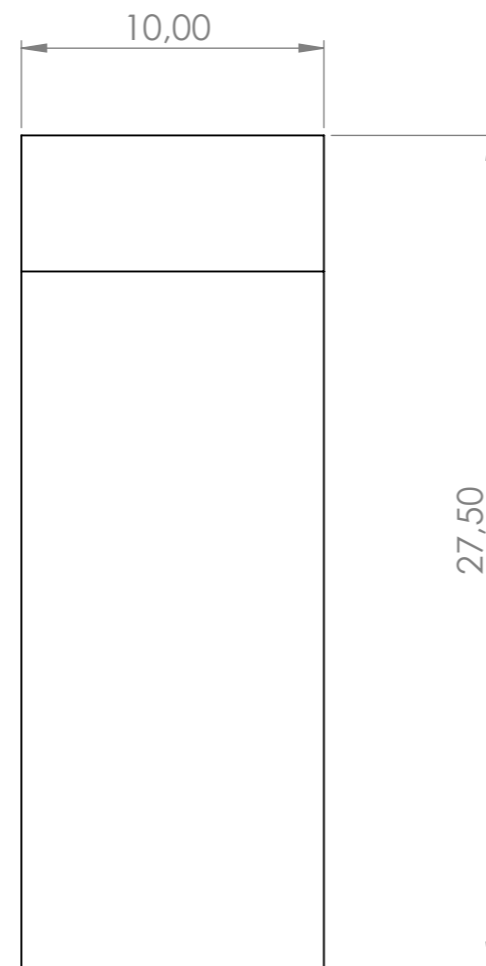
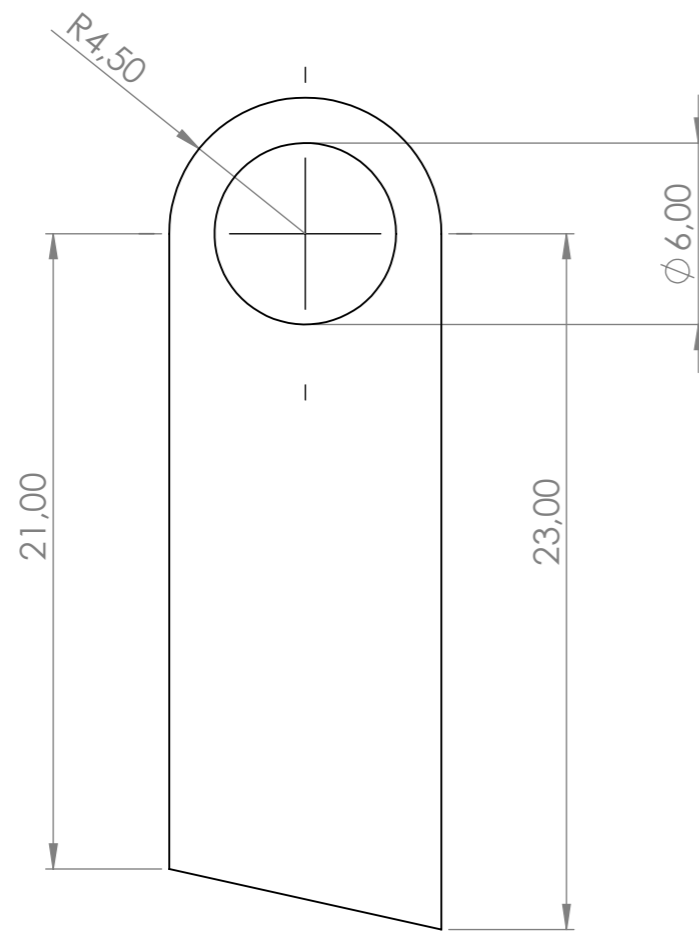
Escala 1:1		Referencia de pieza:
		ABZD.1-PYT-UAN



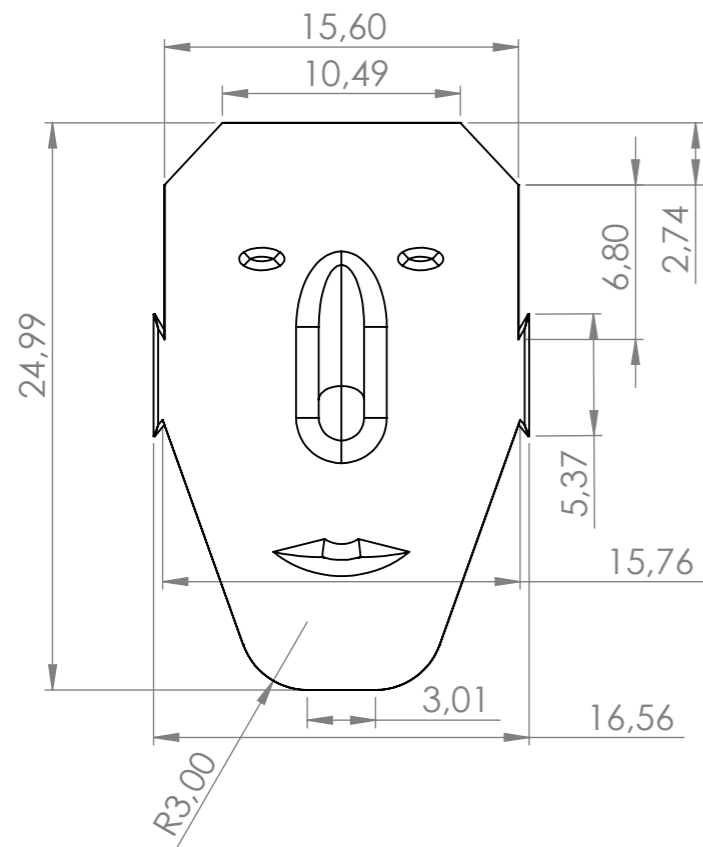
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	ANTEBRAZO IZQUIERDO SEÑOR	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	ABRZI.1-PYT-UAN



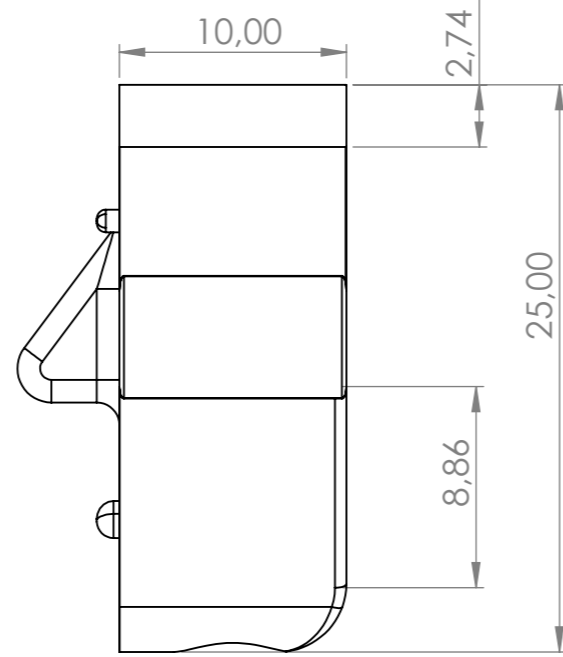
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	BRAZO DERECHO DONCELLA	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	BZD.2-PYT-UAN



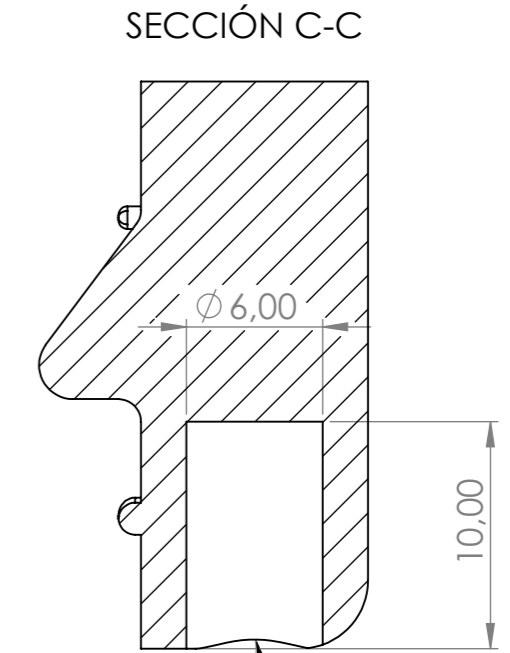
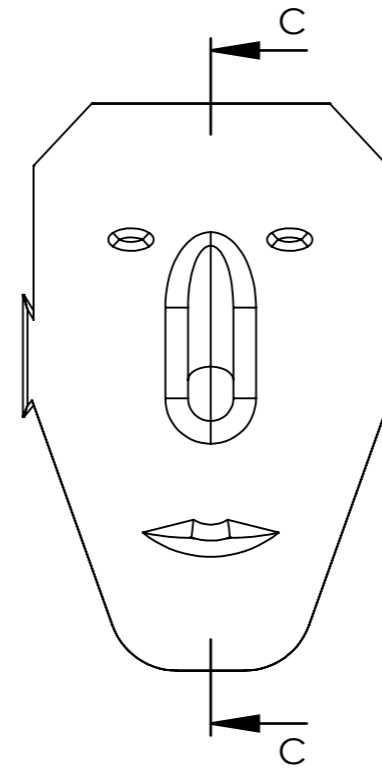
Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	BRAZO IZQUIERDO DONCELLA	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza: BZI.2-PYT-UAN	



CABEZA DONCELLA

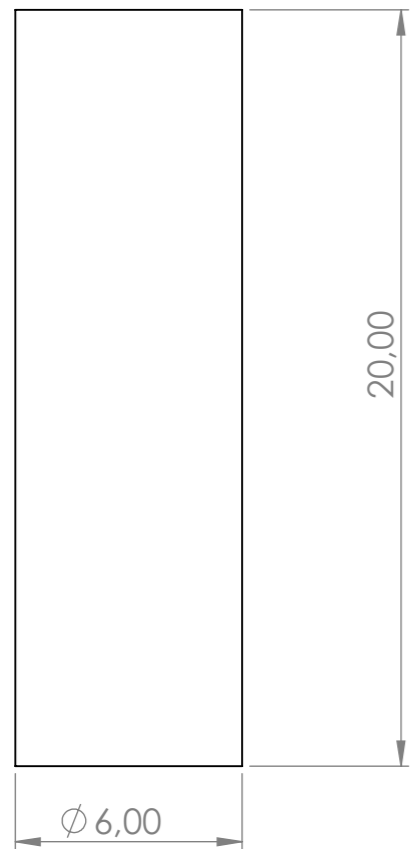


REFERENCIA: CBZ.2



INSERTAR EJE Y APLICAR PEGAMENTO

ENSAMBLE



EJE CABEZA DONCELLA

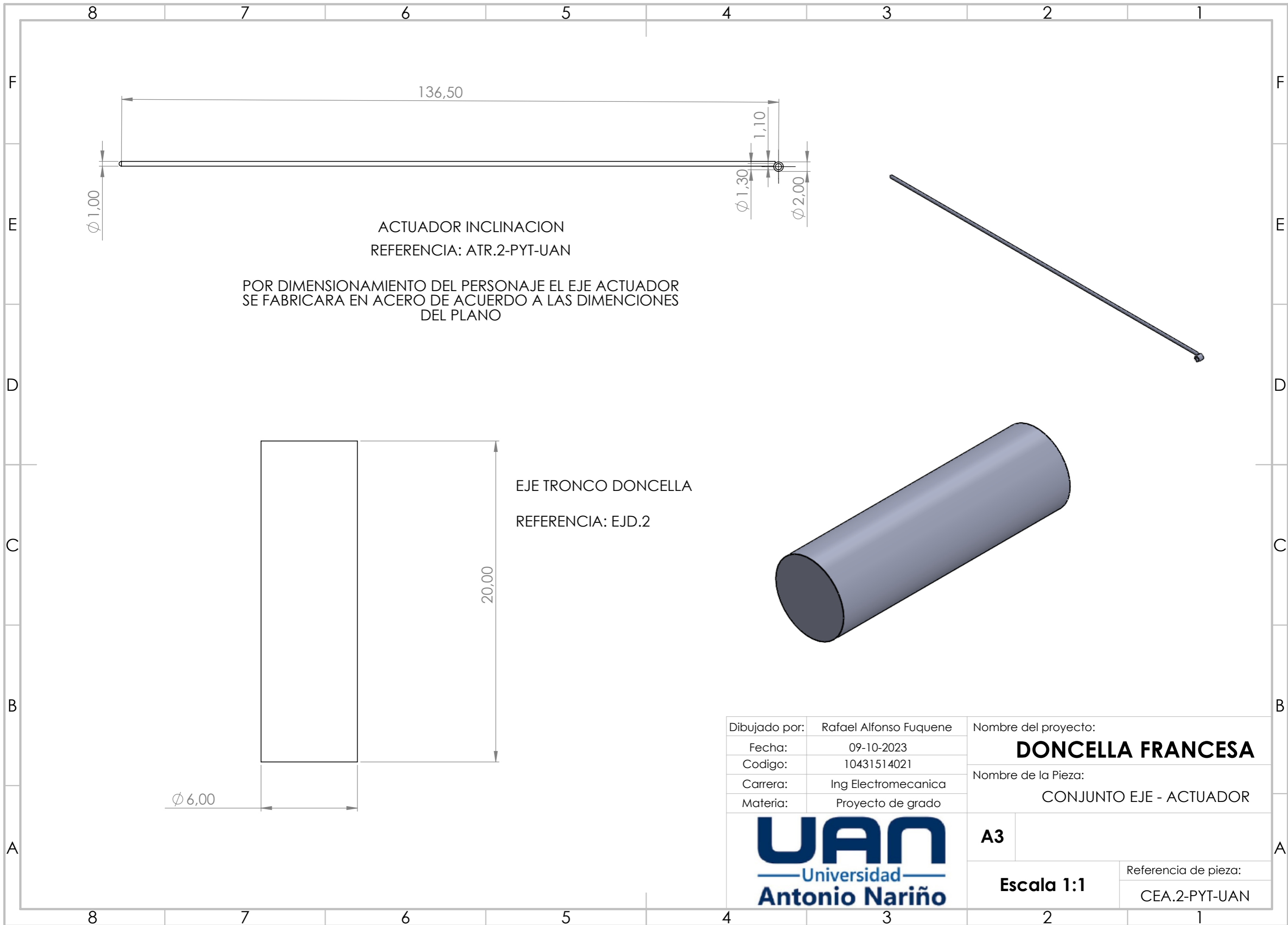
REFERENCIA : EJD.2

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	ENSAMBLE CABEZA DONCELLA



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	ENS-DCA-CE2



ACTUADOR INCLINACION
 REFERENCIA: ATR.2-PYT-UAN

POR DIMENSIONAMIENTO DEL PERSONAJE EL EJE ACTUADOR
 SE FABRICARA EN ACERO DE ACUERDO A LAS DIMENSIONES
 DEL PLANO

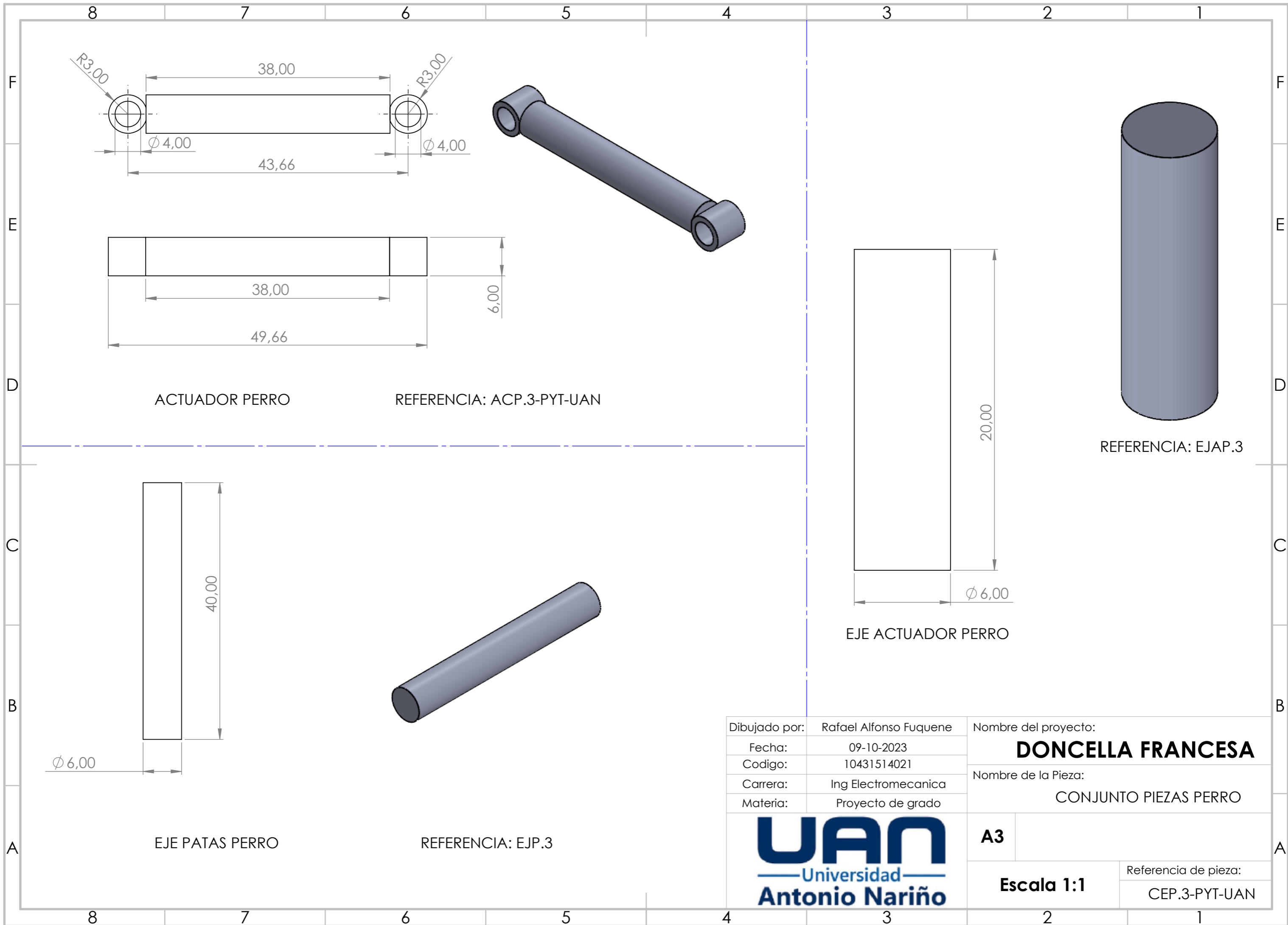
EJE TRONCO DONCELLA
 REFERENCIA: EJD.2

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	CEA.2-PYT-UAN

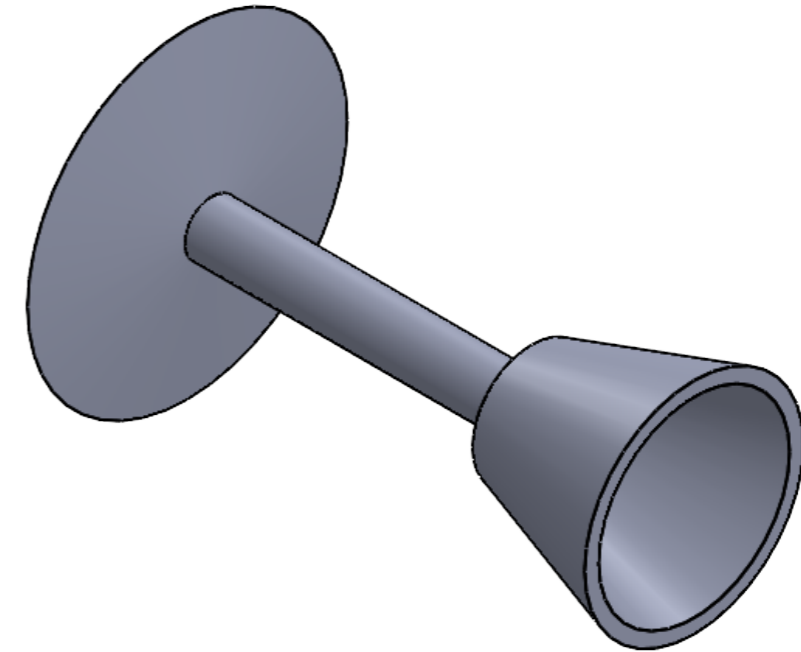
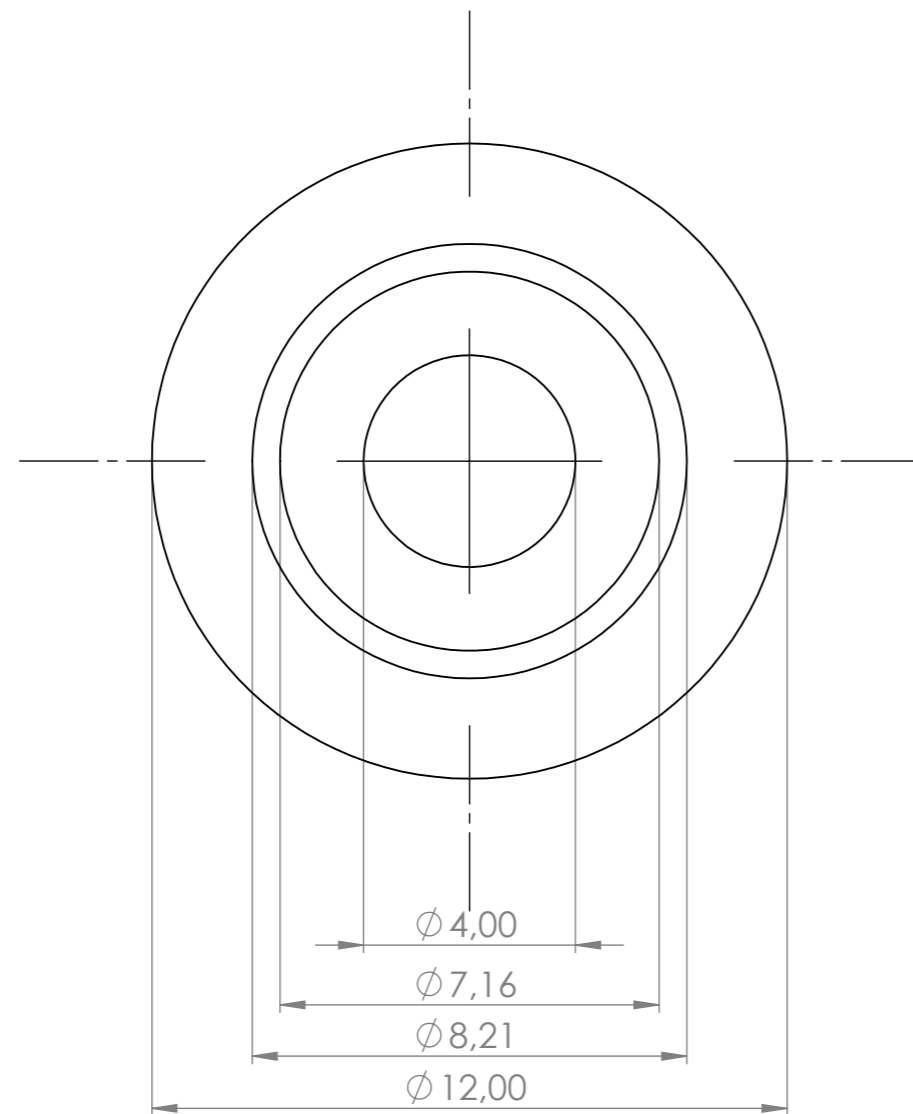
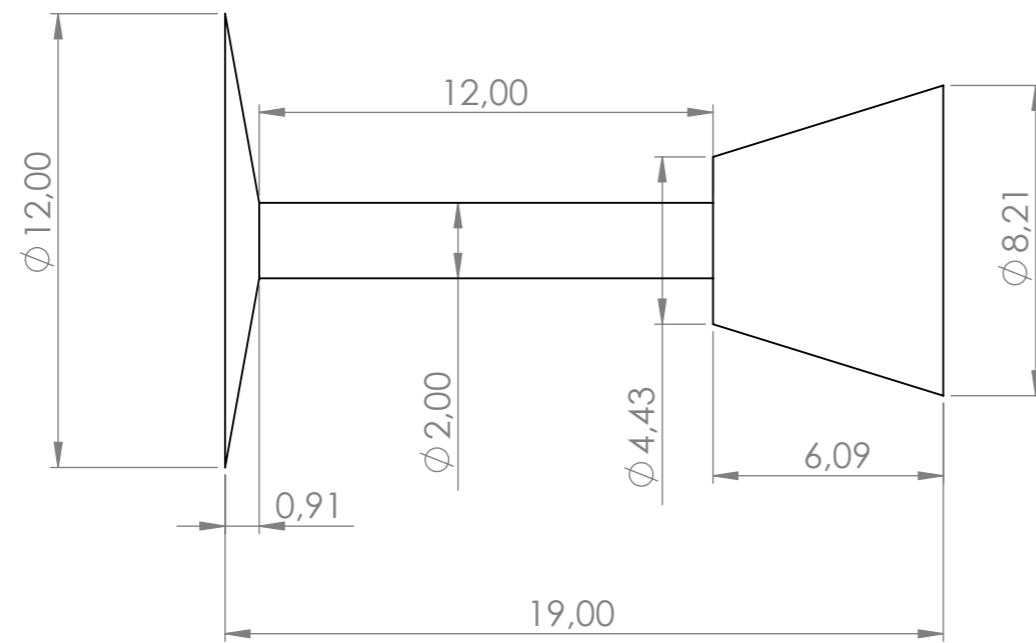


Dibujado por: Rafael Alfonso Fuquene
 Fecha: 09-10-2023
 Codigo: 10431514021
 Carrera: Ing Electromecanica
 Materia: Proyecto de grado

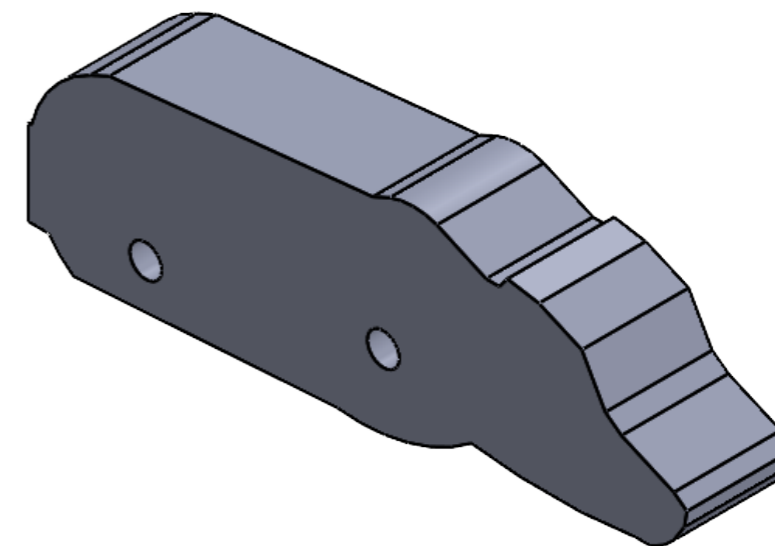
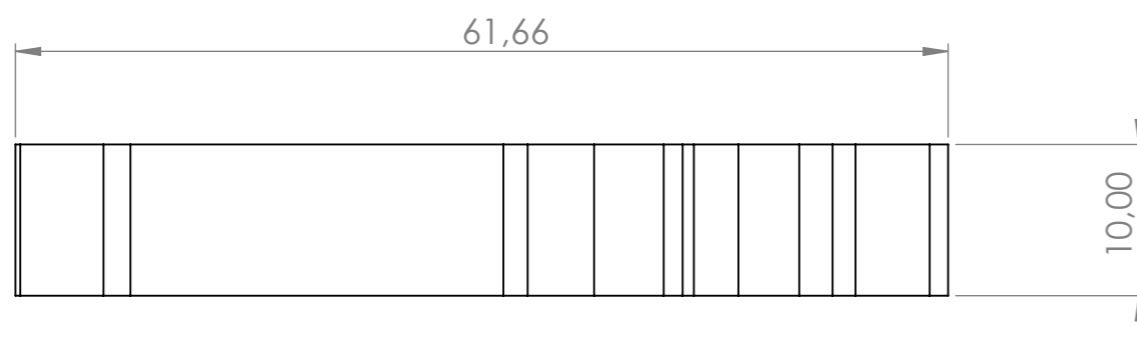
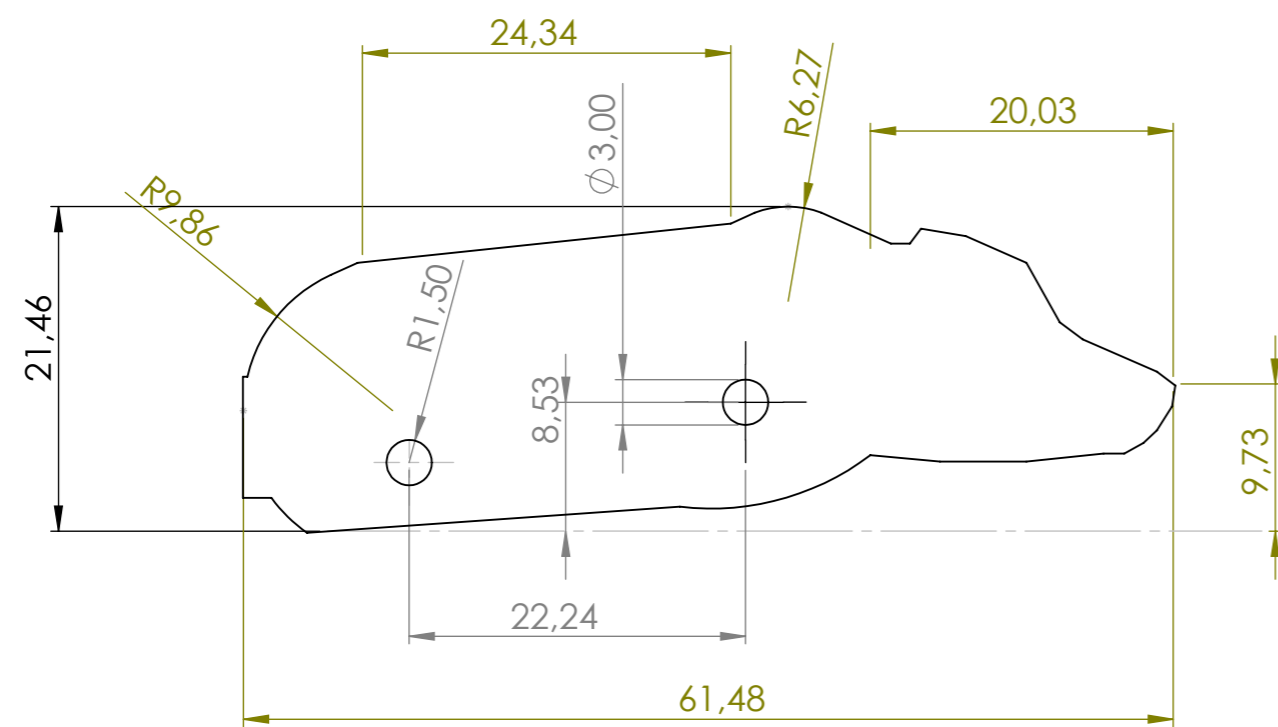
Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA
 Nombre de la Pieza:
 CONJUNTO PIEZAS PERRO



A3
 Escala 1:1
 Referencia de pieza:
 CEP.3-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:	COPA SEÑOR	
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			
		A3		
		Escala 1:1	Referencia de pieza:	CP.1-PYT-UAN



Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

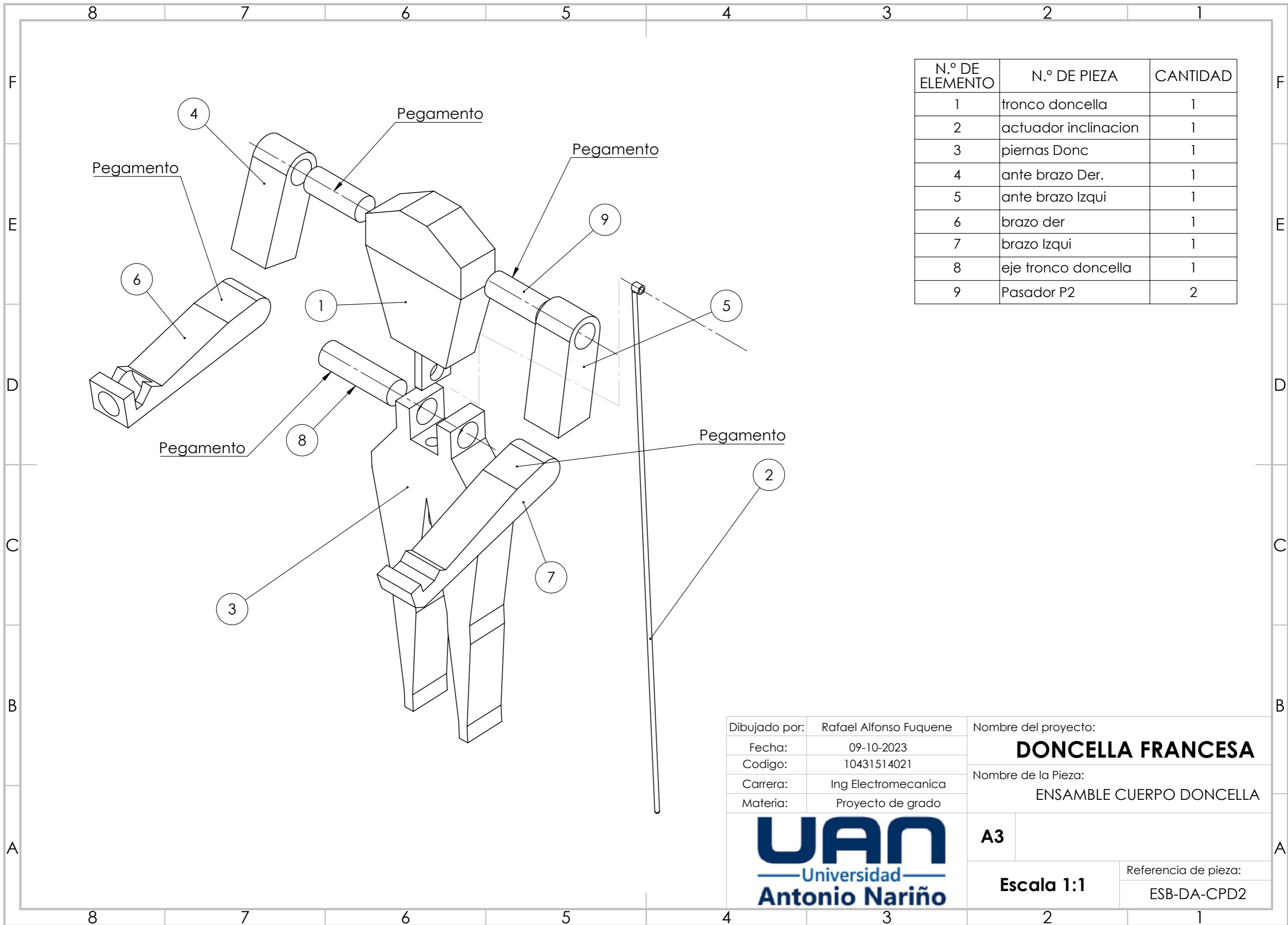
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	CUERPO PERRO



A3

Escala 1:1

Referencia de pieza:
CPP.3-PYT-UAN



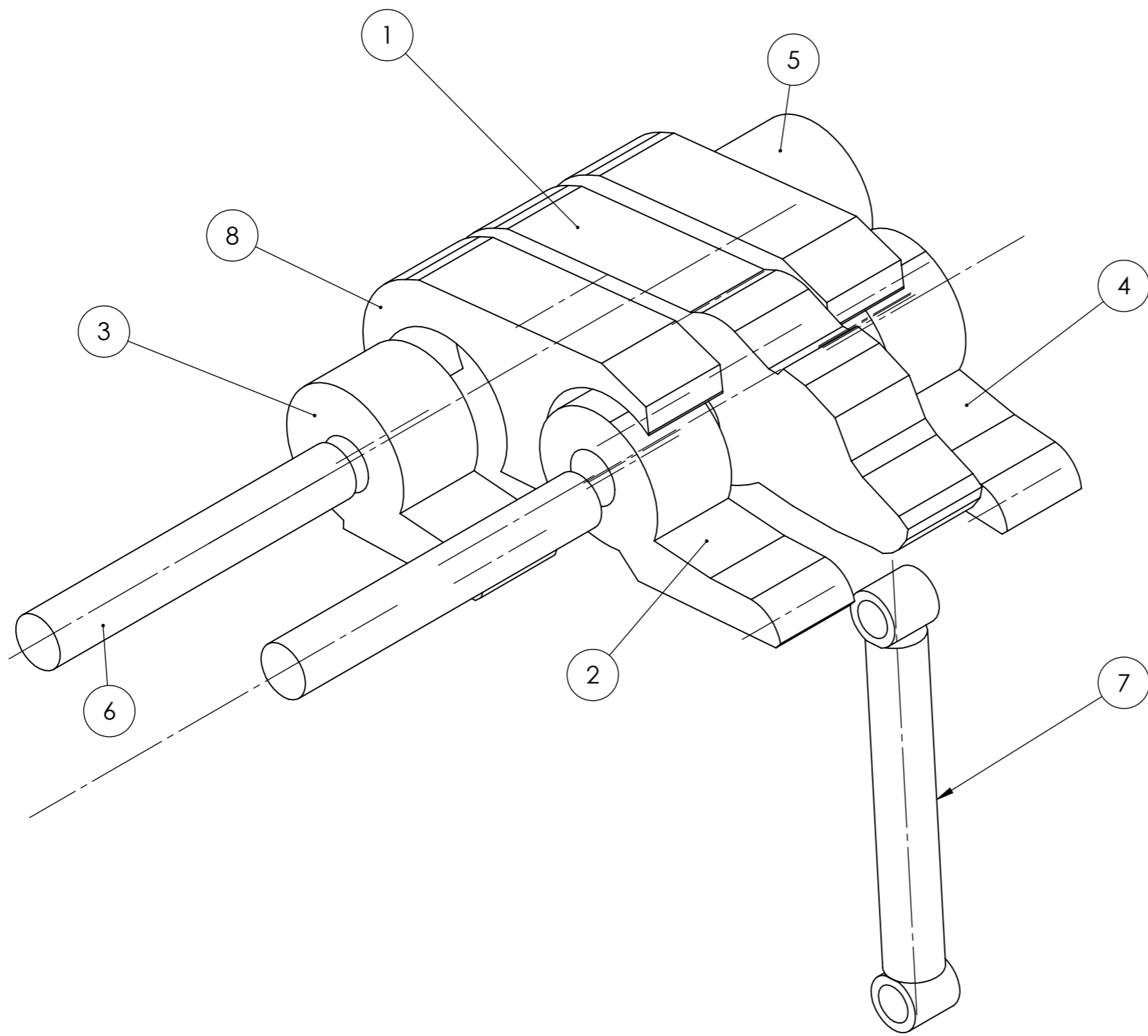
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	tronco doncella	1
2	actuador inclinacion	1
3	piernas Donc	1
4	ante brazo Der.	1
5	ante brazo Izqui	1
6	brazo der	1
7	brazo Izqui	1
8	eje tronco doncella	1
9	Pasador P2	2

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

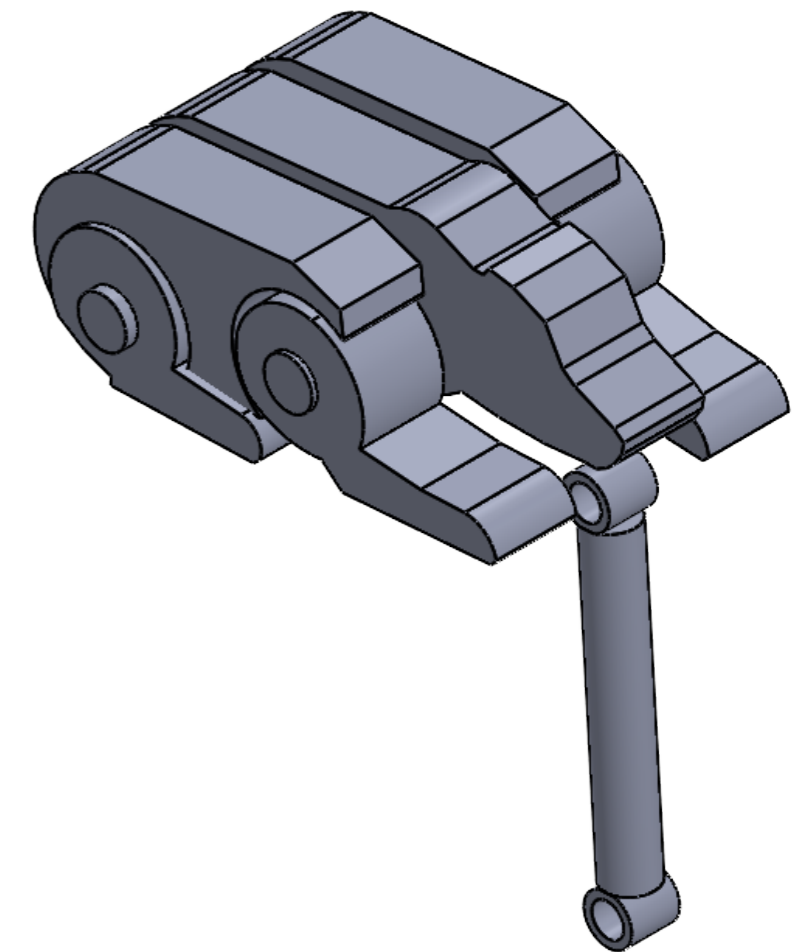
Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	ESB-DA-CPD2



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	cuerpo perro	1
2	pata delantera derech	1
3	pata trasera derech	1
4	pata delantera lzqu	1
5	pata trasera lzqui	1
6	Eje patas	2
7	Actuador perro	1
8	laterales perro	2

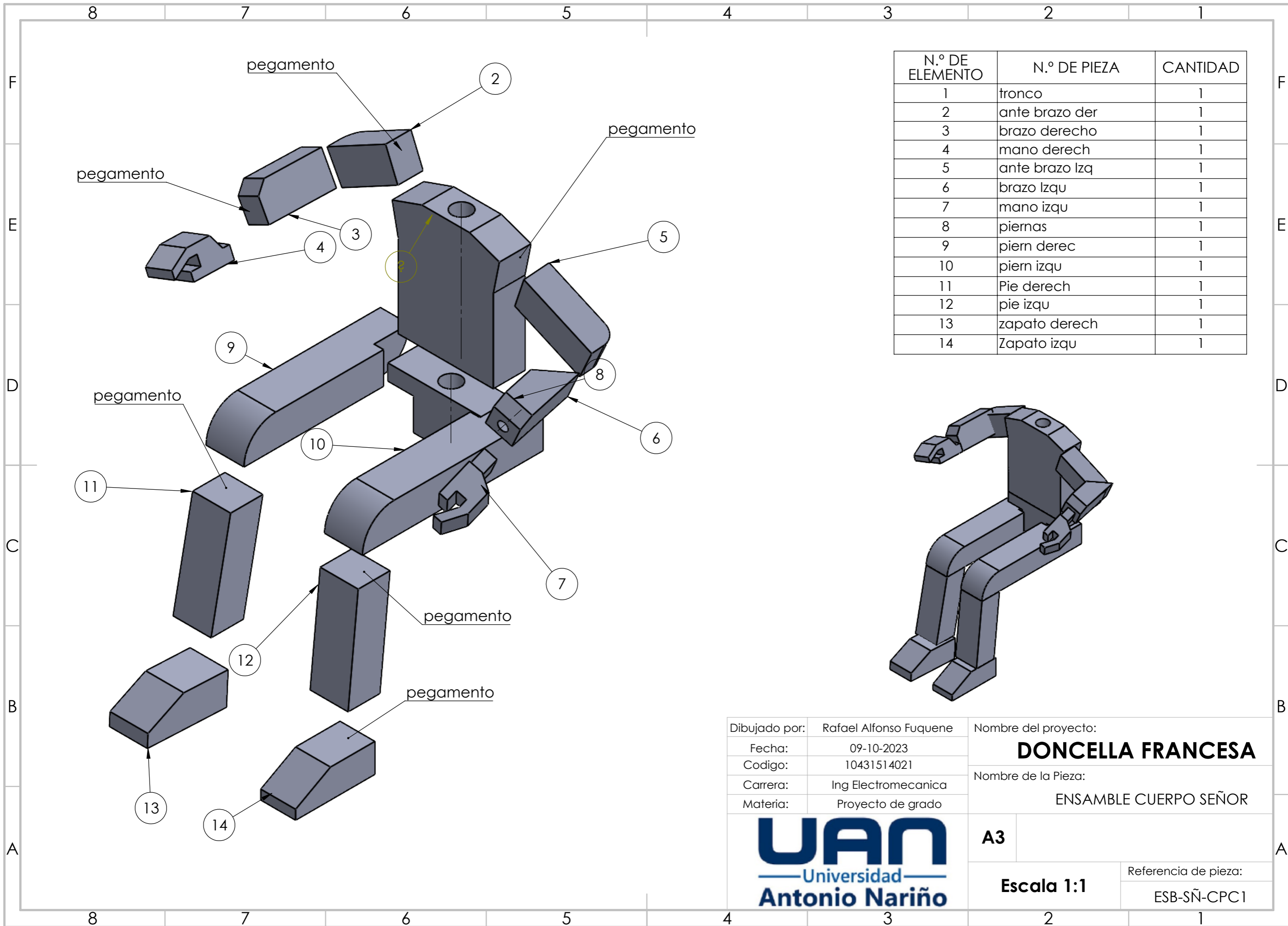


Dibujado por: Rafael Alfonso Fuquene
 Fecha: 09-10-2023
 Codigo: 10431514021
 Carrera: Ing Electromecanica
 Materia: Proyecto de grado

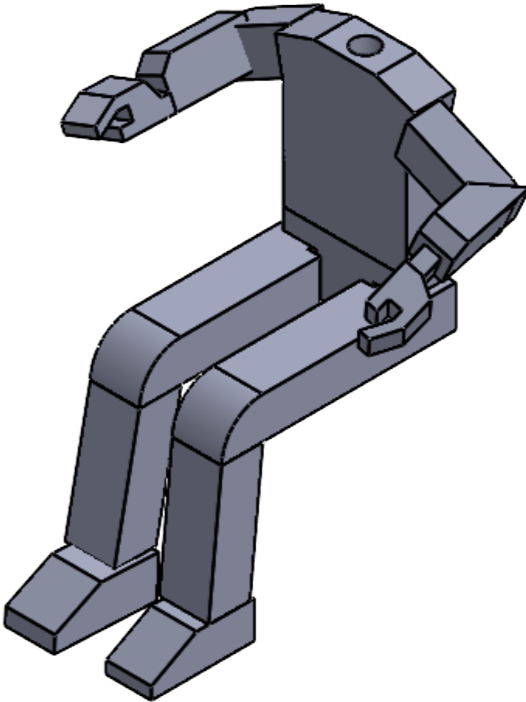
Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA
 Nombre de la Pieza:
 ENSAMBLE PERRO



A3
 Escala 1:1
 Referencia de pieza:
 ESB-PR-CPP3



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	tronco	1
2	ante brazo der	1
3	brazo derecho	1
4	mano derech	1
5	ante brazo lza	1
6	brazo lzqu	1
7	mano lzqu	1
8	piernas	1
9	piern derec	1
10	piern lzqu	1
11	Pie derech	1
12	pie lzqu	1
13	zapato derech	1
14	Zapato lzqu	1



Dibujado por: Rafael Alfonso Fuquene
 Fecha: 09-10-2023
 Codigo: 10431514021
 Carrera: Ing Electromecanica
 Materia: Proyecto de grado

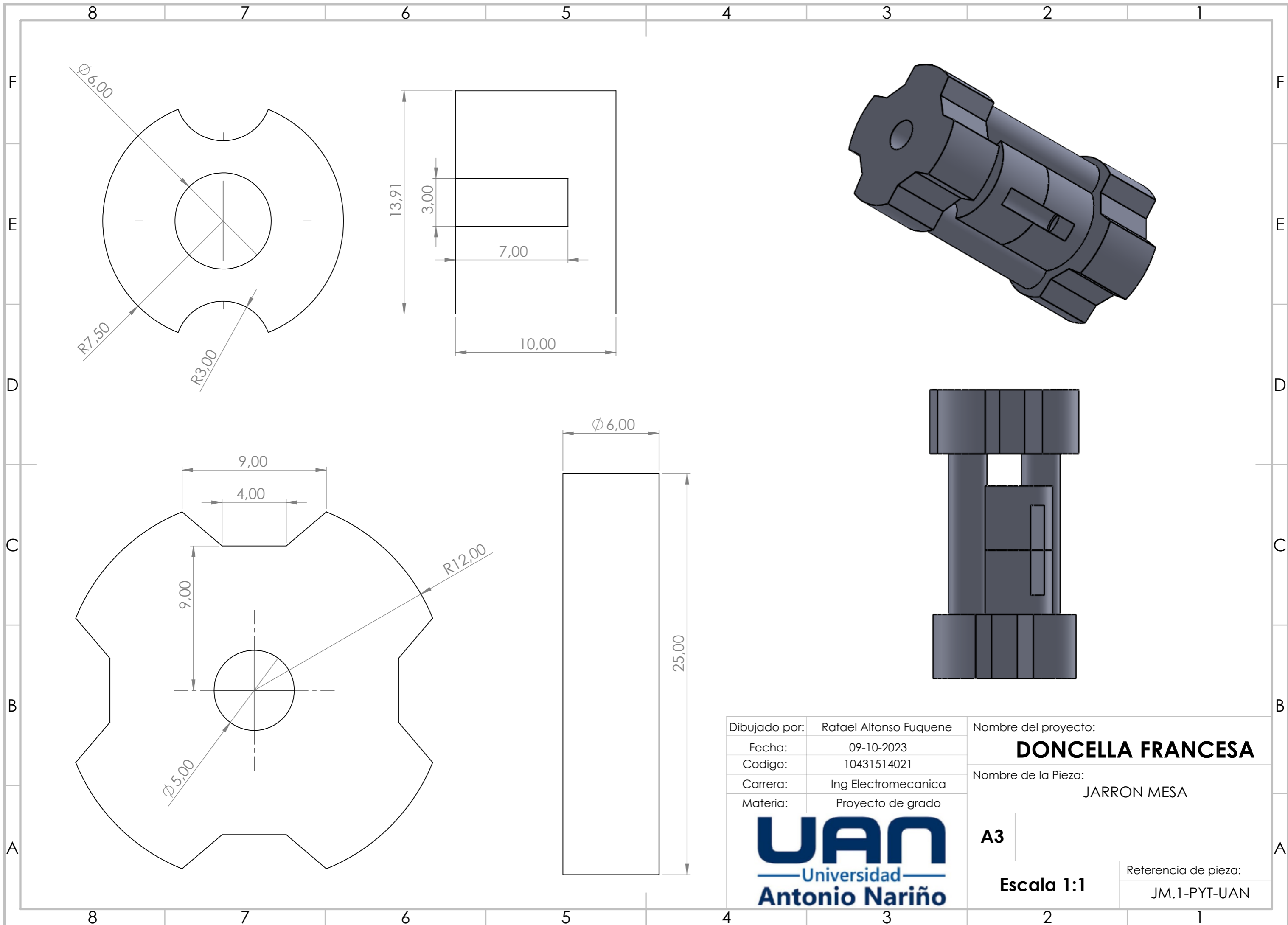
Nombre del proyecto:
DONCELLA FRANCESA
 Nombre de la Pieza:
 ENSAMBLE CUERPO SEÑOR



A3

Escala 1:1

Referencia de pieza:
 ESB-SÑ-CPC1

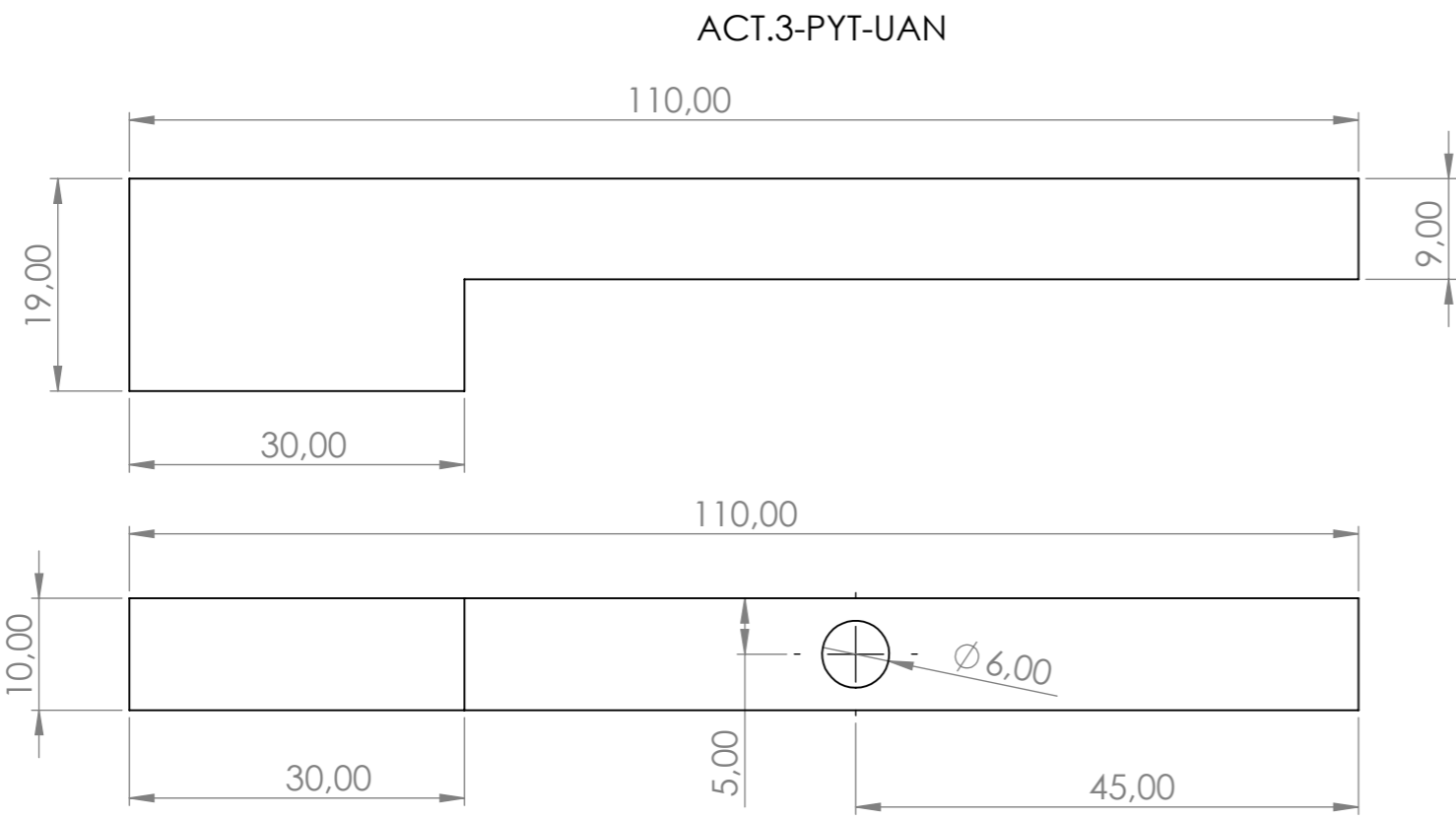
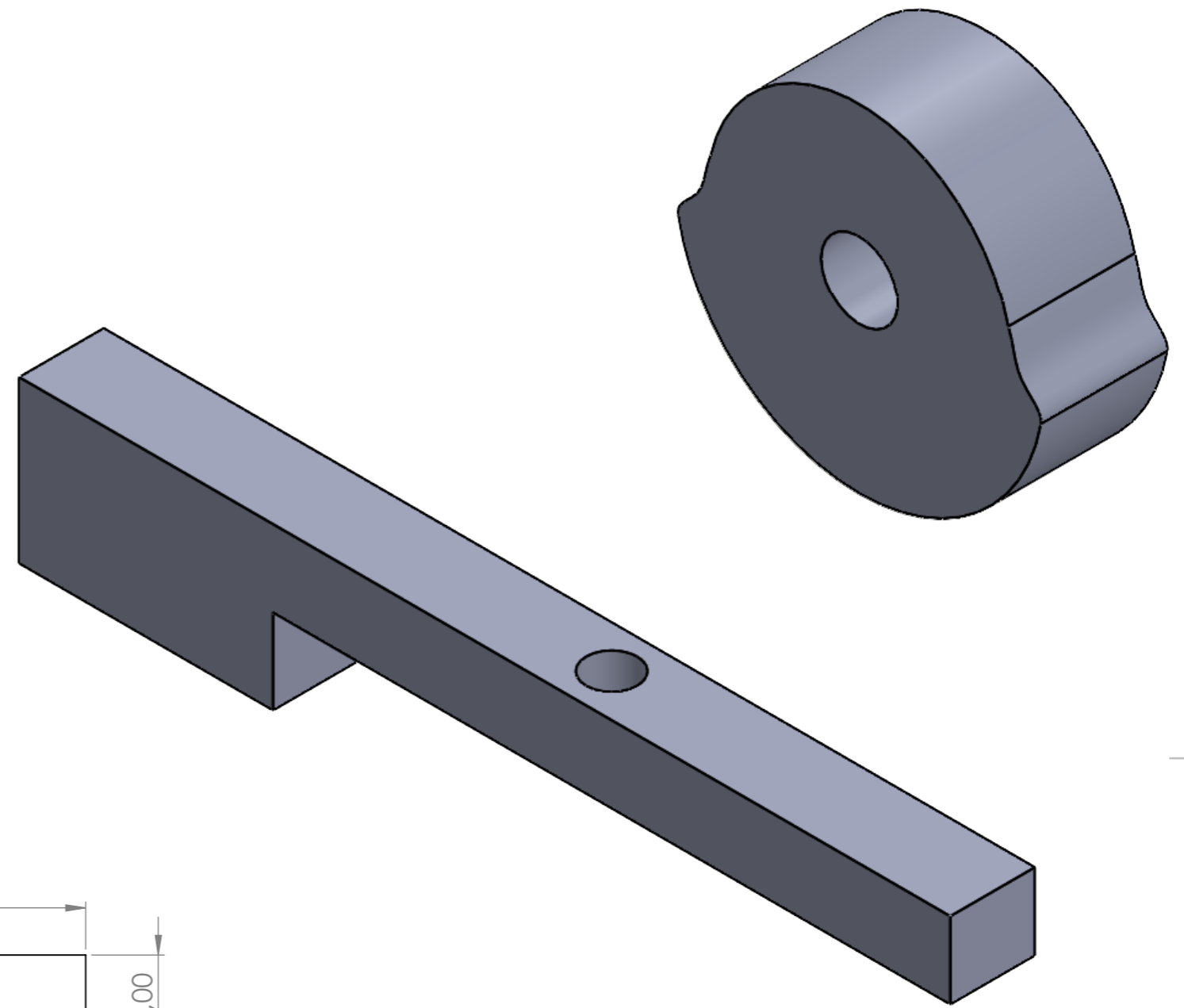
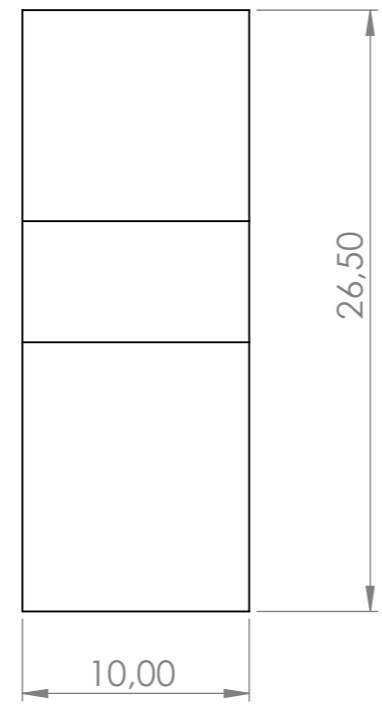
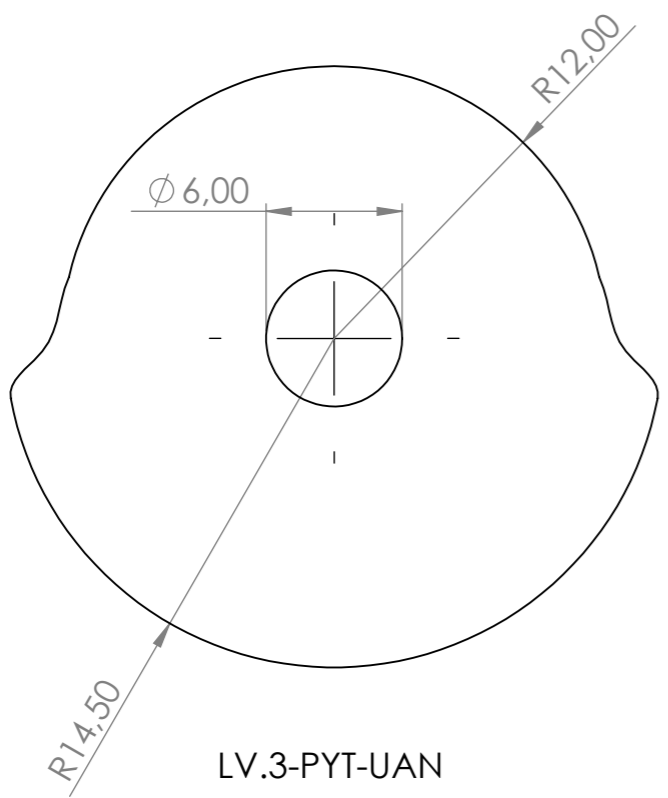


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza: JM.1-PYT-UAN
Escala 1:1	

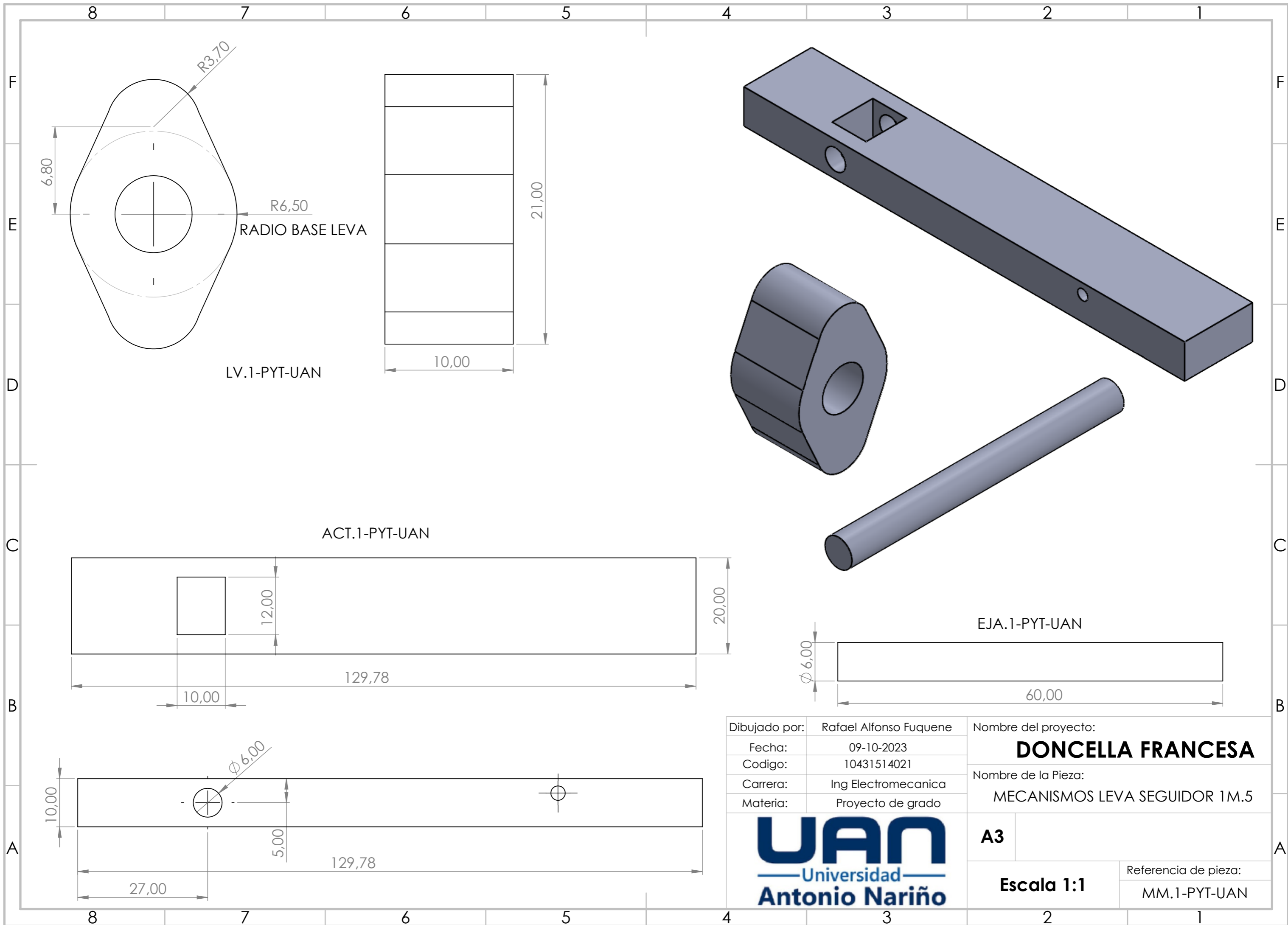


Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene
Fecha:	09-10-2023
Codigo:	10431514021
Carrera:	Ing Electromecanica
Materia:	Proyecto de grado

Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA
Nombre de la Pieza:	



A3	Referencia de pieza:
Escala 1:1	MM.5-PYT-UAN



LV.1-PYT-UAN

ACT.1-PYT-UAN

EJA.1-PYT-UAN

Dibujado por:	Rafael Alfonso Fuquene	Nombre del proyecto:	DONCELLA FRANCESA	
Fecha:	09-10-2023	Nombre de la Pieza:		MECANISMOS LEVA SEGUIDOR 1M.5
Codigo:	10431514021			
Carrera:	Ing Electromecanica			
Materia:	Proyecto de grado			



A3

Escala 1:1

Referencia de pieza:
MM.1-PYT-UAN