



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS DE
ENSEÑANZA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA USANDO
METODOLOGÍA STEAM.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica.

Autor:

Junta Andagana Fernando Vladimir

Tutor:

Ing. Varela Aldas José Luis. Mg.

AMBATO – ECUADOR

2022

AUTORIZACIÓN PARA REPOSITORIO DIGITAL

Yo, Junta Andagana Fernando Vladimir , declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA USANDO METODOLOGÍA STEAM”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial” y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 14 días del mes de enero de 2022, firmo conforme:

Autor: Junta Andagana Fernando Vladimir

Firma:  Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO
VLADIMIR JUNTA
ANDAGANA**

Número de Cédula: 180411609-1
Dirección: Av. Víctor Hugo y Av. Los Chasquis
Correo Electrónico: nando.vlady@gmail.com
Teléfono: 0992756769

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA USANDO METODOLOGÍA STEAM” presentado por Junta Andagana Fernando Vladimir, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 14 de enero 2022



Firmado electrónicamente por:

**JOSE LUIS
VARELA**

Ing. José Luis Varela Aldas; Mg.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 14 de enero 2022



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO
VLADIMIR JUNTA
ANDAGANA**

Junta Andagana Fernando Vladimir

CC: 180411609-1

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA USANDO METODOLOGÍA STEAM”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 14 de enero 2022



Firmado electrónicamente por:
**PEDRO FERNANDO
ESCUDERO VILLA**

Ing. Escudero Villa Pedro; Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MANUEL IGNACIO
AYALA CHAUVIN**

Ing. Ayala Chauvin Ignacio; Mg.
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO
DAVID SAA**

Ing. Saá Tapia Fernando; Mg.
VOCAL

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico de manera especial a mi adorada hija que con solo verla me inspira a ser mejor cada día, a mi abuelita que siempre me tenía en sus oraciones, a mi amada esposa por todo el apoyo recibido, a mi padre que siempre me impulso para cumplir mis metas, mi madre que siempre me brindo ánimo en los momentos difíciles, a mi hermano que fue parte de este gran sueño, y toda mi familia que siempre me dieron palabras de aliento anhelando que culmine mis estudios universitarios.

Fernando Junta

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a Dios por brindarme la vida, la salud, y la sabiduría para culminar de la mejor manera esta maravillosa etapa de mi vida.

Agradezco a la Universidad Tecnológica Indoamérica por permitirme culminar mis estudios y ser un profesional que aporte a la sociedad.

A los docentes por impartir sus conocimientos y su paciencia ante las interrogantes y por fomentar valores que me permitan ser un mejor ser humano, un agradecimiento especial a mi tutor de tesis el Ing. José Varela quien me brindo su apoyo y ayuda incondicional y sobre todo su paciencia para guiare en el desarrollo de este proyecto.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA:.....	i
AUTORIZACIÓN PARA REPOSITORIO DIGITAL.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT.....	xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes	22
Justificación.....	24
Objetivo General	25
Objetivos Específicos.....	25

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	26
Diagnóstico de la situación actual.....	26
Problemática.....	40
Área de estudio.....	41
Modelo operativo	41
Desarrollo del modelo operativo.....	43
Recolección de la información.....	43
Análisis de la información	43
Diseño y planteamiento de la propuesta.....	44
Selección de los materiales.	45

Adquisición de los elementos.	46
Construcción de la propuesta.	46
Evaluación de la propuesta.....	47

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	48
Presentación de la propuesta:	48
Descripción general.....	48
Diseño del robot manipulador móvil.....	49
Diseño electrónico.....	49
Diseño del control del manipulador móvil.....	49
Diseño electrónico del brazo manipulador.....	51
Diseño electrónico de la plataforma móvil	52
Diseño mecánico	52
Diseño mecánico del brazo manipulador	52
Dimensiones.....	53
Torque.	53
Materiales.....	53
Parámetros de diseño del brazo manipulador.....	53
Configuración del brazo	53
Grados de libertad	54
Capacidad de carga útil.	54
Velocidad	54
Alcance máximo.....	54
Geometría de la Estructura.....	54
Cálculo de cargas	55
Cargas en los eslabones del brazo manipulador.....	55
Cálculo de velocidades.....	62
Diseño mecánico de la plataforma	66
Dimensiones.....	66
Torque	66
Materiales.....	66
Parámetros de diseño de la plataforma.....	66

Capacidad de carga útil	66
Velocidad	67
Configuración.....	67
Medio de desplazamiento.....	67
Plataforma cuadriciclo.	67
Geometría de la estructura de la plataforma	67
Cálculo de cargas en la plataforma.	68
Análisis estructural.....	71
Diseño de software.....	74
Ficha técnica del manipulador móvil	76
Construcción	78
Construcción estructural de la plataforma.....	78
Construcción de los ejes de transmisión.	82
Construcción de los soportes de los actuadores de la plataforma	82
Ensamble de la plataforma	83
Construcción del brazo manipulador.	84
Construcción del eje de transmisión para la muñeca	85
Ensamble del brazo manipulador	85
Ensamble final manipulador móvil	88
Funcionamiento.....	88
Cambios en la enseñanza	90

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
Conclusiones:	96
Recomendaciones:.....	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma de actividades para construcción del manipulador móvil..	46
Tabla 2: Dispositivos para la construcción del brazo manipulador	51
Tabla 3: Datos del Dynamixel XL 320	55
Tabla 4: Valores del primer eslabón	57
Tabla 5: Valores del segundo eslabón.....	59
Tabla 6: Valores del brazo manipulador completo	61
Tabla 7: Velocidad máxima de la muñeca	62
Tabla 8: Velocidad máxima de muñeca y antebrazo	62
Tabla 9: Velocidad máxima del brazo completo.....	63
Tabla 10: Calculo de valores necesarios para el diseño	65
Tabla 11: Velocidad máxima del engrane.....	65
Tabla 12: Peso total de la estructura	68
Tabla 13: Ensamble de la plataforma móvil	83
Tabla 14: Ensamble del brazo manipulador.....	85
Tabla 15: Pruebas de validación	89
Tabla 16: Costos de dispositivos electrónicos y de control	94
Tabla 17: Costos de fabricación del robot manipulador móvil.....	94
Tabla 18: Costo total de producción	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de la Industria.....	18
Figura 2: Taller de Redes	33
Figura 3: Laboratorio de Ciencias Básicas.....	34
Figura 4 : Taller de control industrial	34
Figura 5: Taller de mantenimiento y diseño	35
Figura 6: Taller de procesos.....	36
Figura 7: Taller de CAD/CAM/CIM	36
Figura 8: Taller de automatización	37
Figura 9: Taller de hidráulica y neumática	38
Figura 10: Ingreso a taller de procesos de manufactura.....	39
Figura 11: Taller de procesos de manufactura	39
Figura 12: Modelo Operativo.....	42
Figura 13 Diseño de control del manipulador móvil	50
Figura 14: Conexión de los actuadores	52
Figura 15: Estructura antropomórfica de un brazo manipulador	54
Figura 16: Articulación del antebrazo.....	56
Figura 17: Articulación de codo.....	58
Figura 18: Articulación de hombro	60
Figura 19: Radio de giro de la muñeca	61
Figura 20: Radio de giro antebrazo y muñeca	62
Figura 21: Radio de giro del brazo.....	63
Figura 22: Diseño del engrane.	64
Figura 23: Radio de giro del engrane	65
Figura 24: Geometría de la plataforma	68
Figura 25: Eje de transmisión	69
Figura 26: Mallado de la estructura.	71
Figura 27: Fuerzas aplicadas en la estructura	72
Figura 28: Análisis de la tensión de estructura	72
Figura 29: Desplazamiento de tensión en la estructura.....	73
Figura 30: Factor de seguridad de la estructura.	73
Figura 31: Diseño de la aplicación en App inventor.....	74

Figura 32: Programación en Arduino.....	74
Figura 33: Movimientos de la plataforma.....	76
Figura 34: Manipulador móvil.	77
Figura 35: Mediciones de la estructura.	78
Figura 36: Corte de los elementos de la estructura	78
Figura 37: Suelda por arco eléctrico	79
Figura 38: Bases horizontales	79
Figura 39: Bases horizontales acabadas.....	80
Figura 40: Plataforma sin limpieza	80
Figura 41: Estructura libre de impurezas.	81
Figura 42: Estructura según el diseño	81
Figura 43: Construcción de los ejes de transmisión.....	82
Figura 44: Soporte listo para ser impresos.....	82
Figura 45: Impresión del primer eslabón	84
Figura 46: Preparación de g-code para los eslabones.	84
Figura 47: Eje de transmisión en la muñeca	85
Figura 48: Ensamble final del manipulador móvil.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1
ANEXO 2: PRÁCTICAS.....	27
ANEXO 3: FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT	39
ANEXO 4: ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL BRAZO MANIPULADOR.....	42
ANEXO 5: ESQUEMA ELECTRÓNICO DE LA PLATAFORMA MÓVIL....	43
ANEXO 6: DISEÑOS DEL MANIPULADOR MÓVIL	44

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA USANDO METODOLOGÍA STEAM”

AUTOR: Junta Andagana Fernando Vladimir.

TUTOR: Ing. Varela Aldas José Luis Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación presenta la aplicación de la industria 4.0 en los procesos de enseñanza en la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica usando metodología STEAM. El objetivo es diseñar y construir un robot educativo que incluya características de la industria 4.0 para utilizarlo en prácticas de laboratorio. El robot se basa en un manipulador móvil construido en diferentes materiales, el brazo manipulador se ensambla con partes fabricadas con impresión 3D y la plataforma móvil se construye en acero ASTM A36. Se realiza el análisis mecánico de los elementos físicos del robot, así como los cálculos de velocidades y fuerzas máximas. El diseño electrónico está basado en un controlador Open CM9.04-C y una red de actuadores inteligentes de la marca Dynamixel. Además, se dispone de cámara de video y sensores de diferentes variables físicas que permiten recolectar información del entorno. El sistema también incluye una tarjeta secundaria (ESP32) que se conecta de forma inalámbrica al internet enviando y recibiendo información de la nube. Una aplicación móvil permite el control remoto del robot y la visualización de datos e imágenes del sitio local. Finalmente, se realiza pruebas de evaluación del funcionamiento del robot y se diseñan guías de prácticas para su posterior uso en los laboratorios de la FITIC.

Descriptor: Actuadores inteligentes, Diseño mecánico, Industria 4.0, STEAM.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME: "APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 IN THE TEACHING
PROCESS FOR INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER USING STEAM
METHODOLOGY AT UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA"**

AUTOR: Junta Andagana Fernando Vladimir.

TUTOR: Ing. Varela Aldas José Luis. Mg.

ABSTRACT

This current degree work presents the application of industry 4.0 in the teaching process for industrial engineering using STEAM methodology. The aim is to design and make an educational robot that includes industry 4.0 features to use them in lab practices. The robot is based on a mobile handler which is made of different materials, the handler is assembled with parts manufactured with 3D printing and the mobile platform is made of ASTM A36 steel. The mechanical analysis of the physical elements of the robot is performed, as well as the calculations of maximum speeds and forces. The electronic design is based on an Open CM9.04-C controller and a network of smart Dynamixel actuators. In addition, a video camera and sensors of different physical variables allow data collection from the environment. The system also includes a secondary card (ESP32) that connects wirelessly to the Internet by sending and receiving information from the cloud. A mobile application allows remote control of the robot and visualization of local site data and images. Finally, tests are carried out to evaluate the operation of the robot and practice guides are designed for its subsequent use at FITIC laboratories.

KEYWORDS: Industry 4.0, mechanical design, smart actuators, STEAM.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación ambiciona contribuir con un análisis sobre la metodología STEAM y la Industria 4.0, siendo la metodología STEAM una proposición para fomentar las carreras técnicas y el estudio de las ciencias exactas. Por otro lado, la industria 4.0 agrega las nuevas tendencias tecnológicas a los procesos de producción, incorporando la robótica, el internet de las cosas, la automatización y otras áreas para un ambiente altamente tecnificado.

Para vislumbrar el término de Industria 4.0 se revisa a continuación sus antecedentes históricos, cómo se ha llegado a este concepto y su definición actual, así como los principios básicos en los que está fundamentada la metodología STEAM.

En el transcurso de la historia, se han originado diferentes acontecimientos que han mostrado de qué manera se da la evolución de la industria y como esta afecta a la sociedad, la figura 1 presenta esta evolución. A mediados del siglo XVII, la máquina de vapor fue el invento que ocasiono un cambio drástico a nivel social, económico y tecnológico, ha esto se lo conoce como la primera revolución industrial. Gracias a esta revolución que buscaba producir más rápido y de mejor calidad, por su veloz avance de producción, surge la necesidad de buscar nuevas maneras de producción, en este entorno nace la división de tareas y así el famoso modelo de producción de Henry Ford, que se erige como la segunda revolución industrial, que de igual manera produjo significativos cambios en la sociedad. Por último, la tercera revolución industrial fue la creación del internet, una definición más contemporánea, de donde surgen y se prosperan todas las tecnologías de información y comunicación (TIC's), con esto comienza un nuevo proceso llamado globalización y la automatización de los procesos, así llegando a la situación actual, la cuarta revolución industrial (Barros Losada, 2017).

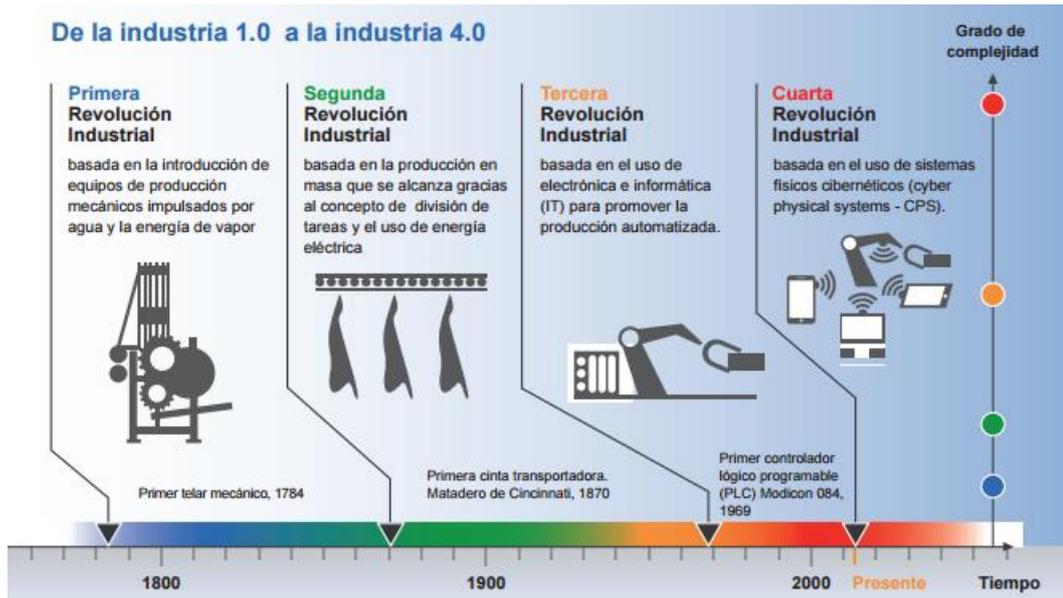


Figura 1: Evolución de la Industria
 Fuente de Investigación: (Barros Losada, 2017)

Algunas de las definiciones de Industria 4.0 por parte de diferentes autores:

- Industria 4.0 es la denominación que opta el adelanto estratégico impulsado en Alemania para posicionar a este país como un mercado a la vanguardia y sea este quien abastezca de soluciones de producción optimizada. Esta estrategia busca revolucionar la fabricación y la producción, la industria 4.0 simboliza el cambio paradigmático del proceso de fabricación inteligente y producción centralizada a descentralizada. (Germany Trade & Invest)
- La definición de Industria 4.0 hace referencia a la cuarta revolución industrial que se fundamenta en la inserción de las tecnologías digitales en la industria. En conjunto estas herramientas tecnológicas que hacen posible que esta innovadora industria explote todo su potencial. A estas llamaremos habilitadores de la hibridación del mundo físico y digital, es decir, coordinar el mundo físico con el digital para hacer de la industria un sistema inteligente. (Ministerio de Industria, 2016)
- Industria 4.0 es la expresión asignada a un conjunto de rápidas transformaciones en el diseño, producción, operación y servicio de los sistemas de producción y sus resultados. La mención de 4.0 sobreentiende que es la cuarta revolución industrial en el mundo, tomando la batuta de tres revoluciones industriales anteriores que conllevaron a dar pasos agigantados

en la productividad y motivo de eso cambiaron las vidas de las personas en todo el mundo. (European, 2015)

Ahora bien partiendo de las descripciones antes citadas se puede concluir con una definición común, puesto que en los conceptos anteriormente citados se reiteran términos similares en todas ellas, entonces es “La industria 4.0 es un sistema que abarca a la digitalización y la revolución de la producción, además de los procesos de fabricación de tal manera que componen las nuevas tecnologías más actualizadas, la cual nos permitirá una reducción de costos en los procesos de fabricación y flexibilidad en los procesos de producción”.

Además, de referirnos a digitalización y tecnología como expresiones generales, se pueden agregar ciertas tecnologías que podrían ser tomadas como pilares de esta industria, de los cuales se puede destacar el internet de las cosas, la fabricación aditiva (impresión 3D), la ciberseguridad, realidad aumentada, etc., a continuación, se puede inquirir sobre algunas de estas tecnologías y en qué manera aportan al desarrollo de la industria 4.0.

- El internet de las cosas o IoT (Internet of things por sus siglas en inglés) se trata de objetos cotidianos que se conectan a internet de una manera autónoma, dicha conectividad hace posible que se puedan diseñar o desarrollar sistemas que hace años atrás podrían decirse eran imposibles o por decir de otra manera forma eran de ciencia ficción: como por ejemplo coches que notifiquen de un accidente, frigoríficos que notifiquen la falta de un producto y puedan realizar la compra, ubicación de mascotas en tiempo real, casas inteligentes que permiten la comunicación bidireccional con el usuario, ahora el límite es la imaginación. (Pizarro Pelaz, 2020)
- La fabricación aditiva es el nombre técnico que se le da a todas las tecnologías de impresión 3D, pues se trata de la fabricación de objetos, piezas tridimensionales por la aportación de material, en vez de un proceso de sustracción de material, se realiza a partir de un archivo digital (modelo 3D), donde se utilizan diferentes procesos aditivos en los cuales se aplican capas sucesivas de material hasta la creación de un objeto tangible. La fabricación aditiva como herramienta en si es una técnica que expande nuestro pensamiento,

puesto que suprime las limitaciones que se presentan en las tecnologías de fabricación tradicional. (Jorquera Ortega, 2017)

Continuando con la observación de la evolución de la industria existe una metodología de enseñanza que aporta grandes avances a la industria 4.0, así aparece STEAM, es el acrónimo de Science, Technology, Engeneering, Art and Mathematics, que traducido al español sería CTIAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas), un término que aparece ante la necesidad de preparar a las futuras generaciones para un nuevo mundo tecnológico, que deberán afrontar tanto en lo laboral, como lo personal y lo social (Asinc Benites & Alvarado Barzallo, 2019). De esta forma, la metodología STEAM aplicada en la formación de profesionales de ingeniería permite desarrollar destrezas en la resolución de problemas de la industria 4.0.

Es así como se puede citar ciertos resultados de la metodología STEAM:

- Identificación de perfiles de actuación a la educación STEAM: el movimiento maker.- Dicho movimiento supone de una manera la integración de las artes en el sistema educativo dentro de la corriente STEM a STEAM, toma fuerza por el abaratamiento de costos de fabricación aditiva, impresoras 3D y la difusión de microcontroladores (Arduino, Raspberry pi, ESP32), dado que permite la fabricación de objetos personalizados a un bajo costo. Los makers tienen la necesidad de crear, enfocados a un proceso de exploración continua de lo que pueden hacer y que pueden aprender al hacer. (Lourdes & Augusto, 2014)
- DIY. Do It Yourself! + Tinkering with tinkrability.- Se filosofía de “hágalo usted mismo” proporciona una nueva era por así llamarla de “ciencia de garaje” que entra su atención al prototipado o diseño personalizado independiente de la producción industrial, enfocando la experimentación y exploración de nuevos medios, gracias al interés mostrado por el funcionamiento y contexto de la tecnología, en una búsqueda de nuevas alternativas al consumo implantado por grandes compañías. Este movimiento caracteriza el uso de elementos de bajo coste y del uso tanto de alta como baja tecnología. (Lourdes & Augusto, 2014)
- Making en el entorno educativo. – Se identifica como el aprendizaje enfocado en proyectos o como el aprendizaje práctico centrado en el proceso, cuya meta

no es concentrarse en los productos artesanales, sino que exige una mayor indagación del mundo que nos rodea, la relación enseñanza-aprendizaje procede de un proceso establecido por excesiva información, instrucciones, intervenciones e interrupciones (TMI-Too Much Information) hacia pensar, crear y mejorar (Think, Make, Improve), todo este cambio de metodología apunta su principal interés en el making donde el aprendizaje de los estudiantes viene dado de un proceso donde juegan, construyen, experimentan, evalúan métodos y materiales, documentan y comparten su conocimiento (Lourdes & Augusto, 2014).

- El tinkering.- Supone un acercamiento al movimiento *maker* como “un estilo evaluable y efectivo” desde el cual se puede afrontar problemas deseados, se caracteriza por un compromiso experimental y lúdico en el cual se encuentran constantemente revaluando sus objetivos buscando nuevos caminos e innovando hacia nuevas posibilidades, generando un ciclo procesual de forma espiral donde se desarrollan y refinan sus capacidades, de esta manera los estudiantes “*imaginan*” que desean hacer, “*crear*” un diseño enfocado en sus ideas, “*juegan*” con sus invenciones, “*comparten*” sus pensamientos y creaciones con los demás, “*reflexionan*” acerca de sus experiencias, en conjunto los conlleva a volver idear nuevos proyectos. (Lourdes & Augusto, 2014).
- DIWO. Do It With Others! Sobre los makerspaces: connected learning, open-ended process. Peer-production.- Algunos autores constatan la idea de que los jóvenes deben poseer las mismas oportunidades tanto para el consumo como para la creación de medios interactivos, entonces se deben desarrollar ciertas disposiciones y capacidades, pero también direccionan a la obligación de facilitar y proveer el acceso a entornos en los que puedan desarrollarse como creadores. Respuesta a esto están los fablabs o makerspaces que son espacios para makers, dichos comprenden el cambio de una cultura de escuchar, hacia otra del hacer como fuente de innovación, en dichos espacios se combinan equipos de fabricación, permiten que miembros de una comunidad puedan acceder a diseños, prototipos y la creación de proyectos manufacturados que por sí solos no podrían realizarlos sin este tipo de recursos. Pueden organizarse

libremente, con empresas u organizaciones sin fines de lucro, organizaciones asociadas al ámbito educativo (escuelas, universidades, bibliotecas y más) (Lourdes & Augusto, 2014).

- Redes transdisciplinarias. - Tejiendo redes, metodologías de trabajo basadas en procesos open-ended, conocimiento abierto y compartido, educación entre iguales. El astrofísico Roger Malina menciona que es de gran importancia el entablar metodologías de trabajo para la colaboración entre científicos y artistas. Esta iniciativa tomo fuerza en base a una serie de contactos con distintas instancias procedentes del ámbito científico, que se han confirmado a través de charlas y encuentros de carácter puntual promovidos por la propia UPV/EHU (Lourdes & Augusto, 2014).

Antecedentes

La Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación (FITIC) cuenta con proyectos relacionados con el diseño y construcción de maquinarias relacionadas con la optimización, mejora de los procesos productivos, o como nuevo prototipo para generar dicha actividad, pero no cuenta con un trabajo similar al que se desarrolla actualmente.

En el trabajo titulado “Diseño y construcción de un sistema mecánico para un robot manipulador móvil en el proyecto de investigación tele – operación bilateral corporativo de múltiples manipuladores móviles, aprobado por el consorcio ecuatoriano para el desarrollo de internet avanzado – CEDIA” nos presenta el diseño y la construcción mecánica de un robot manipulador móvil robusto con un total de 9 grados de libertad GDL, 6 del brazo robótico más los 3 de la plataforma móvil. Basando la configuración morfológica del robot, las propiedades físicas de los materiales, y el análisis de los esfuerzos a los que estará sometido cada elemento del robot, para las instalaciones electrónicas se consideró la unidad de control, comunicación, potencia, y acoplamiento de sensores con el fin de implementar enlaces de control autónomo y/o tele-operado de manera coordinada y cooperativa (Robayo & Diego, 2017).

En el trabajo titulado “Tele-operación bilateral de un robot manipulador móvil” presenta el desarrollo de un esquema para la tele-operación bilateral de un robot manipulador móvil. Este gracias a que posee la destreza de los manipuladores robóticos, además de la movilidad de un vehículo, es una solución eficaz y que ofrece amplia variedad de aplicaciones. Para la implementación de este sistema se realiza la modelación cinemática y dinámica del manipulador móvil por medio de expresiones matriciales. Mediante librerías de Matlab de comunicación RS-485 se controlan los actuadores inteligentes que conforman el robot.

De los resultados se concluye que el sistema implementado permita una conjugación entre manipulabilidad y locomoción en su sitio de trabajo, demostrando un adecuado funcionamiento (Varela Aldás, 2016).

En el trabajo titulado “Robot explorador tele-operado, equipado con un manipulador para tomar muestras” describe la construcción de un prototipo de robot explorador tele-operado, que cuenta con un manipulador para la toma de muestras. Enfocados en sus características, este puede ser empleado para actividades de inspección y de toma de muestras en campo, los cuatro motores en su plataforma móvil suministran la tracción necesaria para su desplazamiento en terrenos irregulares. Su manipulador cuenta con 5 grados de libertad (GDL) que le permite sostener, levantar y trasladar objetos de forma rectangular o cuadrangular, cuya superficie sea rugosa o lisa, de hasta máximo 100 gramos y 45 mm de longitud. El sistema de tele-operación está compuesto por una cámara inalámbrica que se halla colocada sobre la muñeca del manipulador, la cual transmite la señal de video a la estación de control, desde la estación el usuario puede visualizar en tiempo real el entorno por el cual se desplaza el robot, así como de los objetos que puede acceder durante su desplazamiento. Su campo de visión del prototipo durante su traslado es de 300° en sentido vertical y 270° en sentido horizontal, de igual manera el sistema permite almacenar toda la información para posterior revisión. La cámara es inalámbrica como sistema de tele-operación se incorpora un control remoto de mando tanto para la plataforma móvil como para el manipulador, estos permiten al usuario maniobrar el robot a distancia, tomar muestras en cualquier momento, con

un funcionamiento por radiofrecuencia, a una distancia máxima de 15m. (Villavicencio Manosalvas, 2016).

En el trabajo titulado “Optimización del proceso para la fabricación de vástagos para las perillas de paso de gas producidas por la empresa INDUMENTAL M&M.” presenta un problema generado en el proceso de fabricación de vástagos debido a la falta de maquinaria que realice el trabajo de maquinado de vástagos suficientes, por lo que propone implementar un sistema automatizado para solucionar dicho problema, cuya deficiencia no permitía cumplir con los requerimientos de la empresa, la solución presentada es repotenciar un torno semiautomático Hardinge AHC (TH-05) existente en la empresa ocupando un espacio físico y que bien podría cumplir el trabajo requerido (Chávez Ruiz, 2019).

Justificación

El presente trabajo de investigación es **importante** porque es una herramienta para que el estudiante y el docente accedan en el mundo de la investigación, la indagación, la experimentación y de esta manera manifestar fenómenos y situaciones que necesiten ser tratadas en la industria 4.0.

La **utilidad** del presente trabajo de investigación se debe a que la revolución de la industria 4.0 está abriendo nuevas oportunidades laborales, que de la mano de la metodología STEAM como educación integradora propone soluciones a problemas actuales.

Este trabajo de investigación tiene un **impacto** positivo, no solo desde el punto de vista de la investigación y su aplicación, sino también dentro de los procesos de enseñanza que están en función de diferentes necesidades académicas tanto de estudiantes como docentes, en formar individuos que tengan un pensamiento racional, crítico, científico y creativo de forma general.

Se pueden identificar **beneficiarios** primarios y secundarios del estudio. Los beneficiarios primarios serán los mismos estudiantes que después de comprender todos estos conceptos de industria 4.0 y que ha aprovechado una herramienta como la metodología STEAM, para investigar, podrán acceder a nuevas fuentes de trabajo

o generar sus propios proyectos de emprendimiento. Además, los beneficiarios secundarios, serán las empresas que podrán contar con personal con conocimientos sobre la tendencia de la industria 4.0, otro beneficiario es la Universidad Tecnológica Indoamérica que como parte de su visión de ser una universidad referente a nivel internacional mantendrá a sus estudiantes al tanto de los avances de la industria 4.0, conceptos que se manejan mucho en diferentes países.

El estudio técnico propuesto es también **factible**, debido a que, en el transcurso como estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica, se adquirieron los conocimientos para investigar y buscar la información suficiente, de tal manera que se cuenta con el conocimiento teórico y práctico para la realización del mismo. Además, gracias a la experiencia adquirida en el proyecto de vinculación con la sociedad titulado “Mejoramiento del aprendizaje de competencias STEM mediante el uso de un kit robótico educativo” realizado en el 2019-2020, y el apoyo financiero del proyecto de investigación “Control Cooperativo de Robots con Óptimo Consumo de Recursos” desarrollado en el periodo 2019-2020.

Objetivo General

Aplicar conceptos de la industria 4.0 en los procesos de enseñanza en la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica usando metodología STEAM.

Objetivos Específicos

- Diseñar un robot educativo mediante metodología STEAM incluyendo las características de la industria 4.0.
- Construir un robot educativo usando tecnología accesible reduciendo los costos de implementación.
- Evaluar el funcionamiento del robot educativo mediante pruebas experimentales.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual

La Universidad Tecnológica Indoamérica su campus de ingenierías ubicado en la Avenida Manuela Sáenz y Agramonte en donde actualmente funciona la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación con la carrera de Ingeniería Industrial, a continuación, se detallan los proyectos formativos y laboratorios disponibles para la formación técnica tecnológica de los estudiantes.

Proyectos formativos relacionados

Ha desarrollado una malla curricular para brindar una enseñanza de calidad enfocada en asegurar el aprendizaje de sus estudiantes en distintas áreas, para posterior desarrollar y aplicar estos conocimientos en proyectos futuros, es así como se puede mencionar algunos de los proyectos formativos que se imparten en las aulas a los futuros profesionales:

- Física básica
- Epistemología de la ingeniería industrial
- Física aplicada
- Dibujo industrial
- Mecánica vectorial
- Eléctrica y electrónica
- Programación
- Metodología de la investigación
- Control industrial
- Procesos de manufactura
- Automatización industrial
- Electroneumática y electrohidráulica
- Diseño mecánico

- Instalaciones industriales

El primer proyecto formativo perteneciente al primer nivel de la carrera que se menciona es Física Básica como base de la carrera imparte los conceptos relacionados a magnitudes físicas, vectores, cinemática, dinámica de la partícula, y así utilizar la cinética de los cuerpos, con la finalidad de determinar los parámetros de cada tipo de movimiento, basándose en las leyes de la mecánica, con responsabilidad.

Continuando con el siguiente proyecto formativo de este primer nivel es Epistemología de la ingeniería industrial el cual brinda los conocimientos acerca de introducción a la Ingeniería Industrial, origen e historia de la Ingeniería Industrial, evolución de la Ingeniería Industrial, precursores de la Ingeniería Industrial, campos de aplicación y doctrinas filosóficas de la Ingeniería Industrial, lo cual permitirá a futuro manejar las bases epistemológicas de la ingeniería industrial, para identificar el alcance de la profesión, en base a las doctrinas filosóficas con ética y responsabilidad.

En el segundo nivel de la carrera el proyecto formativo de Física Aplicada aporta conocimientos de trabajo, potencia energética, máquinas simples, dinámica rotacional, MAS y análisis de ondas, óptica ofrecerá ayuda para comprobar que la dinámica rotacional, movimiento armónico, óptica y acústica están presentes en los procesos industriales mediante el dominio de leyes fundamentales con criterio y responsabilidad.

En su laboratorio se aplica todos los conceptos adquiridos en la parte teórica, aquí es donde se puede plasmar el aprendizaje por ejemplo al realizar el estudio de energías que produce una partícula al ser desplaza desde un punto a otro. Además de un análisis de fuerzas que actúan sobre los cuerpos, como estas afectan cuando son variadas y como cambia su movimiento.

Avanzando con el siguiente proyecto formativo Dibujo industrial se enfoca en los fundamentos de dibujo técnico, software para dibujo 2D y 3D, aplicaciones industriales, norma INEN 003, estos serán los que contribuyan a la construcción de

planos de elementos mecánicos para aplicar en el diseño de máquinas, usando herramientas tecnológicas de dibujo y considerando los lineamientos de la norma INEN 003, trabajando con creatividad.

Avanzando en el tercer nivel el proyecto formativo Mecánica vectorial fomenta los conceptos sobre cuerpos rígidos, sistemas equivalentes de fuerzas y análisis estructural, dichos conceptos brindan ayuda para resolver problemas de fuerzas para predecir el estado del movimiento de un cuerpo, con la aplicación de las leyes de la mecánica con responsabilidad.

En este mismo nivel Eléctrica y electrónica entrega los conocimientos referidos a circuitos eléctricos DC (Ley de ohm, configuración de resistencias eléctricas, circuitos de DC y potencia eléctrica), circuitos AC (Condensadores, bobinas, impedancia, admitancia, circuitos de AC, triangulo de potencias y factor de potencia), Electrónica Industrial (semiconductores, diodos, transistores, scr, triacs y optoacopladores). Mismos que ayudaran al estudiante a describir y diseñar circuitos de mando para corriente continua y corriente alterna, con elementos electrónicos de potencia utilizando conocimientos de electricidad y electrónica para garantizar la calidad.

El siguiente proyecto formativo que aporta con conocimiento al futuro profesional es Programación con conceptos básicos, conceptos básicos de lenguaje C, operadores y expresiones, entrada y salida de datos, preparación y ejecución de un programa en C, instrucciones de control, funciones estructura de un programa arrays. El estudiante podrá utilizar los elementos de la programación estructurada para crear programas orientados a la solución de problemas de ingeniería, basados en las normas de programación del lenguaje, con responsabilidad.

Conforme avanza la carrera y como parte fundamental de la carrera para que el estudiante desarrolle su proyecto de grado es Metodología de investigación que aporta conceptos de introducción a la investigación: la pregunta de investigación, objetivos de una investigación, estado del arte, la metodología de investigación cualitativa, la metodología de investigación cuantitativa, el proyecto de investigación: el planteamiento del problema, el diseño de investigación, los

instrumentos y técnicas de recolección de datos, normas para escritura académica, estilos de redacción APA, IEEE, ISO 690, redacción de un artículo científico y pautas para redacción de un artículo en función de las instrucciones para autores de revistas indexadas. Y así el futuro ingeniero podrá:

- Comprender el fundamento teórico de metodología de la investigación científica, considerando los protocolos de investigación
- Identificar el problema de investigación, considerando el contexto
- Construir el Marco Teórico de la Investigación en función de las variables del tema
- Seleccionar la metodología de investigación según el problema a resolver
- Organizar el proceso lógico de construcción del texto académico con coherencia, pertinencia y orden en base a las metodologías de la investigación
- Aplicar métodos y técnicas de investigación científica, para desarrollar trabajos investigativos a través de procedimientos sistemáticos con análisis de manera responsable.

Complementando la formación, el proyecto formativo de Control industrial aportará conocimiento sobre símbolos eléctricos, contactores, relés, timers, diseño de circuitos de control, diseño de circuitos de potencia, arrancadores, variadores, inversores de giro y frenos, y así podrá desarrollar sistemas de control eléctrico industrial, para el manejo de motores eléctricos, aplicando normas eléctricas, con responsabilidad y honestidad.

En su laboratorio de Control industrial se lleva a cabo todo lo aprendido en teoría de cómo controlar el arranque de un motor, controlando su velocidad en función de variadores de frecuencia, además, invirtiendo su giro, deteniéndose y apagado de motor, tal cual se podría presentar en la vida real dentro de las empresas. Ciertos dispositivos sufren daños por efectuar conexiones erróneas, pero gracias a dispositivos de protección los estudiantes no sufren ningún tipo de lesiones.

A la par el proyecto formativo Procesos de manufactura entrega conocimiento sobre procesos de solidificación, formado del metal y trabajo de láminas metálicas,

procesos de remoción de material, procesos de unión y ensamble. Entonces el estudiante podrá ejecutar procesos de manufactura para la construcción de elementos mecánicos y sistemas complejos en función de las necesidades del sector productivo y considerando las normas de construcción INEN, con ética profesional.

En su laboratorio de igual manera se aplica la teoría aprendida sobre cómo realizar un proceso de soldadura, cuáles son las posiciones adecuadas para la unión de piezas, el voltaje y amperaje correcto para el tipo de electrodo revestido y el espesor del material, como realizar un desbaste con la amoladora, cuáles deben ser las medidas de prevención, medidas de seguridad que se tener en cuenta al ingresar en este tipo de áreas de trabajo.

Avanzando con la formación del futuro Ingeniero Industrial es cuando Automatización industrial aporta conocimientos sobre instrumentación industrial (sensores y actuadores), PLC's, HMI, con este conocimiento tanto teórico como practico podrá adaptar dispositivos y software, para automatizar procesos repetitivos dentro de la industria, considerando estándares de calidad y control, con ética y responsabilidad. En su laboratorio de Automatización incluye un modelo a escala de un proceso productivo automatizado de una banda transportadora, eso como parte de un ejemplo de cómo se maneja en una industria. Además, cuenta con módulos PLC's con los que se programa diferentes acciones para controlar diferentes actuadores.

Cuenta con ciertos sensores para la demostración de su funcionamiento y su aplicación en la industria. En cuanto a la enseñanza del proyecto formativo de Automatización Industrial se realiza mediante el software LabVIEW de National Instruments donde se aprende a programar varias situaciones de las industrias, por ejemplo, el llenado de envases, el transporte de pesos determinados, siguiendo con el proceso de enseñanza de automatización el siguiente punto de aprendizaje es la interfaz hombre – máquina (HMI por sus siglas en ingles) de igual muestra cómo se debe controlar y que hacer para el control remoto de actuadores.

Una vez aprobado con más del 50% de las asignaturas de la carrera, el proyecto formativo Electroneumática y electrohidráulica provee de conocimiento referente a

Electroneumática Electrohidráulica Diseño de sistemas hidráulico y neumáticos. Aplicaciones y automatización de sistemas. Ahora podrá desarrollar sistemas electroneumáticos y electrohidráulicos para la automatización de máquinas y procesos, considerando normas internacionales, con responsabilidad y puntualidad.

El proyecto formativo Resistencia de materiales aporta conocimiento sobre Resistencia de materiales límites y nociones principales, tracción, torsión, flexión, deformaciones de vigas, esfuerzos combinados.

Un cuasi ingeniero tendrá las herramientas para utilizar los métodos de resistencia de materiales, para el dimensionamiento de estructuras y elementos que conforman una máquina, considerando las propiedades de los materiales, con responsabilidad.

En el octavo nivel de la carrera en Diseño mecánico se adquiere conocimiento sobre:

- Análisis de esfuerzo deformación
- Diseño y selección de flechas
- Sistemas de transmisión: Rígidos, flexibles.
- Aplicación. Manejo de centros de mecanizado. Fresa CNC. Torno CNC

Todos estos conocimientos permitirán diseñar sistemas de elementos mecánicos para construir maquinas industriales que cubran las necesidades en la producción, considerando normas de diseño, con responsabilidad y ética.

Casi al punto de concluir con la carrera el proyecto formativo de Instalaciones industriales aporta más conocimiento sobre:

- Presión, caudal, selección de compresores, dimensionamiento,
- Depósitos: dimensionamiento y selección.
- Tuberías: selección y dimensionamiento,
- Acumuladores: Dimensionamiento y selección.
- Purgas: selección. Simbología: americana, europea.
- Diagramación de circuitos. Potencia eléctrica, corriente, tensión, triángulo de potencias.
- Conductores eléctricos.

- Transformadores industriales, clasificación, parámetros de selección, principio de funcionamiento. Motores eléctricos, clasificación, arranque, selección.
- Aparatos de maniobra y de protección.
- Conductores eléctricos.
- Sistemas de iluminación.
- Diagramas de distribución, cálculo y diseño.
- Diagramas unifilares y multifilares.

Gracias a estos conceptos el futuro ingeniero puede aplicar los fundamentos, principios y leyes físicas para el diseño, selección y dimensionamiento de instalaciones eléctricas y neumáticas industriales, en base a normativa internacional.

Laboratorios

En cuanto tiene que ver a la infraestructura de Laboratorios, la Universidad Tecnológica Indoamérica cuenta con los siguientes talleres:

- Redes
- Procesos
- Cad-Cam
- Automatización industrial
- Mantenimiento
- Hidráulica y Neumática
- Control industrial
- Ciencias básicas
- Soldadura

En estos espacios se realizan prácticas experimentales los siguientes proyectos formativos de manera coordinada y efectiva.

A primera vista se encuentra el taller de Redes, comparte la instalación los proyectos formativos como: Redes, Programación, Robótica. En la siguiente figura 2 se muestra sus instalaciones y parte de su inventario, que es mencionando a continuación: herramientas pequeñas y computadores desarmados.



Figura 2: Taller de Redes

Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

El siguiente es el laboratorio de Ciencias Básicas donde conjugan con sus prácticas los proyectos formativos de Física Básica y Química, a continuación, en la figura 3 se observan sus instalaciones y a continuación se menciona parte de su inventario:

- Multímetros.
- Kits de física 1 y 2.
- Taladros.
- Fuentes de voltaje.
- Equipo de destilación.
- Fotómetro.
- Potenciómetro.
- Probetas de vidrio.
- Sustancias químicas.
- Herramientas varias.



Figura 3: Laboratorio de Ciencias Básicas.
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

En el taller de Control Industrial coordinan los siguientes proyectos formativos para realizar sus prácticas experimentales: Control industrial, Eléctrica y electrónica, Mantenimiento e Instalaciones industriales. La siguiente figura 4 nos muestran cómo está compuesto este espacio de prácticas, como un breve repaso de su inventario se puede mencionar lo siguiente: 8 paneles didácticos de control industrial y 4 motores AC con tableros didácticos.



Figura 4 : Taller de control industrial
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

En el taller de Mantenimiento conjugan los siguientes proyectos formativos para realizar sus respectivas prácticas experimentales: Gestión del mantenimiento,

Ingeniería de métodos, Resistencias de materiales, Diseño mecánico, Gestión de energías.

De igual manera la siguiente figura 5 respectivamente nos presentan un panorama de este espacio y un breve inventario: cuatro motores Siemens, Máquina para ensayo de tracción y varios proyectos desarrollados por estudiantes.



Figura 5: Taller de mantenimiento y diseño
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

En el taller de Procesos los proyectos formativos que hacen uso de esta instalación son: Diseño y medición del trabajo, Ingeniería de métodos y Procesos de manufactura.

En este espacio se encuentran: doce vehículos didácticos, Tableros de control de micro movimientos y tres juegos de llaves, se puede visualizar en la siguiente figura 6.



Figura 6: Taller de procesos
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

En el taller de CAD/CAM/CIM, Dibujo industrial y Diseño mecánico son los proyectos formativos que hacen uso de esta instalación. A continuación, se menciona el siguiente inventario que posee este taller y que a la vez se puede visualizar en la siguiente figura 7: un torno CNC, una fresa CNC y nueve computadores.



Figura 7: Taller de CAD/CAM/CIM
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

En el taller de Automatización conjugan los siguientes proyectos formativos para realizar sus prácticas experimentales: Automatización industrial, Control industrial, Gestión de operaciones. Se puede mencionar como breve resumen que contiene este taller y como muestra la siguiente figura 8: ensambladora automatizada, mezcladora de tintas, embotelladora, despulpadora de frutas, línea de control industrial de motores, seis PLC's y cuatro variadores de frecuencia.



Figura 8: Taller de automatización

Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

En el taller de Hidráulica y Neumática los proyectos formativos que comparte este espacio son: Electrohidráulica y electroneumática, Mecánica de Fluidos y Termodinámica. Como un breve inventario se puede mencionar lo siguiente: tablero electroneumático, tablero electrohidráulico, tablero de mecánica de fluidos. La siguiente figura 9 muestra una vista de este espacio.



Figura 9: Taller de hidráulica y neumática
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

Para finalizar el taller de procesos de manufactura donde confluyen a realizar sus prácticas los siguientes proyectos formativos: Procesos de manufactura, Tecnología de materiales y Resistencia de materiales. Al igual se puede mencionar los equipos que se encuentran en este espacio:

- Tres maquina eléctrica de proceso SMAW
- Una maquina eléctrica para proceso MIG/MAG
- Una maquina eléctrica para proceso GTAW
- Cortadora por plasma
- Taladro de pedestal
- Compresor de aire
- Siete amoladoras
- Un esmeril
- Una tronzadora
- Un torno para madera.

Las siguientes figuras 10 y 11 muestran el taller de procesos de manufactura.



Figura 10: Ingreso a taller de procesos de manufactura
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica



Figura 11: Taller de procesos de manufactura
Fuente de investigación: Universidad Tecnológica Indoamérica

Problemática.

La universidad como parte de su misión, en la cual cita brindar una educación de calidad contribuyendo al avance de la ciencia y la tecnología, y en su visión de ser una institución acreditada a nivel internacional. Se plantea la interrogante de como implementar conocimientos y habilidades para ingenieros industriales de la Industria 4.0 como los desafíos en los procesos de digitalización y creación de valor, enfatizando la importancia de los temas de STEAM.

Entre los pilares fundamentales de la industria 4.0 se puede mencionar: la robótica, el internet de las cosas (IoT por sus siglas en ingles), y fabricación aditiva. De esta manera la robótica como pilar en los laboratorios de la universidad muestra una necesidad para que los futuros profesionales tengan la facilidad de interactuar con prototipos que simulen un entorno de un proceso industrial. Por su parte el internet de las cosas, en los laboratorios se necesita un entorno de enseñanza aprendizaje donde se pueda visualizar, controlar y manipular datos en tiempo real. Por el lado de la fabricación aditiva surge como aportaciones a la industria manufacturera con la creación y la innovación, en base a sistemas digitales, por lo cual la necesidad de diseñar y buscar nuevas alternativas de producción manufacturera. Dicho de esta manera la adaptación de la educación superior a la visión de la industria 4.0 han sido los nuevos desafíos del laboratorio en los últimos años, por lo cual surgen la necesidad de laboratorios virtuales y descentralizados en tiempo real, desarrollando laboratorios de entorno de automatización virtual para estudiantes, creando un entorno de aprendizaje en los cuales puedan acceder y controlar variedad de dispositivos a través de internet.

Por esta razón se presenta la siguiente propuesta, para que pueda aportar en el proceso de enseñanza aprendizaje en los laboratorios de la universidad, por citar un ejemplo con el proyecto formativo de Física básica para el análisis de la cinemática de los cuerpos, por parte del proyecto formativo de Mecánica vectorial para el análisis de sistemas equivalentes de fuerza y su análisis estructural. Al igual para el proyecto formativo Programación aportaría para ver su lenguaje de programación y funciones de movimiento, en el proyecto formativo Automatización industrial podría formar del proceso en la línea de producción que tiene en su taller.

Área de estudio

Dominio: Tecnología y sociedad.

Línea de investigación: Automatización y Redes.

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Industria 4.0

Aspecto: Robótica.

Objeto de estudio: STEAM.

Periodo de análisis: 2020 – 2021

Modelo operativo

A continuación, en el siguiente diagrama de flujo presentado en la figura 12, se indica la secuencia del modelo operativo detallando cada etapa a llevarse a cabo para la ejecución del presente proyecto.

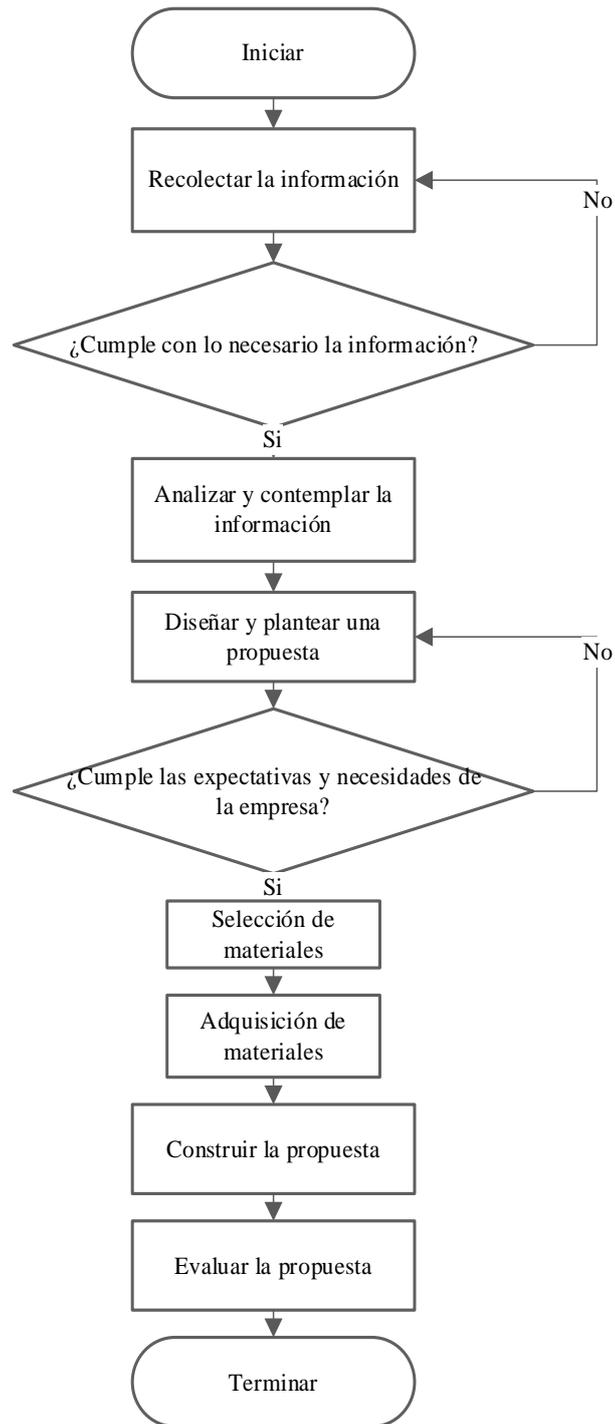


Figura 12: Modelo Operativo
Realizado por: El autor

Desarrollo del modelo operativo

El proceso planteado para la propuesta metodológica del presente proyecto se muestra en la figura 12, mediante un diagrama de flujo. A continuación, se detalla cada una de las etapas del proceso a seguir.

Recolección de la información

Se ha recabado información necesaria de diferentes trabajos, unos relacionados al estudio de la industria 4.0, otros respecto de la metodología de enseñanza STEAM, que se plasmó en los antecedentes del Capítulo I. Recopilando información de estudios en cuanto se refiere al diseño y construcción de manipuladores móviles que se encuentran en diferentes proyectos de grado de varias universidades, y el trabajo de maestría del Ingeniero José Varela, docente de la Universidad Indoamérica, toda esta información ha sido recopilada de diferentes fuentes bibliográficas.

Para la información sobre el diagnóstico actual en la Universidad Indoamérica, en cuanto se refiere a los proyectos formativos y de los recursos disponibles en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial, se accede a esta información brindada por el Técnico Docente de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

Análisis de la información

El objetivo de este apartado es que una vez recopilado la mayor información necesaria para analizar la situación de la Universidad Tecnológica Indoamérica, en los proyectos formativos, en los laboratorios y los recursos disponibles, definir posibles problemas que esta tiene en cuanto se refiere los puntos mencionados anteriormente, según eso también se realiza una comparación en cuanto tiene que ver cuántos proyectos de grado de este tipo se han desarrollados en la Universidad, y presentar una propuesta adecuada.

Además, se considera la información para la construcción mecánica y electrónica del manipulador móvil.

Diseño y planteamiento de la propuesta

Primera etapa el diseño básico del sistema donde se definen las características generales del brazo robótico, los grados de libertad, número de eslabones, etc.

El brazo robótico se diseña para tener cinco grados de libertad, lo cual le permite abarcar un amplio espacio de trabajo. Los grados de libertad que dispone el robot son: uno en la base de rotación, otro en la articulación de rotación tipo hombro, un tercero en la articulación de rotación tipo codo, una articulación de rotación tipo muñeca que sirve para dar la orientación al último actuador, este mismo tipo palma de la mano, y por último un elemento actuador que permite manipular objetos.

Continuando con el diseño básico del sistema donde se definen las características generales para la plataforma móvil, dimensiones, ubicación de los actuadores y sensores.

La plataforma se diseña para poder realizar movimientos en todas las direcciones (omnidireccional) y que se pueda ensamblar de manera sencilla el brazo en la parte superior de esta.

En la siguiente etapa se tiene el diseño digital, tanto 2D (planos) como 3D (ensamble), del sistema. Se realizan las piezas utilizando las medidas exactas para así visualizar la estructura del sistema y las posibles configuraciones.

El software escogido para realizar el diseño del sistema es SolidWorks 2020, un software especializado en el diseño mecánico, con la ayuda de este software se puede validar los diseños antes de que éstos sean impresos para ahorrar tiempo y dinero en la construcción de estos.

Algunas de las funciones por las cuales se utiliza este software son:

- Diseño sencillo de piezas 2D y 3D.
- Ensamblaje sencillo de piezas en el diseño 3D.
- Facilidad para elegir los materiales de las piezas.

En esta etapa se realiza la simulación del sistema para visualizar las limitaciones físicas, mecánicas del movimiento de las articulaciones, eslabones y garra, además

de posibles inconvenientes que puedan existir y así realizar las correcciones necesarias para un correcto funcionamiento del sistema.

Como parte de este trabajo de investigación también se realiza el manual de operaciones para el uso y funcionamiento del robot, que se encuentra en el Anexo 1, también se proponen las guías de prácticas a realizarse por parte de los estudiantes, como parte de un material de apoyo para los docentes, que se pueden verificar en el Anexo 2.

Selección de los materiales.

Con estas características se realiza una búsqueda de componentes electrónicos que sean de fácil operación, conectividad y precisión, para lograr mayor efectividad al medir las posibles variables.

La selección de los materiales se la realiza en dos etapas, la primera por la parte electrónica y de control la cual se base a una búsqueda de actuadores inteligentes, principalmente que sean de precisión, mismos que sean de un control sencillo, que se pueda realizar conexiones en serie de estos, que no necesiten placas de control adicionales, es decir que su control sea desde una placa principal, que esta placa de control a la vez pueda trabajar con los diferentes sensores necesarios para la aplicación de la industria 4.0, que puedan operar con fuentes de alimentación fáciles de adquirir. En esta etapa es importante seleccionar adecuadamente puesto que estos actuadores estarán presentes en la plataforma y en el brazo manipulador.

Continuando con la segunda etapa que es la mecánica, se necesitan de materiales que puedan soportar el peso del brazo manipulador, la plataforma debe ser rígida y simétrica que su centro de gravedad se ubique en centro de esta, para esto se toma en consideración materiales como el PLA, planchas de Nylon, chapa metálica y varillas de acero. De igual manera para el brazo manipulador es necesario considerar que estará sometido a fuerzas, ya sea por el peso de este, el peso de los actuadores, y la carga que se pretende levantar, que sea moldeable según el diseño de este. Para el movimiento se considera que no tenga ningún inconveniente al desplazarse por distintos terrenos, se toman en consideración que la potencia

disminuya en ninguna de las ruedas, por eso como parte de la investigación se considera el uso de cadenas o bandas de transmisión, ruedas mecanum y ruedas de goma.

Adquisición de los elementos.

La compra se realiza en los Estados Unidos de América por medio de la página en internet de la empresa cuyos dispositivos electrónicos como sensores, placa de control y actuadores inteligentes cumplen con los requerimientos necesarios para el desarrollo de este proyecto, Los mismo que serán enviados a una dirección de confianza allá y posterior su traslado hacia el Ecuador.

La adquisición de los materiales tanto para la plataforma como para el brazo manipulador se realizaron en base a que cumplan los requerimientos de diseño, por ende, se adquiere PLA para el brazo dado que es moldeable según el diseño de este y la plataforma chapa metálico con soportes de varillas de acero normal para evitar las deformaciones.

Construcción de la propuesta.

La tabla 1 visualiza el cronograma de actividades, esta brinda apoyo a la implementación de la propuesta, brindando un orden claro y conciso en el desarrollo de la construcción del manipulador móvil dentro de un periodo de 12 meses.

Tabla 1: Cronograma de actividades para construcción del manipulador móvil

Cronograma de actividades para construcción de manipulador móvil												
Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diseñar la plataforma del robot móvil, mediante el software SOLIDWORKS.	X	X	X	X								
Diseñar la plataforma del brazo manipulador, mediante el software SOLIDWORKS.			X	X	X	X						
Simular el comportamiento del manipulador móvil, para observar su correcto funcionamiento.					X	X	X	X	X			
Construir la plataforma móvil, según el diseño.							X	X	X			
Construir el brazo manipulador, según el diseño.									X	X	X	

Pruebas de Validación												X	X
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Realizado por: El autor

Evaluación de la propuesta

Una vez concluido el diseño y la construcción del manipulador móvil, se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento en campo en base a pruebas de velocidad, carga útil, comunicación, visualización con la finalidad de observar su comportamiento tanto mecánico como electrónico y el control de este sistema.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta:

Descripción general

El presente capítulo consiste en el diseño, construcción y control de un manipulador móvil con cinco grados de libertad y un elemento ejecutor, para ellos se utilizan principios básicos de mecánica para realizar el diseño y simulación del manipulador móvil, añadiendo un conocimiento básico en electrónica y programación con la finalidad de mecanizar de manera adecuada los movimientos del sistema. Paso a paso se detalla la construcción y montaje del brazo, con sus actuadores inteligentes y sensores necesarios.

Como controlador se utiliza una placa Open CM9.04 con su respectiva placa de expansión, adicional una placa ESP32 Cam, la cual nos permitirá comandar inalámbricamente gracias a su componente módulo Wifi. Gracias a una interfaz gráfica se podrá realizar el control manual con selección de sentido de rotación y posicionamiento de los actuadores inteligentes y él envió de datos periódicamente obtenidos por el robot manipulador móvil hacia la nube para su posterior análisis y revisión.

Se realiza el cálculo y el análisis de fuerzas en cada uno de los segmentos tanto en la plataforma como en el brazo, con esto se proyecta un adecuado funcionamiento del manipulador móvil que está compuesto principalmente de un brazo con un elemento ejecutor y una plataforma encargada del transporte y control del brazo manipulador.

Para esto si realizan tres procesos de diseños, el diseño electrónico de la plataforma y del brazo manipulador, continuando con el diseño mecánico de igual manera

plataforma móvil y brazo manipulador, para finalizar con el diseño del software de control y testeo.

Al finalizar su construcción se realizará pruebas de funcionamiento en base a encuestas tanto de la plataforma, como del brazo manipulador y de sus respectivos sensores, todo esto con la finalidad de que sea una herramienta para realizar distintos tipos de prácticas de laboratorio. Para una mejor experiencia también se cuenta con un manual de operaciones donde se podrá revisar el proceso de ensamble de la plataforma, el brazo manipulador y todo lo necesario a tomar en cuenta al momento de poner en funcionamiento.

Diseño del robot manipulador móvil

Se ha dividido en tres etapas de diseño: electrónicos, mecánicos y software. Siendo el diseño mecánico el que lleva más ponderación, dado que como futuros Ingenieros Industriales debe estar capacitado para resolver problemas de física y mecánica básica, manejo de software de diseño y simulación mecánica y procesos de soldadura.

Diseño electrónico

Diseño del control del manipulador móvil

En la siguiente figura 13 se muestra el diagrama del proceso que sigue el manipulador móvil para su correcto funcionamiento. El primer diagrama A muestra cómo se alimenta la placa de control, su módulo de comunicación, que estos en base a comunicación serial continúan enviando la señal hacia los actuadores inteligentes hasta completar el movimiento de estos, el diagrama B muestra su retroalimentación, donde la información captada por los sensores y actuadores retorna hacia su placa de control y es enviada hacia el módulo para que los datos lleguen a la nube virtual. En los diagramas C y D respectivamente complementa el cierre del ciclo para el diagrama A, y en el último diagrama E muestra el proceso del módulo de la cámara.

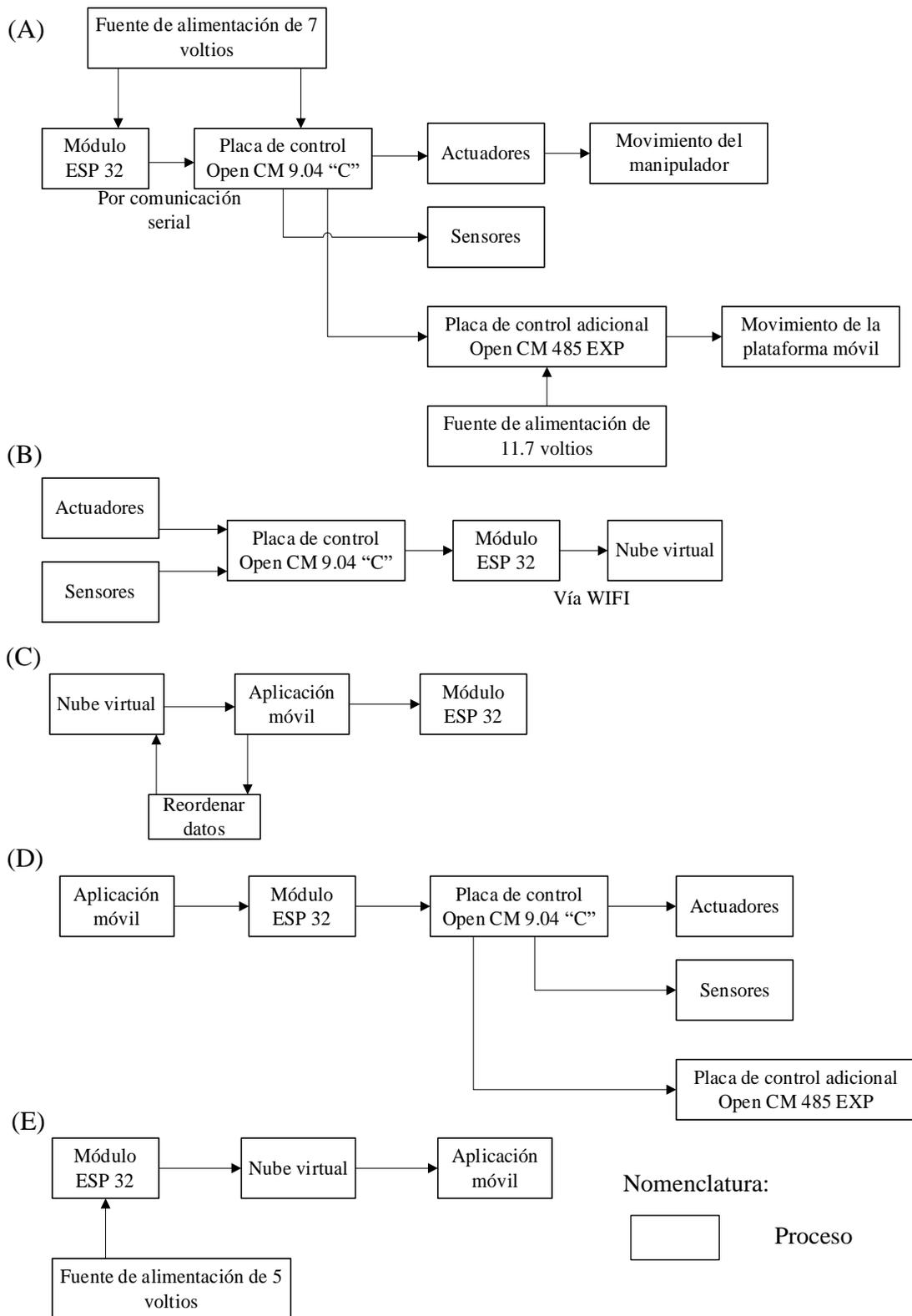


Figura 13 Diseño de control del manipulador móvil
Realizado por: El autor

Diseño electrónico del brazo manipulador

En cuanto al esquema electrónico del brazo manipulador se puede resumir con la figura del Anexo 4.

Los actuadores tienen la ventaja de trabajar en serie por ende se puede conectar directamente a la placa de control y la placa de expansión sin la necesidad de otros circuitos de control o acondicionamiento.

Para este sistema de accionamiento se ha determinado utilizar los actuadores inteligentes, dado que estos brindan precisión, facilidad en el control de movimiento del robot, es decir sea de conexión en serie. Con la información previamente analizada se han encontrado actuadores de diferentes marcas y características, se analizó la marca HITEC, pero estos necesitan de una placa controladora adicional para cada actuador, es así que se damos con la alternativa de la marca DYNAMIXEL, dado que estos integran la placa controladora, los sensores y todo configurado para funcionar con una placa principal de control y una placa de expansión solo para conexión de los actuadores además estos actuadores tienen sistemas de autocontrol, caja reductora, medida de posición, velocidad y características técnicas que son de ayuda para aplicar en cada articulación.

Considerando que todos son distribuidos por la misma empresa, aunque son de precio accesible al mercado, como en para todo hay un contra, estos mismos solo pueden ser adquiridos en los Estados Unidos de América, lo cual considera un costo adicional de importación.

La siguiente tabla 2 se enumera cada uno de los componentes necesarios para este proyecto:

Tabla 2: Dispositivos para la construcción del brazo manipulador

Elemento	Nombre
Placa Controladora	Open cm9.04 tipo C
	Open cm485 exp
Motores Dynamixel	XL-320
	XL430-w250
Alimentación	Lipo battery 11.1v 1000mah lb-011

Realizado por: El autor

Diseño electrónico de la plataforma móvil

Para el esquema electrónico de la plataforma móvil se puede visualizar como están conectados los actuadores y las placas de control en el Anexo 5.

Tomando en cuenta la conexión de los actuadores puede visualizarse en la figura 14.

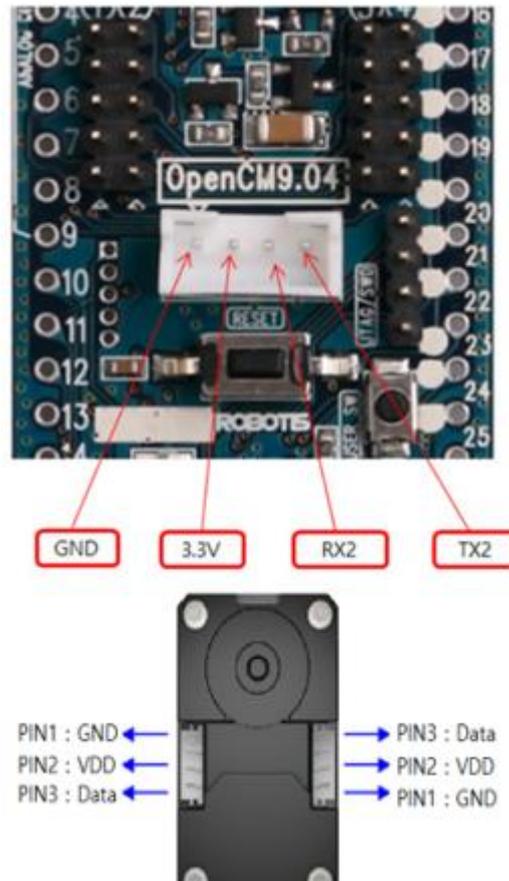


Figura 14: Conexión de los actuadores
Realizado por: El autor

Diseño mecánico

Diseño mecánico del brazo manipulador

Para el diseño del brazo manipulador se tomó en consideración los siguientes parámetros:

Dimensiones.

Las dimensiones están adecuadas en base a los componentes del sistema como son los actuadores, y el cableado desde la plataforma hasta la garra del brazo. Las dimensiones son: 38 mm el primer eslabón, 130 mm segundo eslabón, 95mm tercer eslabón, 88 mm el cuarto eslabón y 100mm el conjunto final de transmisión del movimiento hasta la punta de la garra.

Torque.

El torque de tracción viene dado por los tres actuadores inteligentes acopladas el primero en la plataforma que gira en el eje Z, el segundo que realiza el giro en el eje Y, el tercer actuador que imita la articulación de codo, a torque de estos actuadores es de 1.6 Newtons-metro, siguiendo para realizar el movimiento de muñeca y de la pinza otro actuador de 1.6 Newtons-metro de torque.

Materiales.

La plataforma será construirá con materiales resistentes y livianos, analizados en el estudio de la industria 4.0 como la impresión 3D. Esto ayudara a soportar todo el peso de los componentes del sistema.

Parámetros de diseño del brazo manipulador

Se analiza la fisonomía más importante que caracterizan al brazo robótico para su aplicación y en fundamento a ello desarrollar el posterior diseño.

Configuración del brazo

Se opta por una configuración antropomórfica, puesto que dicha configuración nos facilita tener una mejor orientación en su elemento ejecutor con facilidad para moverse en diferentes trayectorias, sus respectivas articulaciones poseen un movimiento rotacional y angular.

Grados de libertad

Para orientar y posicionar un objeto en el espacio se precisa de cinco grados de libertad, dos para definir la orientación y tres para definir la posición.

Capacidad de carga útil.

La capacidad de la carga útil que se espera para el brazo manipulador será calculada más adelante, un peso que sea posible transportar y levantar

Velocidad

La velocidad alcanzable de igual manera se calculada esperando cumplir con la función de trasladar objetos según la manipulación desde la plataforma.

Alcance máximo

Se ha considerado la distancia que el brazo alcanza desde su base, en nuestro caso el alcance máximo se esperara para 400 mm

Geometría de la Estructura

La estructura del brazo está compuesta por una serie de eslabones interconectados con los actuadores inteligentes.

En la figura 15 muestra la configuración del brazo manipulador, se utilizan diferentes componentes tales como actuadores inteligentes, eslabones y un elemento ejecutor que ayuda al brazo para sujetar objetos.

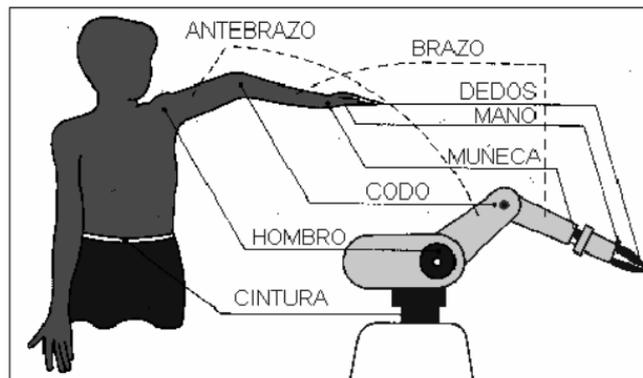


Figura 15: Estructura antropomórfica de un brazo manipulador
Fuente de investigación: (Fdez, Cruzado, & Esteban, 2018)

Cálculo de cargas

Para el diseño de la estructura del brazo y la plataforma móvil es indispensable considerar las cargas a las que cada uno de los elementos va a estar sujeto, para ello se realizó los cálculos detallados a continuación.

Cargas en los eslabones del brazo manipulador.

Para encontrar el valor exacto de carga útil que podrá soportar el motor vamos a utilizar los actuadores inteligentes que ya se establecieron como los adecuados para este proyecto, la siguiente tabla 3 mostrará las características necesarias para realizar los cálculos.

Para esto se aplica la ecuación (1) que se basa en el principio de torque.

$$T = F * d \quad (1)$$

A partir de esta ecuación es posible ir aplicando para cada eslabón según la distancia que separa a cada analizada como lo muestra la tabla 3 a continuación:

Tabla 3: Datos del Dynamixel XL 320

	Dynamixel XL 320	
Peso	16,7	g
Torque	0,39	N.m
Velocidad angular	114	rev/min

Realizado por: El autor

- Carga útil

m_{xl320} : Masa de motor XL 320

m_{Ga} : Masa de la garra ensamblada

m_{ECO} : Masa del eslabón conducido

m_{ECr} : Masa del eslabón conductor

m_{E3} : Masa del eslabón 3

d_{Ga} : Distancia de la garra

d_{ECO} : Distancia eslabón conducido

d_{E3} : Distancia eslabón 3

Tm : Torque del motor 1

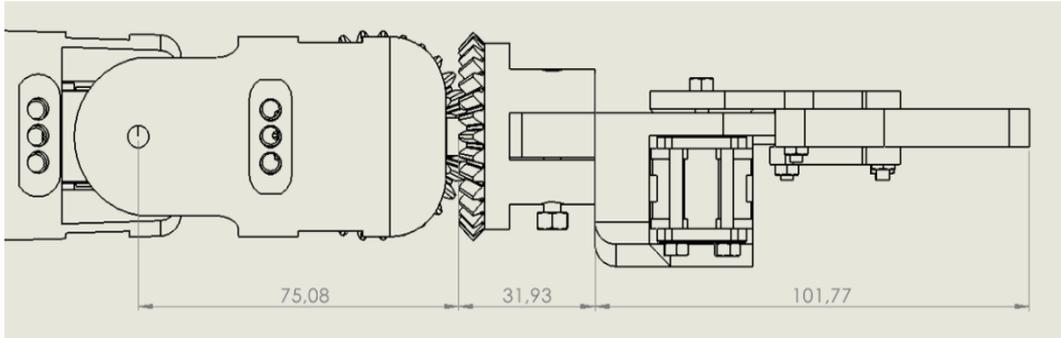


Figura 16: Articulación del antebrazo.

Realizado por: El autor

A partir de la ecuación (1) nos permite desarrollar para todo el análisis de fuerzas.

$$\begin{aligned}
 T_m = & (W_{E3} + W_{xl320} + W_{ECr}) * \frac{d_{E3}}{2} + (W_{ECO}) \\
 & * \left(d_{E3} + \frac{d_{ECO}}{2} \right) + (W_{Ga}) * \left(d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right) \quad (2) \\
 & + (W_{Cu}) * \left(d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right)
 \end{aligned}$$

De esta ecuación (2) se procede a despejar W_{Cu} dado que es nuestra incógnita.

$$\begin{aligned}
 W_{Cu} \\
 T_m - & \left[(W_{E3} + W_{xl320} + W_{ECr}) * \frac{d_{E3}}{2} + (W_{ECO}) * \left(d_{E3} + \frac{d_{ECO}}{2} \right) + \right. \quad (3) \\
 & \left. (W_{Ga}) * \left(d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right) \right] \\
 = & \frac{\quad}{\left(d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right)} \quad)
 \end{aligned}$$

Primeramente, es necesario saber el torque del actuador inteligente, para eso nos conviene utilizar la siguiente fórmula de cálculo de torque para motores electrónicos:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (4)$$

Donde: T = torque del motor.

P = potencia en watios.

ω = radianes sobre segundo.

Es necesario realizar el cálculo de los watos del motor, haciendo uso de la siguiente fórmula de:

$$P = V * I \quad (5)$$

Donde: P = potencia en watos del motor.

V = voltaje del motor.

I = corriente del motor.

Así se obtiene el valor de $P=8.14$ w

Al reemplazar en la ecuación (4) el valor del torque del actuador inteligente es de $T=0.69Nm$.

Reemplazando en la ecuación los datos necesarios, se obtiene el valor enmarcado en la siguiente tabla 4.

Tabla 4: Valores del primer eslabón

	Masa (g)	Gravedad	Peso (N)	Distancia (mm)	Distancia (m)
Eslabón 3	40	9,8	0,392	75,080	0,075
Eslabón Cr	7	9,8	0,069	0,000	0,000
Eslabón Co	26	9,8	0,255	31,930	0,032
Garra	80	9,8	0,784	101,770	0,102
Motor XL320	16,7	9,8	0,164	0,000	0,000
Torque	0,69	N.m			
Carga útil	0,003290651	N			
	0,033578071	g			

Realizado por: El autor

Continuando con el análisis de fuerzas se desarrolla el siguiente cálculo:

m_{xl320} : Masa de motor XL 320

m_{Ga} : Masa de la garra ensamblada

m_{ECO} : Masa del eslabón conducido

m_{ECr} : Masa del eslabón conductor

m_{E3} : Masa del eslabón 3

m_{E2} : Masa del eslabón 2

m_{xl4300} : Masa de motor XL 430

d_{Ga} : Distancia de la garra

d_{ECO} : Distancia eslabón conducido

d_{E3} : Distancia eslabón 3

d_{E2} : Distancia eslabón 2

$Tm2$: Torque del motor 2

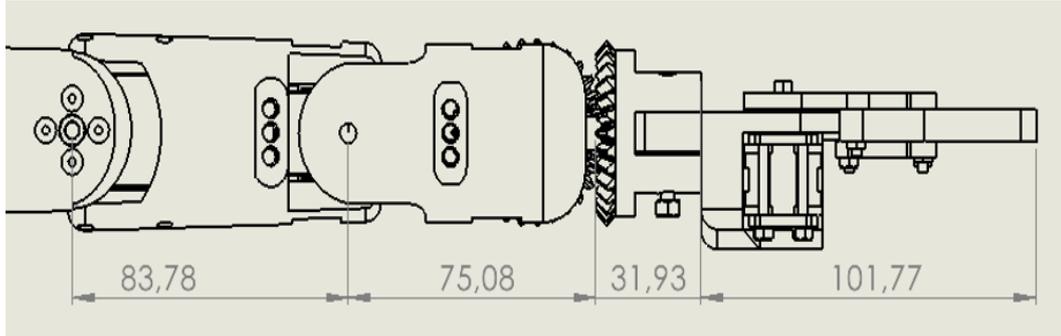


Figura 17: Articulación de codo

Realizado por: El autor

Como se lo menciono la ecuación (1) permitirá hacer el análisis de fuerzas para cada eslabón, al igual que fue necesario usar las ecuaciones (4) y (5) para obtener los valores del torque del actuador y así también queda la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Tm = & (W_{E2} + W_{xl430} + W_{xl320}) * \frac{d_{E2}}{2} \\ & + (W_{E3} + W_{xl320} + W_{ECr}) * \left(d_{E2} + \frac{d_{E3}}{2} \right) \\ & + (W_{ECO}) * \left(d_{E2} + d_{E3} + \frac{d_{ECO}}{2} \right) + (W_{Ga}) \\ & * \left(d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right) + (W_{Cu}) \\ & * \left(d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

De esta ecuación (6) es necesario seguir despejando nuestra incógnita que es W_{Cu} .

$$W_{Cu} = \frac{Tm - \left[\begin{aligned} &(W_{E2} + W_{xl430} + W_{xl320}) * \frac{d_{E2}}{2} + \\ &(W_{E3} + W_{xl320} + W_{ECr}) * \left(d_{E2} + \frac{d_{E3}}{2}\right) + \\ &(W_{ECO}) * \left(d_{E2} + d_{E3} + \frac{d_{ECO}}{2}\right) + \\ &(W_{Ga}) * \left(d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2}\right) \end{aligned} \right]}{\left(d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2}\right)} \quad (7)$$

Remplazando en la fórmula los datos necesarios se obtiene el valor enmarcado en la siguiente tabla 5.

Tabla 5: Valores del segundo eslabón

	Masa (g)	Gravedad	Peso (N)	Distancia (mm)	Distancia (m)
Eslabón 3	40	9,8	0,392	75,080	0,075
Eslabón 2	51	9,8	0,500	83,780	0,084
Eslabón Cr	7	9,8	0,069	0,000	0,000
Eslabón Co	26	9,8	0,255	31,930	0,032
Garra	85	9,8	0,833	101,770	0,102
Motor XL320	16,7	9,8	0,164	0,000	0,000
Motor XL430	57,2	9,8	0,561	0,000	0,000
Torque	2,63	N.m			
Carga útil	0,673976568	N			
	6,877311921	g			

Realizado por: El autor

Continuando con el análisis de fuerzas pasamos al siguiente cálculo:

m_{xl320} : Masa de motor XL 320.

m_{Ga} : Masa de la garra ensamblada.

m_{ECO} : Masa del eslabón conducido.

m_{ECr} : Masa del eslabón conductor.

m_{E3} : Masa del eslabón 3.

m_{E2} : Masa del eslabón 2.

- m_{E1} : Masa del eslabón 1.
 m_{xl4300} : Masa de motor XL 430.
 d_{Ga} : Distancia de la garra.
 d_{ECO} : Distancia eslabón conducido.
 d_{E3} : Distancia eslabón 3.
 d_{E2} : Distancia eslabón 2.
 $Tm2$: Torque del motor 2.

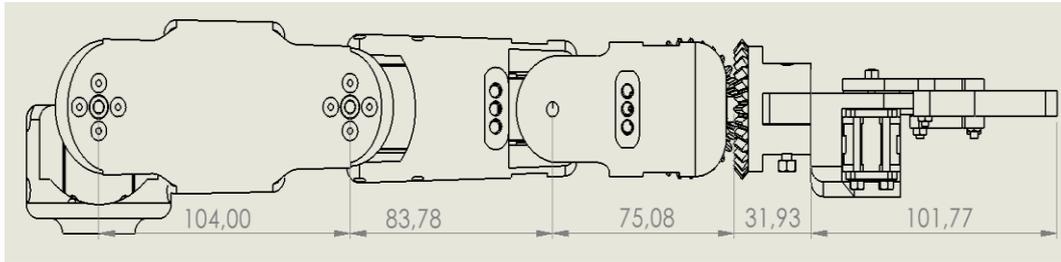


Figura 18: Articulación de hombro

Realizado por: El autor

$$\begin{aligned}
 Tm = & W_{E1} * \frac{d_{E1}}{2} + (W_{E2} + W_{xl430} + W_{xl320}) * \left(d_{E1} + \frac{d_{E2}}{2} \right) \\
 & + (W_{E3} + W_{xl320} + W_{ECr}) * \left(d_{E1} + d_{E2} + \frac{d_{E3}}{2} \right) \\
 & + (W_{ECO}) * \left(d_{E1} + d_{E2} + d_{E3} + \frac{d_{ECO}}{2} \right) + (W_{Ga}) \\
 & * \left(d_{E1} + d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right) + (W_{Cu}) \\
 & * \left(d_{E1} + d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right)
 \end{aligned} \quad (8)$$

Despejando nuestra incógnita.

$$W_{Cu} = \frac{Tm - \left[\left(W_{E1} * \frac{d_{E1}}{2} \right) + (W_{E2} + W_{xl430} + W_{xl320}) * \left(d_{E1} + \frac{d_{E2}}{2} \right) + (W_{E3} + W_{xl320} + W_{ECr}) * \left(d_{E1} + d_{E2} + \frac{d_{E3}}{2} \right) + (W_{ECO}) * \left(d_{E1} + d_{E2} + d_{E3} + \frac{d_{ECO}}{2} \right) + (W_{Ga}) * \left(d_{E1} + d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right) \right]}{\left(d_{E1} + d_{E2} + d_{E3} + d_{ECO} + \frac{d_{Ga}}{2} \right)} \quad (9)$$

Reemplazando los datos y se obtiene la siguiente tabla 6:

Tabla 6: Valores del brazo manipulador completo

	Masa (g)	Gravedad	Peso (N)	Distancia (mm)	Distancia (m)
Eslabón 3	40	9,8	0,392	75,080	0,075
Eslabón 2	51	9,8	0,500	83,780	0,084
Eslabón 1	120	9,8	1,176	104,000	0,104
Eslabón Cr	7	9,8	0,069	0,000	0,000
Eslabón Co	26	9,8	0,255	31,930	0,032
Garra	85	9,8	0,833	101,770	0,102
Motor XL320	16,7	9,8	0,164	0,000	0,000
Motor XL430	57,2	9,8	0,561	0,000	0,000
Torque	2,63	N.m			
Carga útil	5,4693732	N			
	55,8099304	g			

Realizado por: El autor

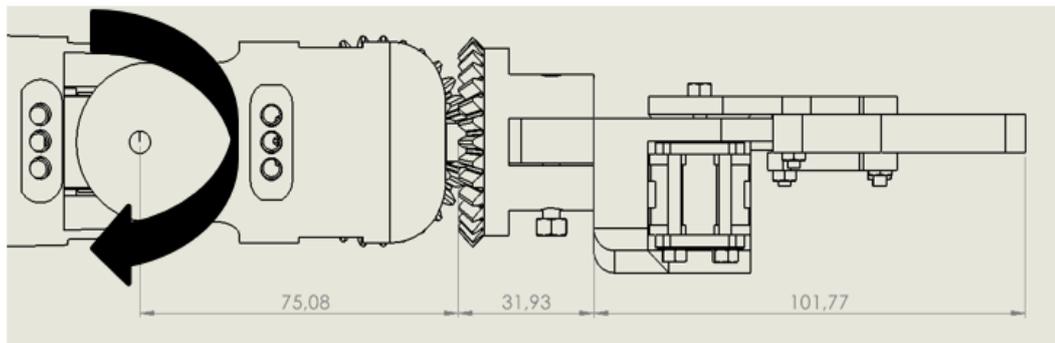


Figura 19: Radio de giro de la muñeca

Realizado por: El autor

Cálculo de velocidades

Para el cálculo de las velocidades de giro de los eslabones es necesario aplicar la ecuación (10) que se muestra a continuación:

$$v = \omega * r_{giro} \quad (10)$$

Para el cálculo de la velocidad de giro de la figura 28, se aplicará la ecuación anterior de la siguiente manera:

La siguiente tabla 7 muestra los datos y valores obtenidos.

Tabla 7: Velocidad máxima de la muñeca

Velocidad de giro			
Velocidad angular		Radio de giro	
rpm	rad/s	mm	m
114	11,932	208,78	0,20878
Velocidad lineal		2,491163 m/s	

Realizado por: El autor

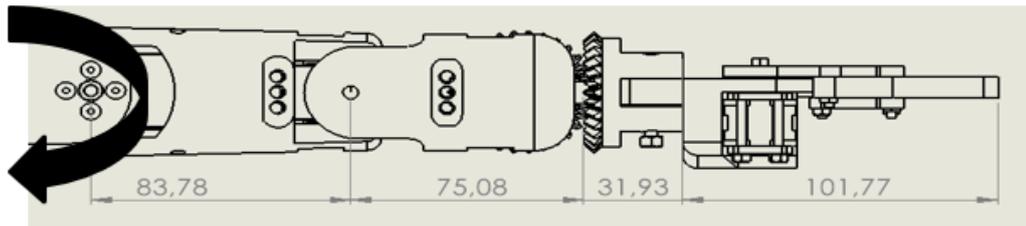


Figura 20: Radio de giro antebrazo y muñeca

Realizado por: El autor

De igual manera se aplica la ecuación (10) para los siguientes eslabones.

$$v = \omega * r_{giro} \quad (11)$$

Reemplazando los valores se obtiene la siguiente tabla 8:

Tabla 8: Velocidad máxima de muñeca y antebrazo

Velocidad de giro			
Velocidad angular		Radio de giro	
rpm	rad/s	mm	m
61	6,3846667	292,56	0,29256
Velocidad lineal		1,8678981 m/s	

Realizado por: El autor

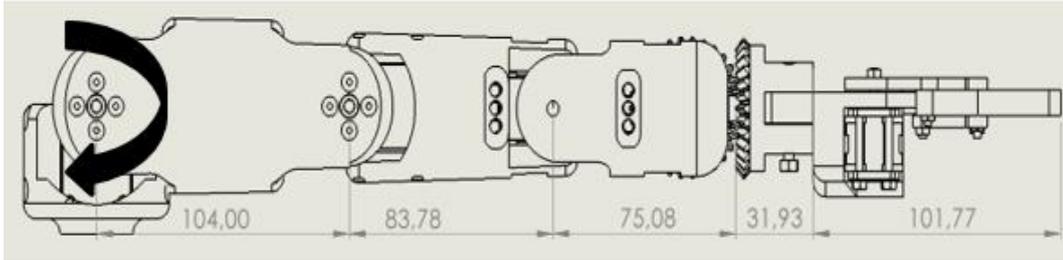


Figura 21: Radio de giro del brazo

Realizado por: El autor

A continuación, se aplica la ecuación (10) y se obtiene la siguiente tabla 9 de valores:

Tabla 9: Velocidad máxima del brazo completo

Velocidad de giro			
Velocidad angular		Radio de giro	
rpm	rad/s	mm	m
114	11,932	396,56	0,39656
Velocidad lineal			
	4,7317539	m/s	

Realizado por: El autor

Antes de continuar con el cálculo de la velocidad del sistema de transmisión de movimiento es necesario realizar los cálculos del sistema engrane – piñón.

Para ellos se utiliza las siguientes ecuaciones.

$$Dp = M * N \quad (12)$$

$$Dem = Dp + (2(M) * \cos \alpha) \quad (13)$$

$$Dim = Dp - ((1.157) * (2) * (M) * (\cos \alpha)) \quad (14)$$

$$G = \frac{Dp}{2 * \sin \alpha} \quad (15)$$

$$\tan \beta = \frac{M}{G} \quad (16)$$

$$\tan \beta'' = (0.157) * \frac{M}{G} \quad (17)$$

$$\kappa = \alpha - (\beta + \beta'') \quad (18)$$

$$\Delta = \alpha + \beta \quad (19)$$

$$H = 2.16 * (M) \quad (20)$$

$$de = \frac{Dem(G - L)}{G} \quad (21)$$

$$Ni = \frac{N}{\cos \alpha} \quad (22)$$

Donde:

Dp: diámetro primitivo mayor

Dem: diámetro exterior mayor

Dim: diámetro interior mayor

L: longitud de diente

G: mayúscula, longitud de la generatriz sobre el cono primitivo,

β : (Beta prima), ángulo correspondiente al fondo del dentado,

κ : ángulo de inclinación del divisor,

Δ : semiángulo del cono exterior.

$$de = \frac{Dem*(G-L)}{G}$$

$$Ni = \frac{N}{\cos \alpha}$$

Para nuestro caso es necesario que el valor sea del módulo sea de 1,25 y se procede a ingresar todos los valores necesarios.

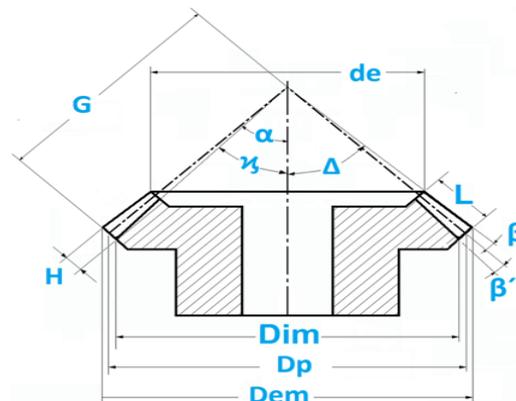


Figura 22: Diseño del engrane.
Realizado por: (MetalMecánica Fácil, 2021)

Con nuestros valores considerados en el diseño se puede resumir con la siguiente tabla 10.

Tabla 10: Calculo de valores necesarios para el diseño

Elemento	Fórmula	Valor
Módulo	M	1,25 mm
Número de dientes (N)	N	30 dientes
Ángulo al centro (α)	α	20°0'0"
longitud del diente (L)	L	4 mm
Diámetro primitivo (Dp)	(12)	37,5 mm
Diámetro exterior mayor (Dem)	(13)	39,879 mm
Diámetro interior mayor (Dim)	(14)	34,782 mm
Generatriz sobre el cono primitivo (G)	(15)	54,821 mm
Diámetro exterior menor (de)	(21)	36,942 mm
Altura del diente (H)	(20)	2,709 mm
Ángulo correspondiente al módulo (β)	(16)	1°18'22,3"
Ángulo correspondiente al fondo del juego del dentado (β')	(17)	0°12'18,4"
Semiángulo del cono exterior (Δ)	(19)	21°18'22,3"
Ángulo de inclinación del divisor (κ)	(18)	18°29'19,3"
Número de dientes imaginario (Ni)	(22)	31,925

Realizado por: El autor

Para la velocidad del sistema de transmisión engrane-piñón haciendo uso de la ecuación (10) se obtiene los valores de tabla 11.

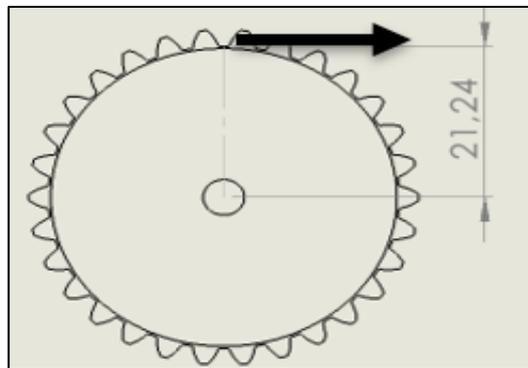


Figura 23: Radio de giro del engrane

Realizado por: El autor

Tabla 11: Velocidad máxima del engrane

Velocidad de giro			
Velocidad angular		Radio de giro	
rpm	rad/s	mm	m
114	11,932	21,24	0,02124
Velocidad lineal		0,2534357	m/s

Realizado por: El autor

Diseño mecánico de la plataforma

Dimensiones.

Las dimensiones están adecuadas en bases los componentes del sistema como son los actuadores, sistema de control, brazo manipulador, baterías, área de trabajo y espacios para almacenamiento de los sensores. Las dimensiones son: 350 mm de largo, 300 mm de ancho y 45 mm de profundidad.

Torque

La fuerza de tracción viene dada por los cuatro actuadores inteligentes acopladas a las cuatro ruedas mecanum, el torque de los actuadores es de 1.6 Newtons-metro.

Materiales.

Está construida con materiales resistentes y livianos como son las varillas, platinas, chapa de acero ASTM A36. Los mismos que ayudaran a soportar todo el peso de los componentes del sistema, además la estructura de la plataforma se diseñó de esta manera con el objetivo de brindar estabilidad y soporte a los componentes del brazo manipulador al instante de realizar desplazamientos.

Parámetros de diseño de la plataforma

Los parámetros a consideración para el diseño y la construcción de la plataforma es que sea una estructura resistente la cual permita soportar y transportar todos los elementos que componen el manipulador móvil. De igual manera que la plataforma proporcione estabilidad y confiabilidad en los movimientos deseados. Por lo cual se considera los siguientes aspectos

Capacidad de carga útil

La capacidad máxima de carga útil que puede soportar la plataforma móvil está definida por el peso total del manipulador, agregando los dispositivos electrónicos y de control. Para que finalmente en conjunto el sistema sea capaz de sujetar una carga adicional sin perder estabilidad.

Velocidad

La velocidad se considera dentro de los rangos normales ya que su objetivo es desplazarse con normalidad en condiciones óptimas, pero como material didáctico.

Configuración

La configuración mecánica de la plataforma está definida por los componentes de electrónicos y de control que debe abarcar y los sensores.

Medio de desplazamiento

En este proyecto se consideran como medio de desplazamiento las rueda mecanum, poseen facilidad de control y maniobrabilidad, son robustas y admiten considerables cargas

Plataforma cuadríciclo.

La estructura se fundamenta que las cuatro ruedas mecanum se ensamblan de forma paralela en la estructura principal, permitiendo seguir la trayectoria deseada, y brindando mayor superficie de contacto con lo cual se genera el movimiento en cada una de las cuatro ruedas.

Geometría de la estructura de la plataforma

La estructura mecánica de la plataforma está delimitada por el espacio necesario que ocupan los sensores, las placas de control, los actuadores inteligentes, ejes entre actuador y rueda, fuentes de alimentación y sistema de visión. La siguiente figura 12 muestra el diseño geométrico del chasis considerando la estabilidad y resistencia, como se mencionó anteriormente debe estar sostenida sobre cuatro ruedas mecanum, con una parte en voladizo para que no afecte el movimiento de las ruedas. Hay que considerar el espacio necesario para poder guardar los sensores que vayan distribuidos de manera adecuada, sin interferir con la ubicación de las placas de control y las fuentes de alimentación, además la estructura brinda la posibilidad de adicionar el soporte para el acople del brazo manipulador, si se desea mantener siempre en uso.

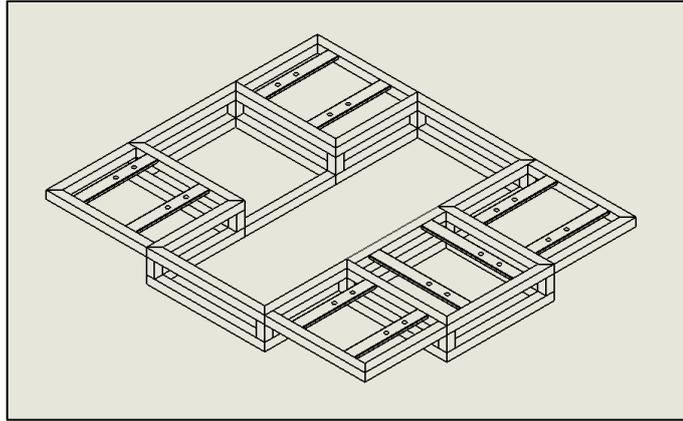


Figura 24: Geometría de la plataforma
Realizado por: El autor

Cálculo de cargas en la plataforma.

Con los valores obtenidos de la plataforma se puede realizar los cálculos correspondientes de las fuerzas a las que estará sometida la plataforma, el peso total de la plataforma se considera el peso de esta, el brazo manipulador, los actuadores, sus soportes y ejes, además de los sensores, como se detalla a continuación:

w_P : Peso de la plataforma

w_B : Peso del brazo manipulador

w_C : Peso de la carga útil

w_S : Peso de los sensores

w_T : Peso total

$$w_T = w_P + w_B + w_C + w_S \quad (23)$$

La ecuación (23) nos permite saber el valor total del peso de la plataforma, como se puede ver en la siguiente tabla 12:

Tabla 12: Peso total de la estructura

	Masa	Gravedad	Peso
	kg	m/s ²	N
Plataforma	2,64	9,8	25,872
Brazo	0,49	9,8	4,802
Sensores	0,05	9,8	0,49
Carga	0,05	9,8	0,49
		Total	31,654

Realizado por: El autor

Continuando con el cálculo de las potencias ejercidas por los actuadores, la siguiente ecuación (24) nos ayuda para aquello:

$$P = V * I \quad (24)$$

De donde nuestro V(voltaje de operación) es multiplicado por I(corriente de operación) y así nos da un valor de:

$$P = 12 * 1.4$$

$$P = 16.8 \text{ W}$$

Ahora la ecuación (25) nos brinda apoyo para hallar la velocidad máxima de todo el robot manipulador móvil:

$$v_{max} = \frac{Pot_{total}}{P_{total}} \quad (25)$$

$$v_{max} = \frac{4 * P}{P_{total}}$$

$$v_{max} = \frac{4 * 16.8}{31.65}$$

$$v_{max} = 2.12 \text{ m/s}$$

Avanzando con el cálculo de deformación del diámetro del eje, para lo cual se hace uso de la siguiente ecuación 26:

$$\phi = \frac{T * l}{J * G} \quad (26)$$

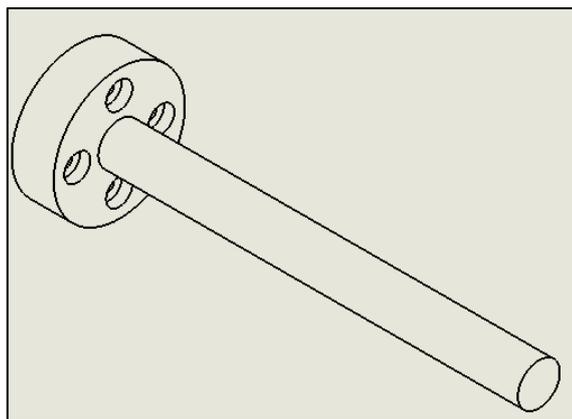


Figura 25: Eje de transmisión
Realizado por: El autor

Antes de poder aplicar la ecuación es necesario determinar el momento polar J , para eso es necesario hacer uso de la siguiente ecuación (27):

$$J = \frac{1}{2}\pi[(D_{ext})^4] \quad (27)$$

Al reemplazar los valores se obtiene:

$$J = \frac{1}{2}\pi[(0.008)^4]$$

$$J = 6.43x 10^{-9}m^4$$

El valor del módulo de rigidez del acero ASTM A36 es de $G= 79.3GPa$. Ahora si aplicando la ecuación (26).

$$\phi = \frac{1.6 * 0.080}{6.43x10^{-9} * 79.3x10^9}$$

$$\phi = 0.00025 \text{ rad}$$

Realizando las conversiones necesarias se obtiene:

$$\phi = 0.014^\circ$$

Es decir que el ángulo de deformación del eje no alcanza ni 1° por lo cual el diámetro del eje es el correcto para evitar cualquier tipo de cizalladura.

Para el torque máximo soportado por el eje se utiliza la siguiente ecuación (17)

$$\tau_{max} = \frac{T * r}{J} \quad (28)$$

$$\tau_{max} = \frac{1.6N.m * (0.008)m}{6.43x 10^{-9}m^4}$$

$$\tau_{max} = 19.9 \text{ MPa}$$

En el trabajo titulado “*Navegación autónoma basada en maniobras bajo estimación de posturas humanas para un robot omnidireccional kuka youbot*” por parte de (Barahona Guamani, 2019)” muestra las siguientes ecuaciones para el cálculo de

velocidad de robot móvil omnidireccional, estas ecuaciones no consideran el peso de la estructura.

$$\dot{x} = v_L = \frac{1}{4} * (\dot{d}_1 + \dot{d}_2 + \dot{d}_3 + \dot{d}_4) \quad (18)$$

$$\dot{y} = v_T = \frac{1}{4} * (-\dot{d}_1 + \dot{d}_2 + \dot{d}_3 - \dot{d}_4) * \tan(\alpha_b) \quad (19)$$

$$\dot{\theta} = v_a = \omega = \frac{1}{4} * (\dot{d}_1 + \dot{d}_2 + \dot{d}_3 + \dot{d}_4) * \beta \quad (20)$$

Donde:

$\dot{x} = v_L$ es la velocidad lineal, es decir en el eje x.

$\dot{y} = v_T$ es la velocidad lineal, es decir en el eje y.

$\dot{\theta} = v_a$ es la velocidad angular de la plataforma omnidireccional.

α_b y β son los ángulos de los rodillos de las ruedas.

Análisis estructural

Por medio de la simulación que se realiza para conocer de forma un tanto real el verdadero comportamiento de la estructura de la plataforma a la que estará sometida a distintos esfuerzos, la fuerza de aplicación del brazo, donde tienen mayor probabilidad de ocurrir un fallo, como se muestra en la figura 26.

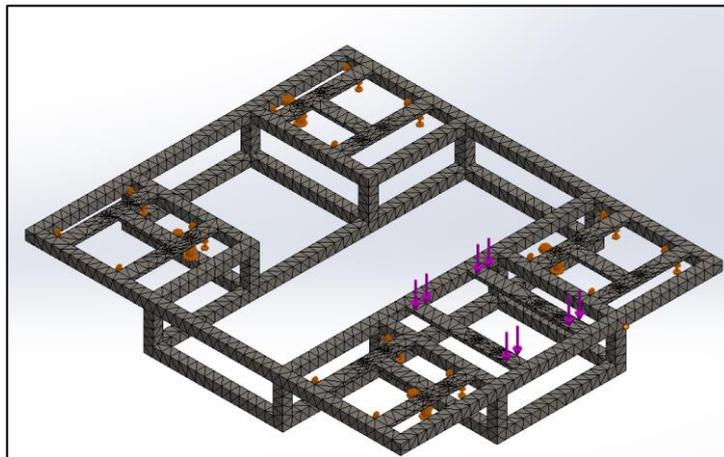


Figura 26: Mallado de la estructura.
Realizado por: El autor

Se procede a realizar el análisis de tensión para la estructura de la plataforma en los elementos solidos donde se ve las deformaciones de la geometría de la estructura en respuesta a las cargas que está sometida como se muestra en la siguiente figura 27.

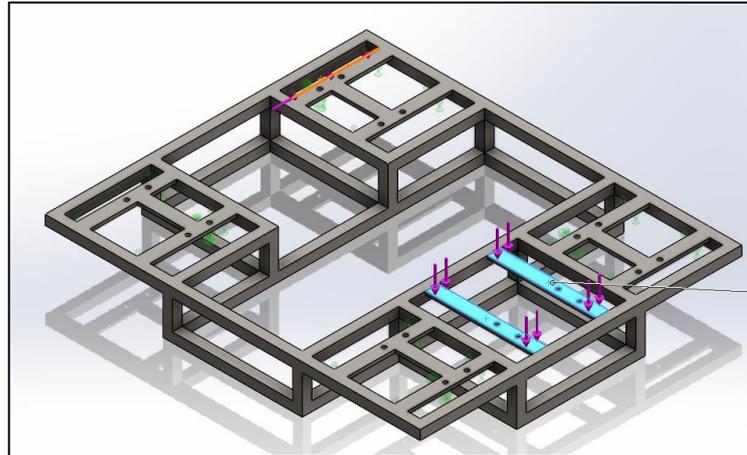


Figura 27: Fuerzas aplicadas en la estructura
Realizado por: El autor

En este caso el criterio de falla elástico de Von Mises que en este caso sobrepasa los 2.2MPa. Así pues, comparamos con el valor de máxima resistencia de la varilla cuadrada de 9mm en acero ASTM A36 es de 400 MPa, como el valor anterior no sobrepasa ni siquiera el valor mínimo de 200 MPa, es posible asegurar la fiabilidad de la estructura.

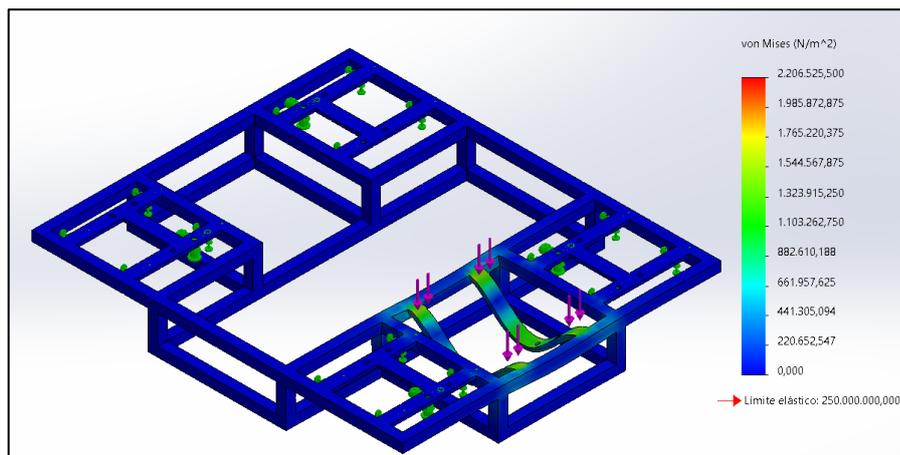


Figura 28: Análisis de la tensión de estructura
Realizado por: El autor

La siguiente figura 29 muestra el desplazamiento del material al aplicar la respectiva fuerza, lo que muestra en un color rojo un valor máximo de desplazamiento que es de 0.003, con lo cual nos indica que los desplazamientos pueden ser considerados como despreciables en la estructura.

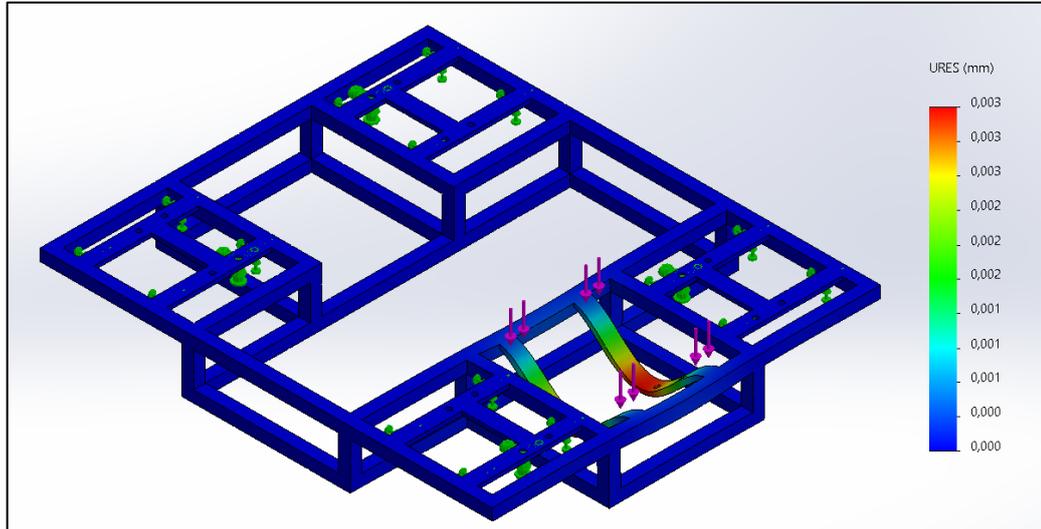


Figura 29: Desplazamiento de tensión en la estructura
Realizado por: El autor

En cuanto al factor de seguridad que se toma en cuenta para validar la estructura debe ser mayor de 1.5, como se muestra en la siguiente figura 30 pero su valor es de 110, es decir esta sobredimensionado la estructura.

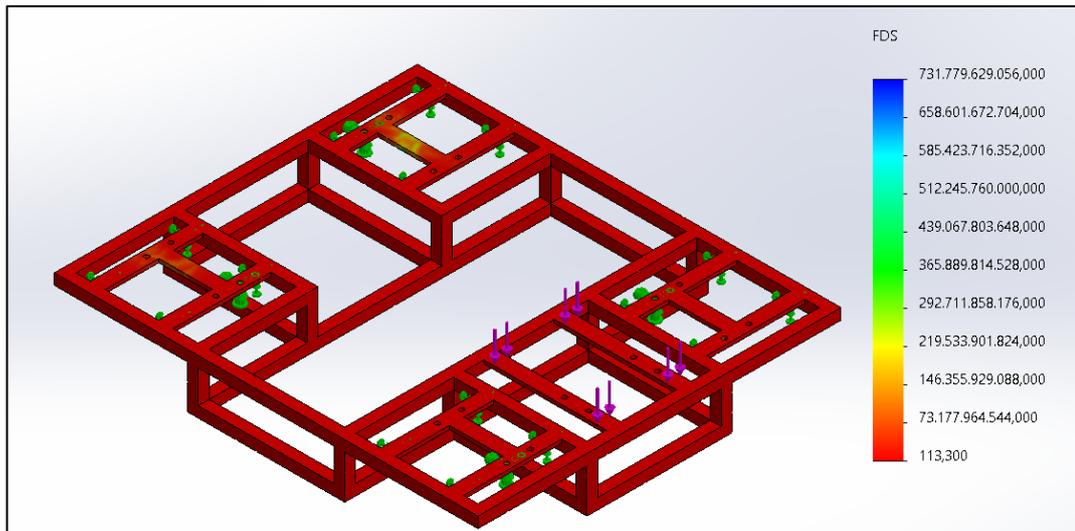


Figura 30: Factor de seguridad de la estructura.
Realizado por: El autor

Diseño de software

En cuanto se refiere al software de la aplicación de control se lo realizo en App Inventor como lo muestra la siguiente figura 31.

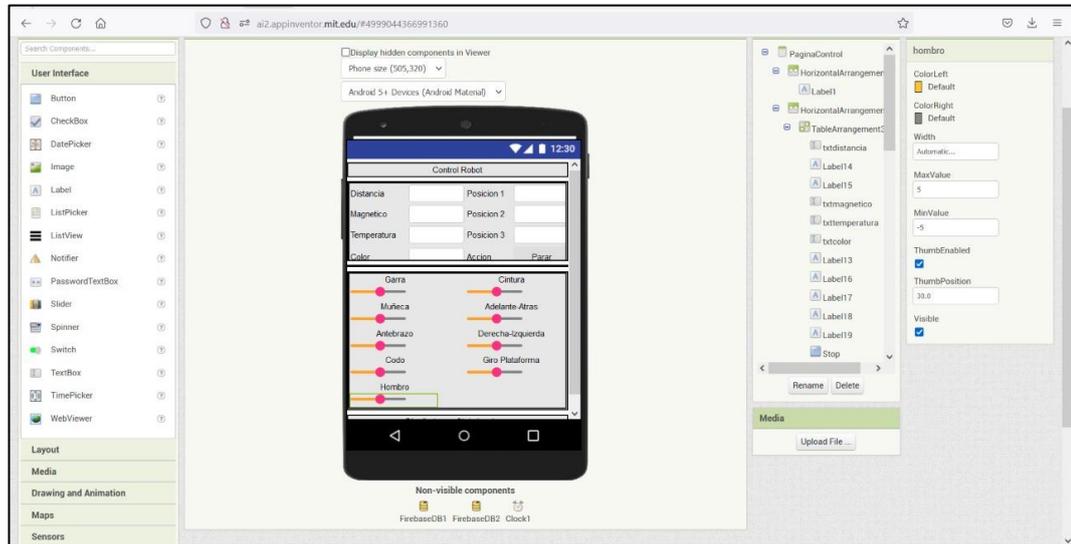


Figura 31: Diseño de la aplicación en App inventor.
Realizado por: El autor

El lenguaje de programación de los actuadores se realiza en Arduino como se visualiza en la figura 32.



Figura 32: Programación en Arduino
Realizado por: El autor

Diseño de las practicas

Este apartado como parte de la aplicación de la industria 4.0 en los procesos de enseñanza usando la metodología STEAM por parte de modelo presentado,

contiene ejercicios de nivel básico para prácticas de los diferentes sensores utilizados en el “Robot manipulador móvil”

Las prácticas están diseñadas para que el alumno aplique lo aprendido en el aula con componentes reales.

Para la realización de estas prácticas se recomienda utilizar los siguientes equipos:

- Mesa de Laboratorio
- Modelo “Robot manipulador móvil”
- Diferentes tipos de sensores empleados en el modelo “Robot manipulador móvil”
- Material Electrónico
- Fuentes de voltaje

NOTA: Ante cualquier duda en el funcionamiento del “Robot manipulador móvil” recurrir al Manual de operaciones y mantenimiento de este.

Estructura de las prácticas del laboratorio.

Enfocados en las teorías y métodos de aprendizaje significativo y constructivistas la estructura de las prácticas de laboratorio debe tener los siguientes puntos a consideración:

1. Objetivos
2. Fundamento teórico
3. Desarrollo de la práctica
4. Autoevaluación.

Detallando lo siguiente de cada punto:

- **Objetivos.** – Proporcionará las habilidades que el estudiante alcanzará al finalizar la práctica, además implícitos en estos el objetivo de aprendizaje de cada una de las prácticas.
- **Fundamento teórico.** – Su finalidad es crear los conocimientos básicos necesarios para la realización de las prácticas, que sean entendibles tanto estructural como conceptualmente.
- **Desarrollo de la práctica.** – Presenta al estudiante los pasos a seguir para efectuar las diferentes tareas, encaminados a la resolución de problemas.

Además, se encuentran los materiales necesarios para la realización de cada de las prácticas de laboratorio, consideraciones de seguridad, etc.

- Auto evaluación. – La capacidad del estudiante de juzgarse, sus logros respecto a una determinada tarea, es decir describir como lo logró, cuándo y qué efectuar para dar un salto de calidad a mejorar.

Una vez analizado como se deben fomentar las prácticas de laboratorio, es necesario revisar el Anexo 2 de las prácticas propuestas para este proyecto.

Ficha técnica del manipulador móvil

Datos técnicos			
Longitud máxima	400 mm		
Carga máxima útil	55 g		
Grados de libertad	5		
Repetibilidad	0,1		
Eslabones de trabajo (Grados y velocidad máxima °_m/s)	Eslabón	Rango de movimiento	Velocidad máxima
	E1(cintura)	330°	0
	E2(hombro)	200°	4,73
	E3(codo)	180°	1,86
	E4(antebrazo)	180°	2,49
E5(muñeca)	180°	0,25	
Masa del brazo	502 g		
Plataforma	Eslabón	Rango de movimiento	Velocidad máxima
	Rueda 1	360°	31,92
	Rueda 2	360°	31,92
	Rueda 3	360°	55,5
	Rueda 4	360°	55,5
Masa de la plataforma	2600 g		
Controlador	Open CM 9.04		
Visualización	ESP32 Cam		

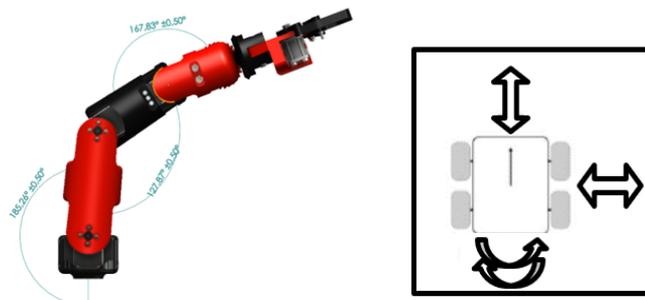


Figura 33: Movimientos de la plataforma
Realizado por: El autor

Ficha técnica		
Nivel educativo	Tercer nivel	
Descripción general	Diseño, construcción y ensamble de un manipulador móvil	
Niveles de complejidad	Básico	Ensamblar las partes del manipulador móvil y programar su placa controladora para darle movimientos básicos.
	Intermedio	Programar el manipulador móvil, para controlar su movimiento por medio de una aplicación móvil
	Avanzado	Automatizar el manipulador móvil para simular diferentes configuraciones de un proceso productivo en la industria
Insumos	PLA	
	Varilla cuadrada de 9 mm de acero ASTM A36	
	Platina de 12x3 mm de acero ASTM A36	
	Ejes de acero ASTM A36	
Dispositivos	Dynamixel XL320	
	Dynamixel XL430	
	Dynamixel XC430	
	Open CM9.04	
	Open CM485	
	Sensor de temperatura TPS-10	
	Color Sensor RCS-10	
	Sensor magnético MGSS-10	
	Sensor de medición de distancia DMS-80	
	ESP 32 CAM	
Baterías Lipo		
Otros requisitos	Conexión a internet	

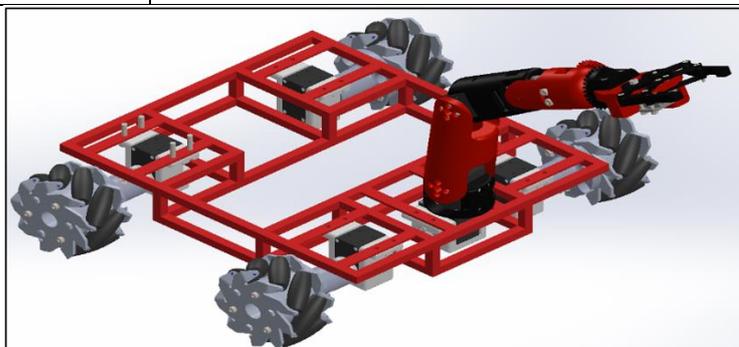


Figura 34: Manipulador móvil.
Realizado por: El autor

Construcción

Construcción estructural de la plataforma

Para la construcción fue necesario la varilla de acero ASTM A36, que puede adquirirse en su longitud total de 6 m de largo, o buscar en locales donde venden al peso o por longitud, una vez adquirida la varilla de acero es necesario realizar las medidas según los planos de la estructura de la plataforma como lo muestra la figura 35.



Figura 35: Mediciones de la estructura.
Realizado por: El autor

Una vez cortadas la varilla en sus respectivas cotas como se ve en la figura 36 se procede al proceso de soldadura para la unión de estas, por ser un proceso que necesita una junta adecuada, se realiza en proceso SMAW.

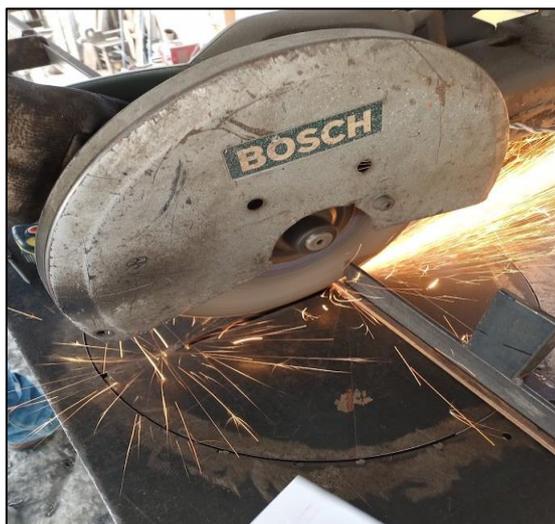


Figura 36: Corte de los elementos de la estructura
Realizado por: El autor

La máquina de soldar como todo requiere calibración tanto de voltaje y corriente en base al diámetro del electrodo revestido a utilizarse, además hay que considerar y verificar todos los parámetros de seguridad al realizar un proceso de soldadura, así como lo muestra la figura 37.

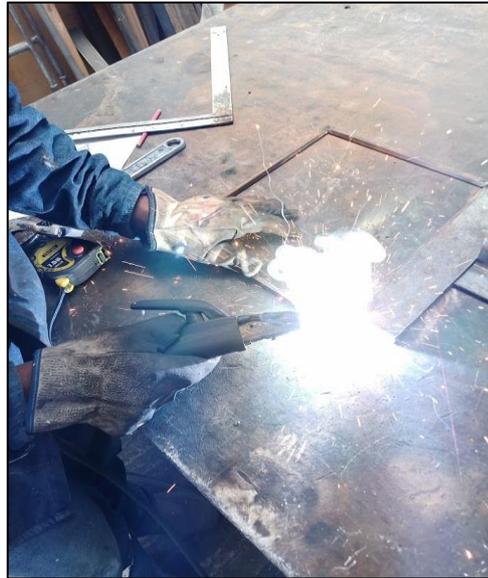


Figura 37: Suelda por arco eléctrico
Realizado por: El autor

Como se puede observar en la figura 38 se obtienen las dos bases horizontales, posteriormente se las unirán con los elementos que le dan la profundidad necesaria para que sea fija y estable.



Figura 38: Bases horizontales
Realizado por: El autor

Previamente deberán ser limpiadas de impurezas como óxidos y devastado los excesos de los cordones de soldadura como muestra la figura 39.



Figura 39: Bases horizontales acabadas
Realizado por: El autor

Una vez limpiada una de las superficies se procede a realizar la unión de los elementos que le darán la profundidad deseada como se ve en la figura 40.



Figura 40: Plataforma sin limpieza
Realizado por: El autor

Posteriormente se realiza los respectivos procesos de acabado como es la limpieza y desbastado de los cordones de soldadura, para que todo quede en una superficie lisa como se ve la figura 41.

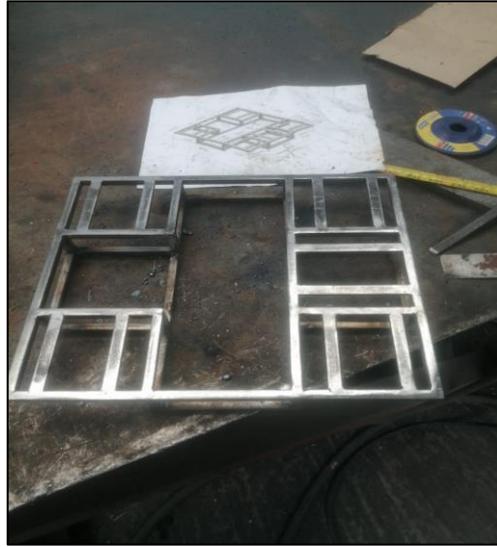


Figura 41: Estructura libre de impurezas.
Realizado por: El autor

Como se pretendía tener una idea en el diseño, ya queda establecida el área donde se ubicarán los sensores, las placas de control y las fuentes de alimentación, así como lo muestra la figura 42.



Figura 42: Estructura según el diseño
Realizado por: El autor

Para ello se cuenta con las herramientas y maquinas necesarias para este proceso descrito anteriormente.

Construcción de los ejes de transmisión.

La figura 43 muestra la construcción de los ejes de transmisión se realizan en un eje de acero para realizar un proceso de desbaste necesario, para esto se precisa el uso de maquinaria de como tornos industriales.



Figura 43: Construcción de los ejes de transmisión
Realizado por: El autor

Construcción de los soportes de los actuadores de la plataforma

Como muestra la figura 44 los soportes también son fabricados por proceso de impresión 3D.

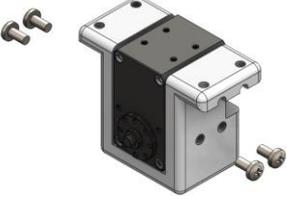
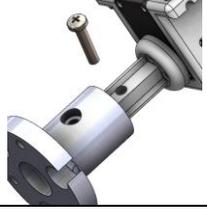
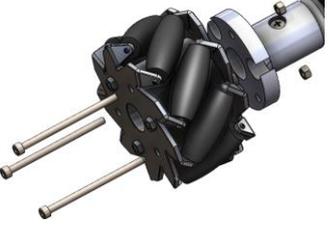
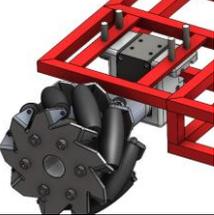


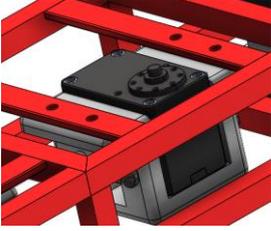
Figura 44: Soporte listo para ser impresos.
Realizado por: El autor

Ensamble de la plataforma

Una vez realizada la estructura de la plataforma en acero y los ejes de transmisión y los soportes de los actuadores se procede al ensamble de la plataforma y se lo puede visualizar en la siguiente tabla 13.

Tabla 13: Ensamble de la plataforma móvil

1.	Se coloca el actuador Dynamixel XL 430 en la base que permite el soporte con la plataforma, y se sujeta el actuador con tornillo M2	
2.	A continuación, se coloca el eje pequeño que transmite el movimiento del actuador a la rueda mecanum, sujetando con tornillos M2	
3.	Continuando con el elemento que acopla la rueda con el actuador, entre si se sujetan por medio de un tornillo M4	
4.	Se coloca la rueda mecanum coincidiendo con la cara y las perforaciones donde pasan los tornillos M4 y sujetan a la rueda con los elementos que unen al actuador.	
5.	Este ensamble se lo posiciona por debajo de la plataforma, coincidiendo con las perforaciones y sujetando con tornillos M4	

6.	Con la otra base se realizan los pasos similares en cuanto a la unión de la base con el actuador y este ensamble se lo posiciona al frente de la plataforma, que será nuestro giro de cintura y se sujeta con tornillo M4	
----	---	---

Realizado por: El autor

Construcción del brazo manipulador.

Las siguientes figuras 45 y 46 respectivamente muestran el proceso de construcción por proceso de impresión 3D de cada uno de los eslabones del brazo manipulador, su sistema de transmisión engranaje – piñón, hasta su elemento ejecutor o garra.



Figura 45: Impresión del primer eslabón
Realizado por: El autor

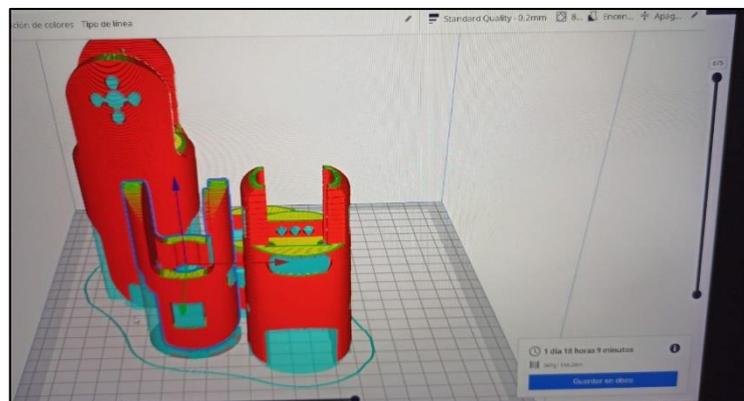


Figura 46: Preparación de g-code para los eslabones.
Realizado por: El autor

Construcción del eje de transmisión para la muñeca

El eje de transmisión que proporciona sujeción entre la muñeca, el piñón y el tercer eslabón se realiza en un eje de acero ASTM A36 por proceso de desbaste en un torno siguiendo las cotas necesarias, como lo muestra la figura 47.

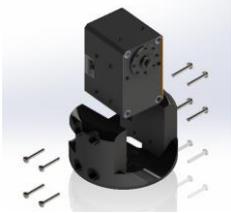
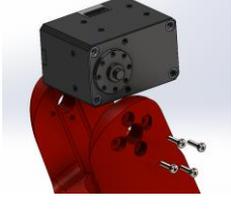


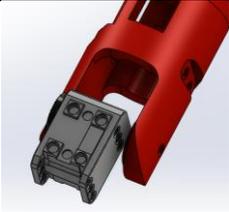
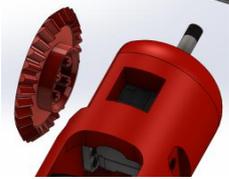
Figura 47: Eje de transmisión en la muñeca
Realizado por: El autor

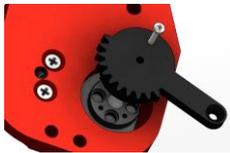
Ensamble del brazo manipulador

En la siguiente tabla 14 se puede visualizar el proceso de ensamble del brazo manipulador.

Tabla 14: Ensamble del brazo manipulador

1.	Se coloca el actuador Dynamixel XL 430 en el eslabón que permite el giro en el eje Z, y se sujeta con tornillo M2.	
2.	Continúa colocando del eslabón sobre el ensamble anterior, este es el que realiza el movimiento a lo largo del eje Y, se sujeta con tornillos M2.	
3.	Al extremo del eslabón recién ensamblado, se coloca el actuador Dynamixel XL 430, sujetando con la ayuda de tornillos M2.	

4.	Una vez sujeto este actuador, se posiciona el eslabón que asemeja a la articulación de codo y se sujeta con los tornillos mencionados anteriormente	
5.	En su extremo ahora se coloca el actuador Dynamixel XL 320 y se lo sujeta con tornillos M4	
6.	En el siguiente eslabón tiene que primeramente ingresar el eje de acero ASTM A36 y el actuador Dynamixel XL 320.	
7.	Ahora este eslabón con el eje y actuador tiene que ser colocado de tal manera que embone su saliente circunferencial sobre el eje del actuador Dynamixel XL 320 anteriormente ensamblado y sujetado con el tornillo M2	
8.	A continuación, se coloca el engrane que permite transmitir el movimiento cambiando de sentido el mismo, se embona sobre el eje del actuador y se sujeta con tornillo M2. Al extremo también se debe colocar el rodamiento para suavizar el movimiento.	
9.	Para que el sentido de rotación se complete se coloca sobre el eje el piñón y se sujeta en su parte extrema del eje, para evitar su salida.	

10.	Ahora se posiciona la base de la garra sobre la ranura del piñón y se sujeta con los tornillos M4.	
11.	Sobre la base se coloca primeramente el tornillo que permitirá la sujeción del piñón que abre y cierra la pinza, posterior se monta el actuador Dynamixel XL 320 y se sujeta con tornillos M4	
12.	Una vez ubicado el actuador se posiciona el engrane que transmite el movimiento colocando sobre su eje y sujetando con tornillo M2	
13.	Sobre el tornillo previamente colocado se monta el piñón que será quien completa el movimiento de abrir y cerrar la pinza.	
14.	Se ubica las uniones sobre la cara plana.	
15.	Se coloca las uniones sobre la cara opuesta que tiene un saliente y se sujeta con tornillos M4	
16.	Al final se ubica las pinzas y se sujeta con los tornillos M4.	

Realizado por: El autor

Ensamble final manipulador móvil

Una vez realizado el ensamble de la plataforma móvil y del brazo manipulador solo queda realizar el acople entre el eslabón de giro en el eje Z, con la plataforma y el ensamble final se muestra en la siguiente figura 48.



Figura 48: Ensamble final del manipulador móvil
Realizado por: El autor

Como parte de la propuesta se realiza un manual de operaciones, donde se puede visualizar el funcionamiento del manipulador móvil, el proceso de ensamble y como realizar mantenimiento, este documento se lo puede revisar en el Anexo 2

Funcionamiento

La puesta en marcha y el funcionamiento del robot manipulador móvil se lo puede revisar en el Anexo 3 del presente proyecto, también de ser necesario se podrá verificar los planos de todos los diseños en el Anexo 4.

Resultados esperados:

El objetivo de desarrollar pruebas de funcionamiento en el manipulador móvil es constatar el desenvolvimiento y desempeño del robot bajo condiciones reales de trabajo y además de las fuerzas a las que está sometido, verificando la mejor manera de funcionamiento del robot.

Para ellos vamos a desarrollar la siguiente tabla.

Tabla 15: Pruebas de validación

Ítem	Característica	Observación
Robot Móvil	Velocidad	En las pruebas de velocidad el robot alcanzó una velocidad promedio de 0.12 m/s tanto hacia adelante como en reversa.
	Fuerza	En las pruebas de fuerza el robot transporto una carga máxima de 500g
Manipulador	Velocidad	En las pruebas de velocidad de cada uno de uno de los eslabones del brazo manipulador en promedio van a 18°/s
	Torque	En las pruebas de fuerza el brazo manipulador pudo levantar una carga máxima de 30 g
Sensor de Proximidad	Distancia	En las pruebas de funcionamiento el sensor de distancia alcanzo 20 cm para perder el valor de medición.
Sensor de Temperatura	Temperatura	En las pruebas de funcionamiento el sensor de temperatura alcanzo los 100 °C
Sensor magnético	Detecta metal y no metal	En las pruebas de funcionamiento el sensor magnético identifica sin problemas un metal

Sensor de Color	Detecta los colores de las cosas	En las pruebas de funcionamiento el sensor de color reconoce fácilmente el color de los objetos.
-----------------	----------------------------------	--

Realizado por: El autor

Cambios en la enseñanza

La aspiración principal es que todos los laboratorios y talleres de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica se beneficien del presente proyecto, pero a continuación se mencionan los laboratorios y talleres que se considera tienen mayores posibilidades de utilizar, así, por ejemplo:

Laboratorio de Ciencias Básicas como apoyo para las prácticas del proyecto formativo de Física Básica, como para realizar prácticas para encontrar las velocidades lineales y angulares de la plataforma, posiciones vectoriales de un objeto en el espacio, así por mencionar algunas ideas, para el siguiente proyecto formativo una vez culminado dicho nivel, sería Física Aplicada realizar prácticas para el análisis de fuerzas, así como para encontrar el trabajo que puede realizar el brazo, cálculo de torques.

Para el proyecto formativo de Epistemología de la ingeniería industria en base los datos obtenidos por el robot manipulador móvil y que se podrán visualizar en la nube aportaría como herramienta de estudio de la industria 4.0 es decir el funcionamiento de IoT.

En el taller de Control Industrial el proyecto formativo que se beneficiaría sería Eléctrica y electrónica realizando como material de apoyo para el análisis de circuitos electrónicos como del presente proyecto, análisis del rendimiento energético de los actuadores inteligentes, etc.

En cuanto al taller de Mantenimiento el proyecto formativo del mismo nombre tendría una ayuda para generar diferentes manuales o programas de mantenimiento para el robot manipulador móvil.

En el taller de Automatización industrial aportaría al proyecto formativo del mismo nombre con el uso y manejo de los sensores.

A criterio personal sería de gran ayuda para el Taller de Procesos, donde se podrían construir más robots manipuladores móviles y así reemplazar por los carritos didácticos que tiene este taller, así realizar las diferentes prácticas de toma de tiempos y movimientos, por ejemplo.

En el taller de CAD/CAM/CIM pues empezando desde el proyecto formativo Dibujo Industrial, sea una herramienta para aprender los fundamentos del dibujo técnico de este proyecto y así los estudiantes puedan brindar mejores diseños con el uso del respectivo software.

Continuando con Diseño mecánico aportaría para que busquen nuevas propuestas del diseño mecánico de engranes y piñones, nuevas alternativas de producción, por ejemplo, realizar los diseños para construir en las máquinas CNC.

En el taller de Procesos de manufactura_aporaría para la búsqueda de alternativas para los ejes de transmisión de movimiento o la elaboración misma de estos con diferentes materiales que cumplan los requerimientos necesarios.

Por último, el proyecto formativo que se beneficiaría sería Programación puesto que se estudiaría la manera de programar los sensores y diferentes movimientos del robot.

Cronograma de actividades

- Para la aplicación de la propuesta

ACTIVIDAD	TAREA	SEMANAS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Presentación de Proyecto	Presentación del proyecto en laboratorio a los responsables del laboratorio de la FITIC	X	X													
Investigación sobre proyectos similares	<p>Inicio de actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tareas que se realiza en campo o en laboratorio - Parámetros y rangos de medidas que se analizará. - Estado del equipo existente, apoyado en el manual de operación y mantenimiento. 			X	X	X										
Análisis	<p>Análisis e investigación de la situación actual de los proyectos formativos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investigación de normativas apropiadas al laboratorio - Justificación de los parámetros y rangos usados en el laboratorio - Búsqueda de otros parámetros de utilidad para los proyectos formativos. - Investigación de equipos necesarios para calibración y mantenimiento 						X	X								

Elaboración de actividades a tomar en cuenta para proyectos formativos.	<p>Medidas a tomar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de lista de equipos y herramientas necesarias para las tareas que se realizará en el laboratorio - Formulación y selección de prácticas necesarias. - Elaboración de plan de mantenimiento para los equipos según correspondan a cada proyecto formativo. 									X	X					
Proceso de enseñanza de uso del equipo	<p>Enseñanza del uso del equipo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensamble - Conexión de actuadores - Conexión de placas de control - Conexión de sensores - Conexión de fuentes de alimentación - Cargar el programa desde la PC hasta la placa - Manejo de la aplicación móvil - Desmontaje del equipo. 						X	X	X	X	X	X				
Presentación de las practicas.	Presentación de las practicas a desarrollarse según las guías.												X	X	X	

Análisis de costos

En las siguientes tablas de detallan los costos de producción del robot manipulador móvil.

Tabla 16: Costos de dispositivos electrónicos y de control

Elemento	Nombre	Cant .	P. Unitario	P. Cantidad
Placa controladora	Open CM9.04 tipo c	1	\$ 19,90	\$ 19,90
	Open CM485 exp	1	\$ 29,90	\$ 29,90
Motores Dynamixel	XL-320	3	\$ 21,90	\$ 65,70
	XC430-W240-T	2	\$ 99,90	\$ 199,80
	XL430-W250	4	\$ 49,90	\$ 199,60
Comunicación WIFI	ESP32 CAM	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Sensores	Temperature sensor TPS-10	1	\$ 5,90	\$ 5,90
	Magnetic sensor MGSS-10	1	\$ 9,90	\$ 9,90
	Color sensor RCS-10	1	\$ 15,90	\$ 15,90
	Distance sensor DMS-80	1	\$ 14,90	\$ 14,90
Cables	Cable robot	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Alimentación	LIPO Battery 11.1V 1000mAh LB-011	2	\$ 30,95	\$ 61,90
			TOTAL	\$ 703,40

Realizado por: El autor

A estos costos se debe tomar en cuenta los valores de importación que se los debe sumar en un valor similar al 30% de su total.

Tabla 17: Costos de fabricación del robot manipulador móvil.

Elemento	Nombre	Cantidad	P. Unitario	P. Cantidad
Estructura metálica	Materiales	1,00	\$ 40,00	\$ 40,00
	Ejes de transmisión	8	\$ 10,00	\$ 80,00
	Ruedas mecanum	4	\$ 55,00	\$ 220,00
	Rodamientos	4	\$ 3,00	\$ 12,00
	Mano de obra	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Tornillos	Tornillos varios	30	\$ 0,09	\$ 2,70
Impresión 3d	Impresiones en PLA	25		\$ 250,00

TOTAL	\$ 664,70
-------	-----------

Realizado por: El autor

La siguiente tabla nos da el valor que tendrían el presente proyecto con un porcentaje de salvamento del 2%.

Tabla 18: Costo total de producción

	Valor
Costos de dispositivos electrónicos y de control	\$ 703,40
Costos del manipulador móvil	\$ 664,70
Costos de la app	\$ 520,70
Costos de movilización	\$ 25,00
Costos de importación	\$ 211,02
Subtotal	\$ 2.124,82
Porcentaje de salvamento	2%
TOTAL	\$ 2.167,32

Realizado por: El autor

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se diseñó un brazo manipulador y de una plataforma móvil en base de la metodología STEAM, con el uso del software SolidWorks 2020, los mismos que conjugados nos garantizan un producto con características técnicas para la enseñanza de la industria 4.0 con un adecuado desempeño.
- Se realizó la simulación de la estructura en el software SolidWorks 2020 que como resultado nos muestra que los materiales seleccionados son lo suficientemente robustos para la construcción del robot manipulador móvil. Obteniendo un factor de seguridad sumamente alto (110), es decir, que la estructura de la plataforma esta sobredimensionada, sin afectar el funcionamiento del robot.
- Se construyó los distintos elementos de la plataforma de manera que su ensamble sea rápido y sencillo, de esta manera los usuarios pueden reconstruir el robot si fuese necesario. Los materiales usados son PLA y acero ASTM A36, el brazo robótico es construido con PLA para conseguir el menor peso posible y la plataforma móvil se construyó con acero para garantizar la resistencia a movimientos bruscos.
- Se instaló un circuito electrónico basado en tecnología de la industria 4.0, creando una red de actuadores inteligentes e intercambiando información con el internet, esto permite la gestión remota del sistema a través de una aplicación móvil.
- Las pruebas realizadas al robot demuestran un funcionamiento satisfactorio de los actuadores y sensores incorporados, y el rendimiento obtenido garantiza una herramienta fiable para usarlo en prácticas de laboratorio.

Recomendaciones:

- Se recomienda el adecuado manejo y cuidado de las placas controladoras al momento de realizar las conexiones a las fuentes de energía, tener siempre a la mano los manuales que brinda la página E-Robotics, para que en caso de dudas acudir y revisar los pines de conexión
- Se recomienda tener un óptimo servicio de internet para evitar problemas de conexión entre el manipulador móvil y la aplicación.
- Se recomienda revisar detalladamente el manual de operación y mantenimiento, previo al uso de este robot educativo.
- Se propone el diseño y la construcción de nuevos prototipos de robots que puedan conjugar un trabajo cooperativo que promueva nuevas alternativas a la enseñanza de la industria 4.0.
- Con la finalidad de buscar una mejora al presente proyecto se recomienda el uso de un sensor Lidar, para brindar una mayor autonomía en caso de que ya no se precise del uso de la aplicación móvil.

BIBLIOGRAFÍA

- Asinc Benites, E., & Alvarado Barzallo, S. (2019). STEAM COMO ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO E INCLUSIVO PARA DESARROLLAR LAS POTENCIALIDADES Y COMPETENCIAS ACTUALES,.
- Ausubel, D. (2021). *Educa Informatica*. Obtenido de <http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educacion/>
- Barahona Guamani, E. S. (2019). *Navegación autónoma basada en maniobras bajo estimación de posturas humanas para un robot omnidireccional kuka youbot*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato .
- Barros Losada, T. (2017). *La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Chávez Ruiz, P. D. (2019). *Optimización del proceso para la fabricación de vástagos para las perillas de paso de gas producidas por la empresa INDUMENTAL M&M.*”. Ambato.
- European, P. (2015). *Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth*. Obtenido de European Parliament: https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI%282015%29568337
- Fdez, V. R., Cruzado, A. L., & Esteban, J. A. (2018). *Control y robótica - Curso en línea*. Obtenido de http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm
- Germany Trade & Invest. (s.f.). *INDUSTRIE 4.0. Smart Manufacturing for the Future*. Alemania: GT&I.
- Indoamérica, U. T. (s.f.). *Universidad Indoamérica*. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de <https://uti.edu.ec/~utiweb/>
- Jorquera Ortega, A. (2017). Fabricacion Digital: Introduccion al modelado e impresión 3D. En A. Jorquera Ortega, *Fabricacion Digital: Introduccion al modelado e impresión 3D* (pág. 8). España: MINISTERIO DE EDUCACION, CULTURA Y DEPORTE.
- Lourdes, C., & Augusto, Z. (2014). *Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la*. Lejona: Universidad del País Vasco.

- MetalMecánica Fácil*. (2021). Obtenido de MetalMecánica Fácil:
<https://metalmecanica-facil.mahtg.com/>
- Miguel Angel, F. B. (2019). *Metodologías didácticas para la enseñanza/aprendizaje de competencias*. (U. d. I, Ed.) Obtenido de Repositori Universitat Jaume I:
<http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/182369>
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (04 de 2014). *MINISTERIO DE EDUCACIÓN*. Recuperado el 27 de 05 de 2020, de <https://educacion.gob.ec/>
- Ministerio de Industria, E. y. (2016). *Industria Conectada 4.0. La transformación de la industria española*. Gobierno de España.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2019). *Instituto Nacional de Evaluación Educativa*. Recuperado el 27 de 05 de 2020, de <https://www.evaluacion.gob.ec>
- New Jersey Department al Health and Senior Services. (2015). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. New Jersey.
- Pizarro Pelaz, J. (2020). Internet de la cosas (IoT) con ESP. En *Internet de la cosas (IoT) con ESP* (1 ed., pág. 1). Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Robayo, R., & Diego, P. (2017). *Diseño y construcción de un sistema mecánico para un robot manipulador móvil en el proyecto de investigación “tele – operación bilateral corporativo de múltiples manipuladores móviles” aprobado por el consorcio ecuatoriano para el desarrollo de internet a. Latacunga*.
- ROMÁN-GRAVÁN, P., HERVÁS-GÓMEZ, C., MARTÍN-PADILLA, A. H., & FERNÁNDEZ-MÁRQUEZ, E. (19 de Mayo de 2020). *Perceptions about the Use of Educational Robotics in the Initial Training of Future Teachers: A Study on STEAM Sustainability among Female Teachers*. doi:10.3390/su12104154
- Sánchez Cortés, R. S., Manso, A. G., Allende, J. S., Díaz, P. M., & Peinado, A. J. (2005). *Recent Research Developments in Learning Technologies (20*. Obtenido de Recent Research Developments in Learning Technologies (20: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49184209/B-Learning_y_Teora_del_Aprendizaje_Const20160928-23538-1d1fk2f-with-

cover-page-v2.pdf?Expires=1633081527&Signature=OouYwNPljMQQB-59Htq9SNtSnHfo88p7wcnvTIXNIIJNKqrkLMFKkEZrKUJshon4RtkJKG2LRcW6FIJSeCjl~nE0OxSrP

Varela Aldás, J. L. (2016). *TELE-OPERACIÓN BILATERAL DE UN ROBOT MANIPULADOR MÓVIL*. Riobamaba.

Villavicencio Manosalvas, A. D. (2016). *ROBOT EXPLORADOR TELEOPERADO, EQUIPADO CON UN MANIPULADOR PARA TOMAR MUESTRAS*. Quito.

ANEXOS

ANEXO 1: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Generalidades

El robot manipulador móvil está diseñado para tomar datos en campo, que después pueden ser analizados y visualizados en la nube virtual, además puede servir como un modelo didáctico para diferentes practicas a efectuarse en los laboratorios de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Componentes

Este robot manipulador móvil está integrado por tres elementos:

- Brazo manipulador
- Plataforma móvil
- Control del sistema mediante una aplicación



Figura M 1: Brazo manipulador
Realizado por: El autor

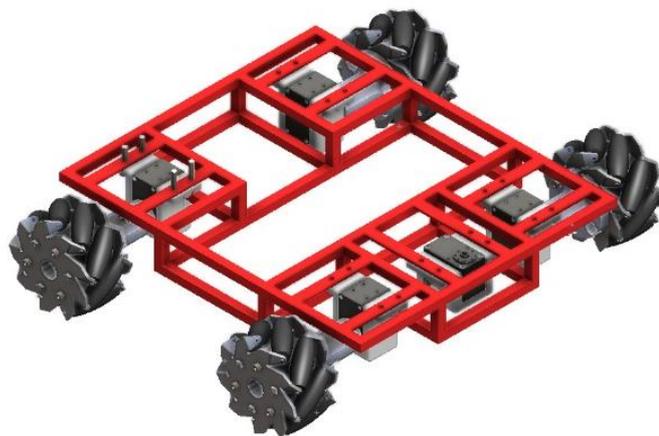


Figura M 2: Plataforma móvil
Realizado por: El autor



Figura M 3: Aplicación móvil para su control
Realizado por: El autor

Fuente de alimentación

El robot manipulador móvil tiene dos modos de alimentación:

- Alimentación por baterías: LIPO Battery 11.1V 1000mAh LB-011
- Alimentación directa de la red con su cargador (DC 1.5 - 12V)

Robot manipulador móvil

El robot está compuesto por los siguientes elementos:

Plataforma móvil

- Estructura: De metal, la estructura de la plataforma es la que sostiene sus partes funcionales, como es el caso del brazo manipulador, los actuadores inteligentes para las ruedas, las baterías, las placas de control, y los sensores.
- Actuadores inteligentes: Posee cuatro actuadores dos Dynamixel XL 430-W250 y dos Dynamixel XC 430-W250, cada uno acoplado a una rueda mecanum por medio de un eje diseñado para evitar los pandeos.
- Baterías: En la parte superior de la plataforma móvil, es decir en sus compartimentos diseñados para que encajen los sensores, placas de control y las baterías, se encuentran las 2 baterías recargables de LIPO Battery 11.1V 1000mAh LB-011
- Placa principal de control. Una placa de control de la Marca Dynamixel. Esta placa es la Open CM 9.04 y su placa de expansión para conexión de los actuadores Open CM485.
- Sensores, situado sobre la plataforma móvil
 - Temperatura
 - Color
 - Distancia
 - Magnético
- Sistema de visualización. El sistema de visualización integrado por la ESP 32 Cam, que se puede visualizar desde la aplicación en el dispositivo móvil.

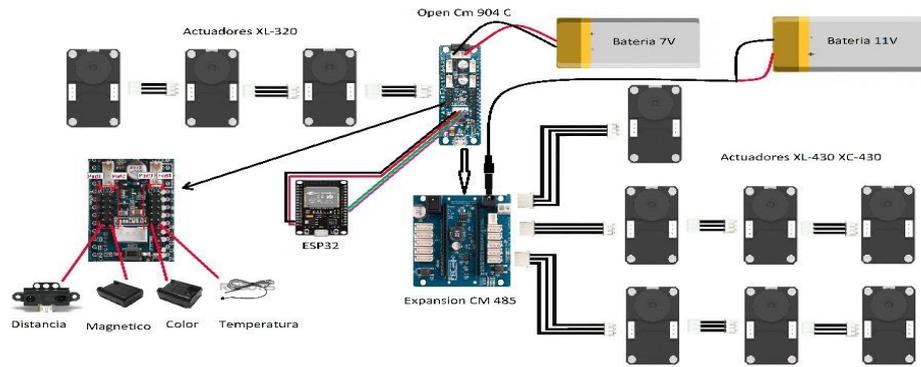


Figura M 4: Configuración electrónica
Realizado por: El autor

Brazo manipulador.

El brazo manipulador está compuesto por los siguientes elementos:

- Estructura: eslabones de PLA (ácido poliláctico), estos eslabones son los que sostendrán los actuadores y al final su elemento ejecutor, además los sensores.
- Actuadores inteligentes: Posee cinco actuadores, el primero montado en la plataforma que permite simular un giro del brazo manipulador como si fuera movimiento de cintura Dynamixel XL 430-W250, el siguiente actuador es Dynamixel XL 430-W250, que simular al giro del hombro, nuestro siguiente actuador es dos Dynamixel XL 430-W250 para la articulación de codo, los siguientes actuadores son tres dos Dynamixel XL 320, los dos primeros hacen el eslabón de muñeca realice un movimiento de arriba-abajo y el segundo para la rotación, el ultimo actuador es el que realiza el movimiento de apriete del elemento ejecutor.
- Baterías: En la parte superior de la plataforma móvil, una será para la plataforma y otra para el brazo manipulador, es decir en sus compartimentos diseñados para que encajen los sensores, placas de control y las baterías, se encuentran las 2 baterías recargables de LIPO Battery 11.1V 1000mAh LB-011



Figura M 5: Componentes de brazo manipulador
Realizado por: El autor

Instalación de software y carga del programa.

Para la instalación del software y la ejecución del programa es necesario verificar que la conexión del computador con la placa de control puerto sea la adecuada.

- Instalación de software. El computador que ejecuta las ordenes al robot manipulador móvil, debe tener instalado el programa Arduino, software de uso libre. Para instalar el programa Arduino se procede a descargar el software de la página principal de Arduino <https://www.arduino.cc/> y a seguir los pasos que se indica. Al finalizar es necesario y realizar una prueba para comprobar que la CPU tenga las características idóneas para su funcionamiento, esto quiere decir que tenga la capacidad de procesar la información de forma correcta.

Ensamble del robot manipulador móvil

Para el ensamble de la propuesta se debe tener en cuenta que este, está dividido en dos partes de construcción, la estructura de la plataforma y la estructura del brazo manipulador.

Estructura de la plataforma. Para el ensamble de la estructura base se tomará en cuenta las siguientes indicaciones.

La estructura plataforma está diseñada en 3 partes:

1. La primera parte es el soporte principal del brazo manipulador y de los actuadores construida en varilla de acero.

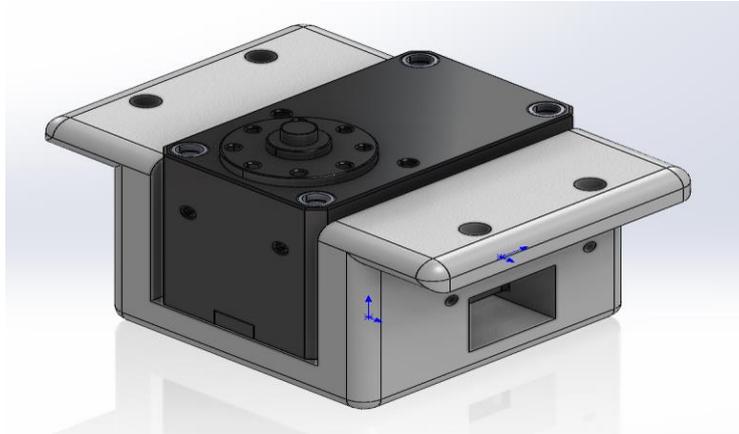


Figura M 6: Bases de sujeción plataforma y brazo manipulador
Realizado por: El autor

2. La segunda parte es el elemento que nos permitirá fijar los actuadores con la plataforma.

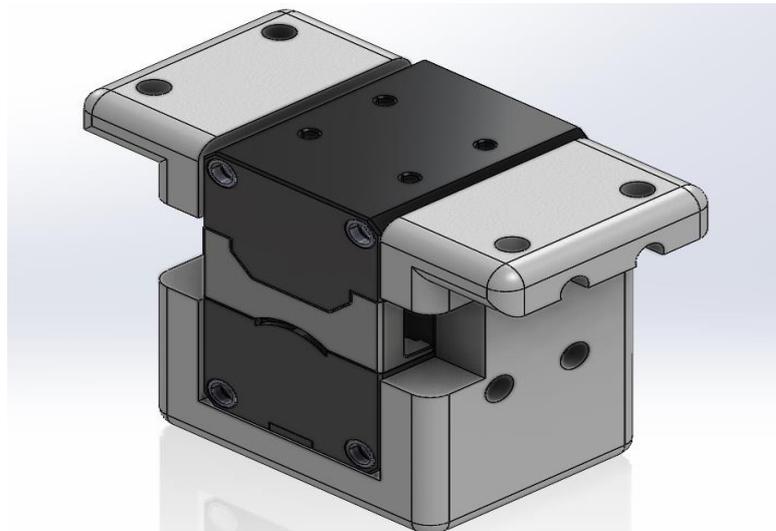


Figura M 7: Soportes para plataforma actuadores
Realizado por: El autor

3. La tercera es el acople que permite la unión de las ruedas mecanum con los actuadores.

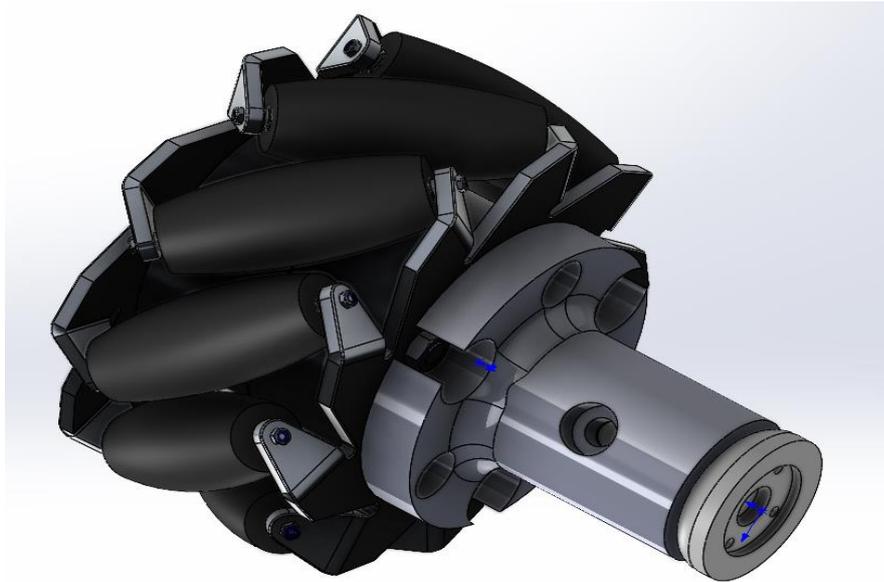


Figura M 8: Ejes de transmisión y rueda mecanum
Realizado por: El autor

4. Para el ensamble de estas 3 partes es necesario colocar en el orden adecuado y sujetarlas por medio de pernos.

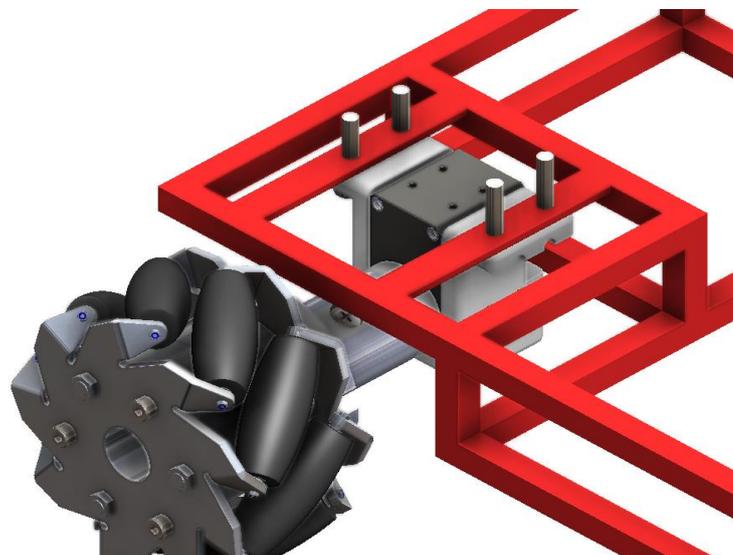
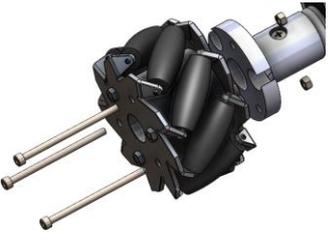
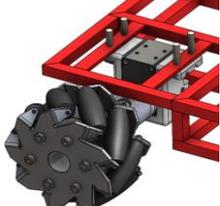
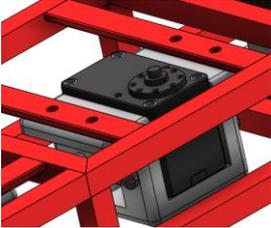


Figura M 9: Sujeción de actuadores con la plataforma
Realizado por: El autor

La siguiente tabla M1 muestra con un poco más a detalle el ensamble de la plataforma móvil:

Tabla M 1: Pasos para ensamblar la plataforma

1.	Se coloca el actuador Dynamixel XL 430 en la base que permite el soporte con la plataforma, y se sujeta el actuador con tornillo M2	
2.	A continuación, se ubica el eje pequeño que transmite el movimiento del actuador a la rueda mecanum, sujetando con tornillos M2	
3.	Se continua con el elemento que acopla la rueda con el actuador, entre si se sujetan por medio de un tornillo M4	
4.	Se posiciona la rueda mecanum coincidiendo con la cara y las perforaciones donde pasan los tornillos M4 y sujetan a la rueda con los elementos que unen al actuador.	
5.	Este ensamble se lo posiciona por debajo de la plataforma y se hace coincidir con las perforaciones y se sujeta con tornillos M4	
6.	Con la otra base se realiza los pasos similares en cuanto a la unión de la base con el actuador y este ensamble se posiciona al frente de la plataforma, que será nuestro giro de cintura y se sujeta con tornillo M4	

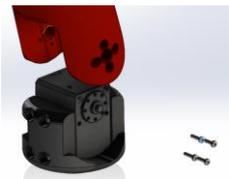
Realizado por: El autor

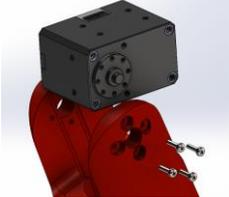
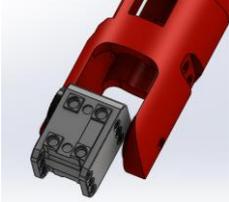
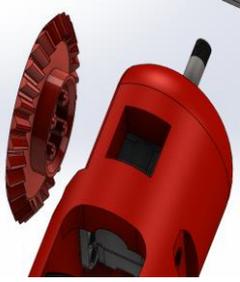
Estructura brazo manipulador. Para el ensamble de la estructura brazo manipulador se tomará en cuenta las siguientes indicaciones:

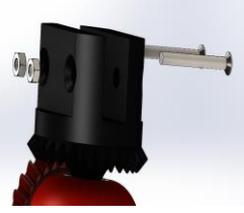
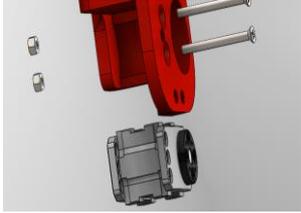
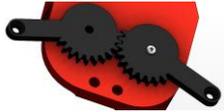
1. Cada una de las partes como base, hombro, brazo, codo, antebrazo y muñeca deben estar armados con su respectivo actuador inteligente, para evitar acciones incorrectas al realizar movimientos.
2. Cada una de sus superficies deben ser sujetadas correctamente por medio de pernos.
3. El eslabón de la base es el primero que se coloca encima del actuador de la plataforma y se sujeta por medio de pernos.
4. A continuación, se coloca el eslabón del hombro, esta va unido al actuador que está sujeto el primer eslabón en la plataforma, introducida en el eje conducido de este actuador.
5. Continuando se colocan las siguientes partes que van acopladas por medio de los ejes de los actuadores mostrando su forma de sujeción como se indicó en el punto anterior, luego del eslabón del hombro sigue el eslabón del brazo, una vez colocado el brazo se coloca el eslabón del codo.
6. Posteriormente se coloca el eslabón de la muñeca que va junto con su sistema de transmisión engranaje- piñón, para darle rotación a la garra
7. En este último eslabón por medio de un mecanismo de engrane-piñón cónicos rectos irá acoplada el elemento ejecutor resultando ser el elemento final en el ensamble del brazo manipulador.

La siguiente tabla M2 nos muestra con un poco más a detalle el ensamble del brazo manipulador.

Tabla M 2: Pasos para ensamble del brazo manipulador

1.	Se coloca el actuador Dynamixel XL 430 en el eslabón que permite el giro en el eje Z, y se sujeta con tornillo M2	
2.	Se coloca del eslabón sobre el ensamble anterior, este es el que realiza el movimiento a lo largo del eje Y, sujetando con tornillos M2	

3.	Al extremo del eslabón recién ensamblado, se coloca el actuador Dynamixel XL 430, y se sujeta con tornillos M2	
4.	Una vez sujeto este actuador, se posiciona el eslabón que asemeja a la articulación de codo, sujetando con los tornillos mencionados anteriormente	
5.	En su extremo ahora se coloca el actuador Dynamixel XL 320 y lo sujetan los tornillos M4	
6.	En el siguiente eslabón tiene que primeramente ingresar el eje de acero ASTM A36 y el actuador Dynamixel XL 320.	
7.	Ahora este eslabón con el eje y actuador tiene que ser colocado de tal manera que embone su saliente circunferencial sobre el eje del actuador Dynamixel XL 320 anteriormente ensamblado y sujetado	
8.	Procede a colocar el engrane que permite transmitir el movimiento cambiando de sentido el mismo, se embona sobre el eje del actuador y se sujeta con tornillo M2. Al extremo también se debe colocar el rodamiento para suavizar el movimiento.	

9.	Para que el sentido de rotación se complete se coloca sobre el eje el piñón y se sujeta en su parte extrema del eje, para evitar su salida.	
10.	Ahora se posiciona la base de la garra sobre la ranura del piñón y se sujeta con los tornillos M4.	
11.	Sobre la base se ubica primeramente el tornillo que permitirá la sujeción del piñón que abre y cierra la pinza, posterior se monta el actuador Dynamixel XL 320 y se sujeta con tornillos M4	
12.	Una vez ubicado el actuador se coloca el engrane que transmite el movimiento colocando sobre su eje, sujetando con tornillo M2	
13.	Sobre el tornillo previamente colocado se monta el piñón que será quien completa el movimiento de abrir y cerrar la pinza.	
14.	Se ubican las uniones sobre la cara plana.	
15.	Se coloca las uniones sobre la cara opuesta que tiene un saliente, sujetando con tornillos M4.	

16.	Al final se coloca las pinzas y se sujetan con los tornillos M4.	
-----	--	---

Realizado por: El autor

Puesta en marcha

Para dar el primer paso al poner en funcionamiento el robot manipulador móvil, es necesario cargar las fuentes de alimentación durante 8 horas. Su alimentación se muestra en la siguiente figura M10.

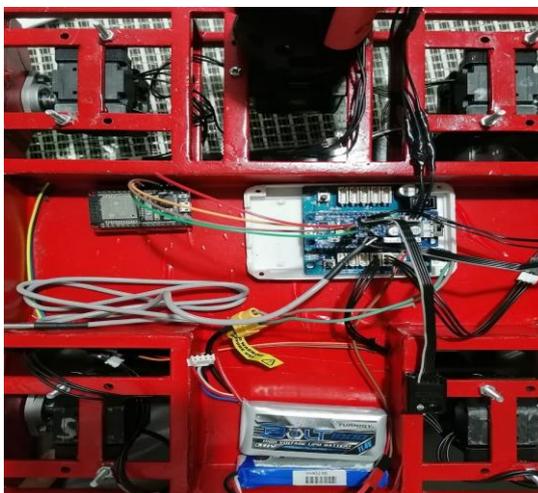


Figura M 10: Elementos del manipulador móvil

Realizado por: El autor

Una vez que estén debidamente cargados las fuentes de alimentación, se procede a encenderlos accionando su interruptor. (En caso de que se alimente por una fuente externa, proveniente de la red eléctrica, asegúrese que se encuentre conectado adecuadamente la fuente de alimentación con la placa de control, y está esté entregando los 11.7 [V] para los actuadores de la plataforma móvil y 7[V], dado que voltajes menores no permitirán el funcionamiento correcto del robot manipulador móvil, y voltajes mayores dañarán permanentemente la placa de control, los sensores y los actuadores inteligentes, como muestra la figura M11.



Figura M 11: Conexión de los actuadores.
Realizado por: El autor

Al inicio se ejecutará un auto testeo antes de poner el robot manipulador móvil en marcha para verificar su correcto funcionamiento, después de haber apagado, reiniciado o desconectado de la fuente de alimentación. Si existe algún problema con algún actuador o este no se encuentra en su posición, no realizará los movimientos correctos, la figura M12 muestra su posición inicial.

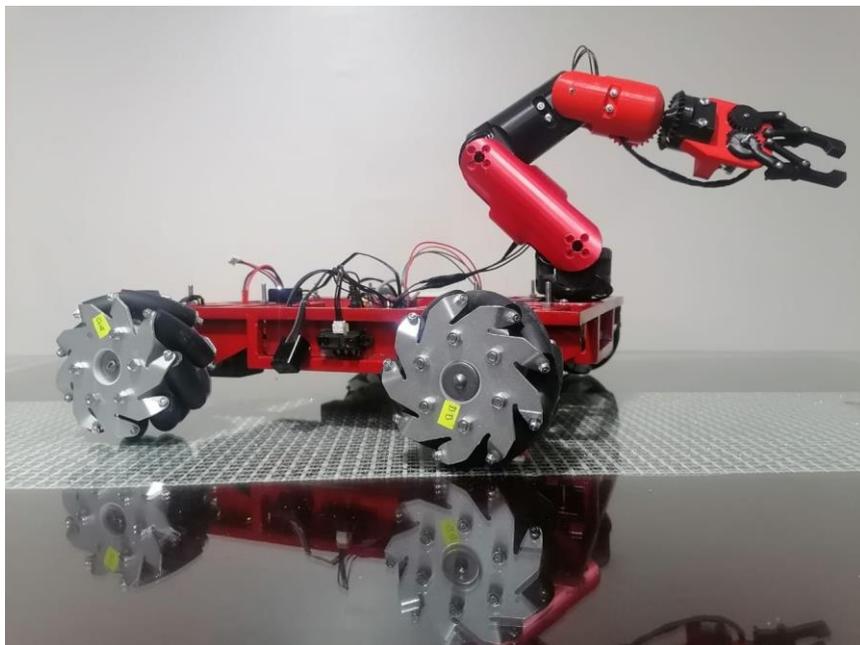


Figura M 12: Manipulador móvil ensamblado
Realizado por: El autor

Manejo del robot manipulador móvil

El control del robot manipulador móvil funciona por conexión inalámbrica WIFI mediante la red de internet, tecnología que utilizada es utilizada en la industria 4.0. Su control se muestra en la figura M13.

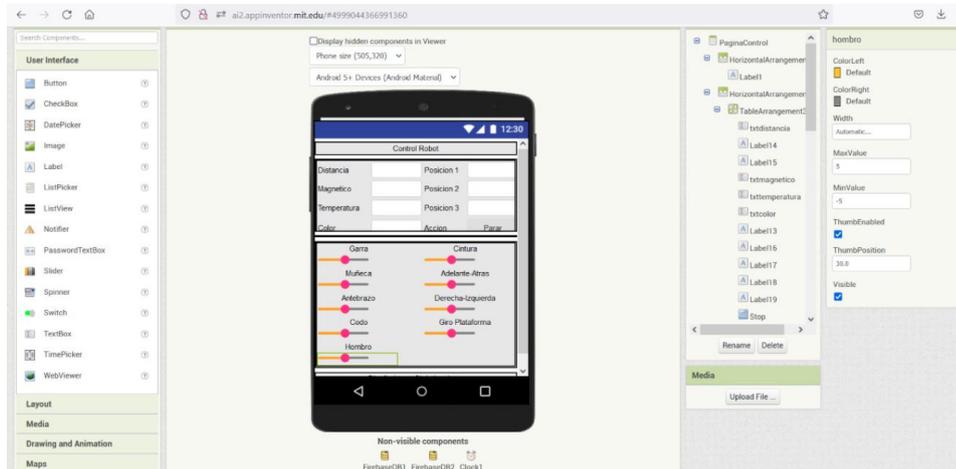


Figura M 13: Diseño de la aplicación
Realizado por: El autor

Para poder realizar los principales movimientos de robot manipulador móvil se utilizará un dispositivo móvil con una aplicación, como muestra las figuras M14 y M15.

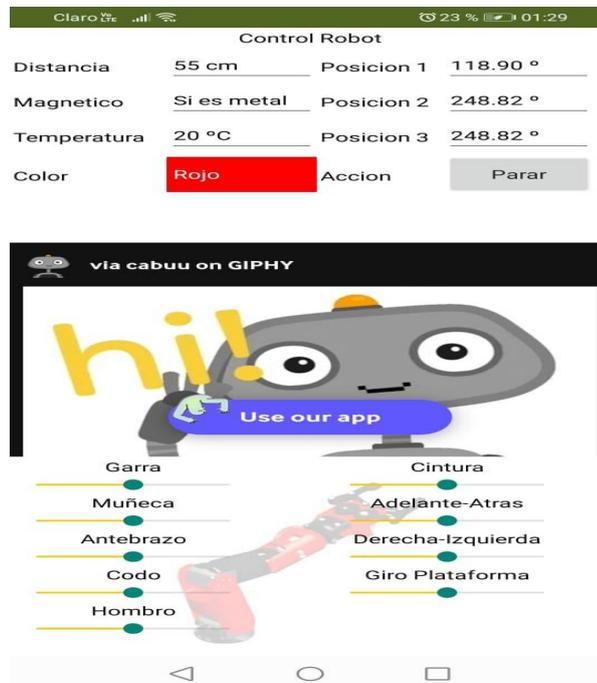


Figura M 14: Aplicación
Realizado por: El autor

- Movimientos básicos:



Figura M 15: Movimientos básicos
Realizado por: El autor

Debemos de tener en cuenta del alcance del robot para no tener problemas al momento de realizar los movimientos.

Visualización de variables

La visualización de las variables que se muestra en la figura M16 tomadas en el ambiente de trabajo se mostrará en la nube.



Figura M 16: Visualización de variables
Realizado por: El autor

Para mostrar el valor se accederá desde la pantalla del computador o desde el navegador de un dispositivo móvil para cada variable:

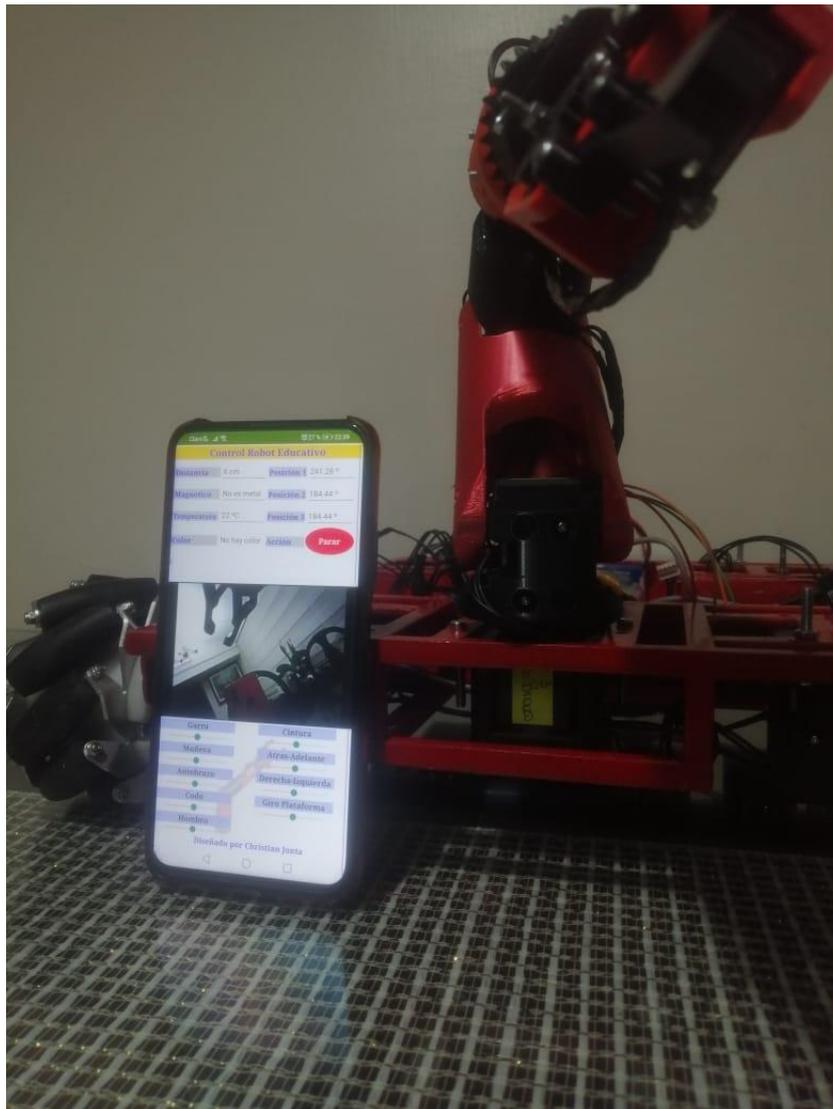


Figura M 17: Manipulador móvil en funcionamiento con la APP
Realizado por: El autor

Manual de Usuario Aplicativo móvil

Se presenta el manual de usuario de la aplicación y el proceso para habilitar la conexión de la cámara esp32 hacia el servidor y el aplicativo móvil.

Una interfaz sencilla e intuitiva que consta de dos pantallas: La primera pantalla será la pantalla de bienvenida y de carga de los datos alojados en la nube. Una vez que los datos hayan cargados nos llevará a la siguiente pantalla que ya será la pantalla de uso del robot educativo



Figura M 18: Pantalla de inicio de la app
Realizado por: El autor

Esta página será específicamente informativa y de referencia que los datos ya se encuentran cargados correctamente.

Procedemos a la siguiente pantalla la cual estará dividida en tres secciones, la primera y la segunda sección serán de visualización de la información y de los datos obtenidos a través de los sensores del robot educativo.

Como se muestra en la figura M 19 existen 7 cajas de muestra de texto de los datos obtenidos del robot y un botón que permite detener todas las acciones que se

encuentre haciendo el robot en ese momento. Cada una de estas cajas son solo de lectura, no se puede editar ni enviar datos desde las mismas.

En la segunda sección se encuentra la imagen obtenida desde la cámara esp32 desde un servidor igualmente alojado en la web que posteriormente se procederá a mostrar su inicialización.

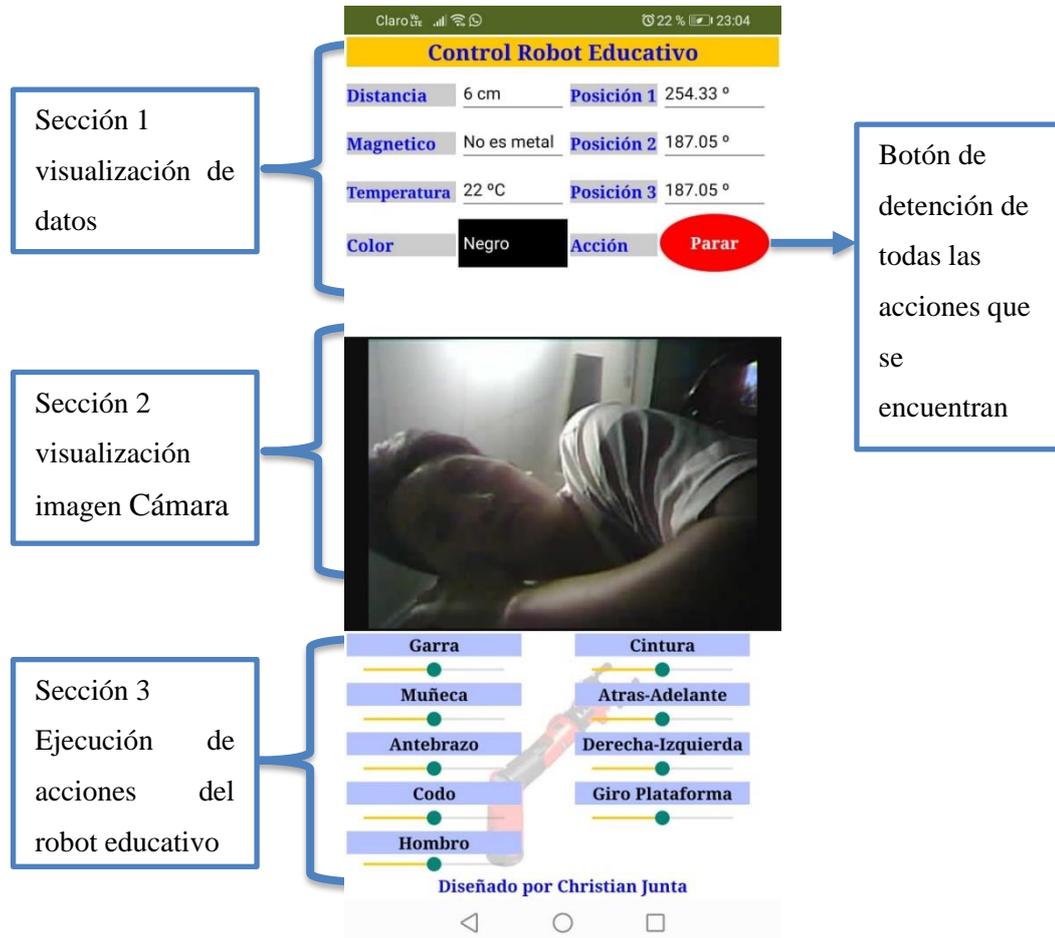


Figura M 19: Pantalla de control de la app
Realizado por: El autor

En la última sección tenemos las acciones de movimiento que tiene el robot, en total son 9 movimientos generados de los cuales los que se encuentran en la sección vertical izquierda son del manipulador y los 4 que se encuentran en la sección vertical derecha corresponden a la plataforma móvil, es decir el giro total del manipulador y los tres movimientos generados respectivamente.

Cuidados y mantenimiento del robot

- Retirar las baterías del robot manipulador móvil, si dichas baterías no se van a utilizar durante prolongados periodos de tiempo (más de un mes)
- Limpiar periódicamente el robot manipulador móvil con delicadeza y suavidad, con paños limpios y nos húmedos.
- Verificar periódicamente el correcto funcionamiento de cada uno de los sensores.
- Evitar el contacto con agua u otros líquidos, que puedan afectar drásticamente a la placa de control, los sensores o quizás los actuadores.
- No forzar las ruedas o intentar de detenerlas mientras el robot manipulador móvil se encuentre en reposo o en movimiento, caso contrario puede ocasionar daños permanentes a los actuadores.
- Mantener la información del manual de usuario como advertencia a futuro.

Codificación Arduino IDE

```
MOTORES SENSORES
#include <Dynamixel2Arduino.h>
#include <OLLO.h>
OLLO myOLLO;
//motor cinco y siete invertimos
int DXL_DIR_PING = 22;
Dynamixel2Arduino dxlg(Serial3, DXL_DIR_PING);

int DXL_DIR_PINP = 28;
Dynamixel2Arduino dxlp(Serial1, DXL_DIR_PINP);
float DXL_PROTOCOL_VERSION = 2.0;
uint8_t DXL_ID1p = 101;
uint8_t DXL_ID2p = 102;
uint8_t DXL_ID3p = 103;
//motoresgrandes
uint8_t DXL_ID1g = 1;
uint8_t DXL_ID1Base = 2;
uint8_t DXL_ID1Gbase = 3;
//llantas
uint8_t DXL_IzqDelante = 4;
uint8_t DXL_DerDelante = 6;
uint8_t DXL_IzqAtras = 5;
uint8_t DXL_DerAtras = 7;
//VARIABLE DE LECTURA
float l1=0.15; //distancia media largo
float l2=0.15; //dintacnia media ancho
float radio=0.05; //radio de la llanta

String lectura="a000a000a000a000a000a000a000a000a000a0";
String lecturaAnt;
void setup() {
  Serial2.begin(115200);//para esp32
  Serial.begin(115200);//para PC
  dxlp.begin(1000000);
  dxlp.setPortProtocolVersion(DXL_PROTOCOL_VERSION);
  //para garra
  dxlp.torqueOff(DXL_ID1p);
  dxlp.setGoalVelocity(DXL_ID1p, 10.0, UNIT_PERCENT);
  dxlp.setOperatingMode(DXL_ID1p, OP_POSITION);

  //para muñeca

  dxlp.torqueOff(DXL_ID2p);
  dxlp.setGoalVelocity(DXL_ID2p, 10.0, UNIT_PERCENT);
  dxlp.setOperatingMode(DXL_ID2p, OP_POSITION);

  //para muñeca arriba abajo
  dxlp.torqueOff(DXL_ID3p);
  dxlp.setGoalVelocity(DXL_ID3p, 10.0, UNIT_PERCENT);
  dxlp.setOperatingMode(DXL_ID3p, OP_POSITION);

  //para control motores grandes
  //motorgrande1
  dxlg.begin(57600);
  dxlg.setPortProtocolVersion(DXL_PROTOCOL_VERSION);
  dxlg.torqueOff(DXL_ID1g);
  dxlg.setGoalVelocity(DXL_ID1g, 00.0, UNIT_RPM);
  dxlg.setOperatingMode(DXL_ID1g, OP_VELOCITY);

  //motorgrande2
  dxlg.torqueOff(DXL_ID1Base);
  dxlg.setGoalVelocity(DXL_ID1Base, 00.0, UNIT_RPM);
  dxlg.setOperatingMode(DXL_ID1Base, OP_VELOCITY);

  //motorgirobase
  dxlg.torqueOff(DXL_ID1Gbase);
  dxlg.setGoalVelocity(DXL_ID1Gbase, 00.0, UNIT_RPM);
  dxlg.setOperatingMode(DXL_ID1Gbase, OP_VELOCITY);

  //adelante
```

```

//lanta izquierda ----cinco es uno
dxlg.torqueOff(DXL_IzqDelante);
dxlg.setGoalVelocity(DXL_IzqDelante, 00.0, UNIT_RPM);
dxlg.setOperatingMode(DXL_IzqDelante, OP_VELOCITY);

//lanta derecha----cuatro es dos
dxlg.torqueOff(DXL_DerDelante);
dxlg.setGoalVelocity(DXL_DerDelante, 00.0, UNIT_RPM);
dxlg.setOperatingMode(DXL_DerDelante, OP_VELOCITY);
//atras
//lanta izquierda----siete es 3
dxlg.torqueOff(DXL_IzqAtras);
dxlg.setGoalVelocity(DXL_IzqAtras, 00.0, UNIT_RPM);
dxlg.setOperatingMode(DXL_IzqAtras, OP_VELOCITY);

//lanta derecha-----seis es cuatro
dxlg.torqueOff(DXL_DerAtras);
dxlg.setGoalVelocity(DXL_DerAtras, 00.0, UNIT_RPM);
dxlg.setOperatingMode(DXL_DerAtras, OP_VELOCITY);

//para sensor
myOLLO.begin(1);
myOLLO.begin(2, MAGNETIC_SENSOR);//OLLO Magnetic Module must be connected at port 2.
myOLLO.begin(3, TEMPERATURE_SENSOR);
myOLLO.begin(4,COLOR_SENSOR);
}

void loop() {
//Serial2.flush();
if (Serial2.available()){

lectura=Serial2.readStringUntil('\n');
lectura.remove(38,1);
Serial.println(lectura.length());
Serial.println(lectura);
if (lectura.length()==38 && lectura!=lecturaAnt){
lecturaAnt=lectura;

//a000a000a000a000a000a000a000a000a1
//MOVIMIENTO GARRA
int torque=lectura[37]-48;
if (torque==1)
{
dxlp.torqueOn(DXL_ID1p);
dxlp.torqueOn(DXL_ID2p);
dxlp.torqueOn(DXL_ID3p);
dxlg.torqueOn(DXL_ID1g);
dxlg.torqueOn(DXL_ID1Base);
dxlg.torqueOn(DXL_ID1Gbase);
dxlg.torqueOn(DXL_IzqDelante);
dxlg.torqueOn(DXL_DerDelante);
dxlg.torqueOn(DXL_DerAtras);
dxlg.torqueOn(DXL_IzqAtras);
}
else
{
dxlp.torqueOff(DXL_ID1p);
dxlp.torqueOff(DXL_ID2p);
dxlp.torqueOff(DXL_ID3p);
dxlg.torqueOff(DXL_ID1g);
dxlg.torqueOff(DXL_ID1Base);
dxlg.torqueOff(DXL_ID1Gbase);
dxlg.torqueOff(DXL_IzqDelante);
dxlg.torqueOff(DXL_DerDelante);
dxlg.torqueOff(DXL_DerAtras);
dxlg.torqueOff(DXL_IzqAtras);
}

int posicion=(lectura[1]-48)*100+(lectura[2]-48)*10+(lectura[3]-48);
if(lectura[0]==98) //leer letra para controlar signo
posicion=-posicion;
}
}

```

```

dxlp.setGoalPosition(DXL_ID1p, posicion, UNIT_DEGREE);
//MOVIMIENTO MUÑECA
int posicion1=(lectura[5]-48)*100+(lectura[6]-48)*10+(lectura[7]-48);
if(lectura[4]==98) //leer letra para controlar signo
posicion1=-posicion1;
dxlp.setGoalPosition(DXL_ID2p, posicion1, UNIT_DEGREE);
//MUÑECA ARRIBA ABAJO
int posicion2=(lectura[9]-48)*100+(lectura[10]-48)*10+(lectura[11]-48);
if(lectura[8]==98) //leer letra para controlar signo
posicion2=-posicion2;
dxlp.setGoalPosition(DXL_ID3p, posicion2, UNIT_DEGREE);
//motores grandes CODO
int posicion3=(lectura[13]-48)*100+(lectura[14]-48)*10+(lectura[15]-48);
if(lectura[12]==98) //leer letra para controlar signo
posicion3=-posicion3;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_ID1g, posicion3, UNIT_RPM);
//MOTOR BASE
int posicion4=(lectura[17]-48)*100+(lectura[18]-48)*10+(lectura[19]-48);
if(lectura[16]==98) //leer letra para controlar signo
posicion4=-posicion4;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_ID1Base, posicion4, UNIT_RPM);
//MOTOR BASE GIRATORIA
int posicion5=(lectura[21]-48)*100+(lectura[22]-48)*10+(lectura[23]-48);
if(lectura[20]==98) //leer letra para controlar signo
posicion5=-posicion5;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_ID1Gbase, posicion5, UNIT_RPM);
//Movimiento adelante
float velocidad1=((float)(lectura[25]-48)*100+(lectura[26]-48)*10+(lectura[27]-48))/100;
if(lectura[24]==98) //leer letra para controlar signo
velocidad1=-velocidad1;
float velocidad2=((float)(lectura[29]-48)*100+(lectura[30]-48)*10+(lectura[31]-48))/100;
if(lectura[28]==98) //leer letra para controlar signo
velocidad2=-velocidad2;
float velocidad3=-((float)(lectura[33]-48)*100+(lectura[34]-48)*10+(lectura[35]-48))/50;
if(lectura[32]==98) //leer letra para controlar signo
velocidad3=-velocidad3;

float w1=(velocidad1+velocidad2+(11+12)*velocidad3)/radio;
float w1rpm=w1*9.55;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_IzqDelante,w1rpm, UNIT_RPM);
float w2=(velocidad1-velocidad2-(11+12)*velocidad3)/radio;
float w2rpm=-w2*9.55;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_DerDelante,w2rpm, UNIT_RPM);
float w3=(velocidad1-velocidad2+(11+12)*velocidad3)/radio;
float w3rpm=w3*9.55;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_IzqAtras,w3rpm, UNIT_RPM);
float w4=(velocidad1+velocidad2-(11+12)*velocidad3)/radio;
float w4rpm=-w4*9.55;
dxlg.setGoalVelocity(DXL_DerAtras,w4rpm, UNIT_RPM);

// Serial2.print("DMS Sensor ADC Value = ");

int d=myOLLO.read(1);
int cm=myOLLO.read(2, MAGNETIC_SENSOR);
int T=myOLLO.read(3, TEMPERATURE_SENSOR);
int color= myOLLO.read(4, COLOR_SENSOR);
Serial2.print(String(d)+"a"+String(cm)+"a"+String(T)+"a"+String(color)+"a");

float posm101p = dxlp.getPresentPosition(DXL_ID1p, UNIT_DEGREE);
float posm102p = dxlp.getPresentPosition(DXL_ID2p, UNIT_DEGREE);
float posm103p = dxlp.getPresentPosition(DXL_ID3p, UNIT_DEGREE);
//Serial.println(lectura);

Serial2.print(String(posm101p)+"a"+String(posm102p)+"a"+String(posm103p)+"a"+torque);

//Serial.println((String)posicion+"/"+(String)posicion1+"/"+(String)posicion2+"/"+(String)posicion3+"/"+(String)posicion4
+ "/" + (String)posicion5 + "/" + (String)w1 + "/" + (String)w2 + "/" + (String)w3 + "/" + (String)torque);
}
}
}
}

```

```

CONEXIÓN SERIAL ESP32
#include <WiFi.h>
#include "FirebaseESP32.h"
#include <NTPClient.h>
#include <WiFiUdp.h>

#define FIREBASE_HOST "https://tesis-48cf5-default-rtdb.firebaseio.com/"
#define FIREBASE_AUTH "8wncBHkp0X1kvXeigqzK6FRC7cnRvTgzIm4FcTSS"

#define WIFI_SSID "RED DE INTERNET LOCAL"
#define WIFI_PASSWORD "635246789*"

String bandeja,lectura="000a000a000a000a000a000a0a0a0";
String cadena;
String lecturaDatos="000a000a000a000a000a000a0a0a0";
FirebaseData firebaseData;
String path = "/trama";

//variables Firebase
FirebaseJson json;
String path2;

// Define NTP Client to get time
WiFiUDP ntpUDP;
NTPClient timeClient(ntpUDP);

// Variables to save date and time
String formattedDate;
String dayStamp;
String timeStamp;

void setup() {

  Serial.begin(115200);
  Serial2.begin(115200);

  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("[Wi-Fi]...Connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    Serial.print(".");
    delay(300);
  }
  Serial.println();
  Serial.print("Connected with IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println();

  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
  Firebase.reconnectWiFi(true);

}

void loop() {
// Firebase.clear();
  Firebase.getString(firebaseData, path + "/trama1");
  //delay(100);

  bandeja=String(firebaseData.stringData());
  lectura=bandeja.substring(2,40);
  Serial.println("Trama= " + lectura);

  //lectura=Serial2.readString();
  Serial2.println(lectura);
  delay(10);

  // Update Time
  //while(!timeClient.update()) {
  //timeClient.forceUpdate();
  //}

  if (Serial2.available()){

```

```

lecturaDatos=Serial2.readString();
// formattedDate = timeClient.getFormattedTime();
path2 = "/data";

// Send data To Firebase
json.clear();
json.add("tramaDatos", lecturaDatos);

if (Firebase.setJSON(firebaseData, path2, json)) {
  Serial.println("SEND SUCCESS");
}
//delay(60000);
}
}

```

CONEXIÓN CAMRA ESP32CAM

```

#include "src/OV2640.h"
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
#include <WiFiClient.h>

// Select camera model
// #define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
// #define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

```

```
#include "camera_pins.h"
```

```
/*
```

Next one is an include with wifi credentials.

This is what you need to do:

1. Create a file called "home_wifi_multi.h" in the same folder OR under a separate subfolder of the "libraries" folder of Arduino IDE. (You are creating a "fake" library really - I called it "MySettings").
2. Place the following text in the file:

```
#define SSID1 "replace with your wifi ssid"
#define PWD1 "replace your wifi password"
```
3. Save.

Should work then

```
*/
#define SSID1 "RED DE INTERNET LOCAL"
#define PWD1 "635246789*"

```

```
OV2640 cam;
```

```
WebServer server(80);
```

```

const char HEADER[] = "HTTP/1.1 200 OK\r\n" \
  "Access-Control-Allow-Origin: *\r\n" \
  "Content-Type: multipart/x-mixed-replace; boundary=1234567890000000000987654321\r\n";
const char BOUNDARY[] = "\r\n--1234567890000000000987654321\r\n";
const char CTNTTYPE[] = "Content-Type: image/jpeg\r\nContent-Length: ";
const int hdrLen = strlen(HEADER);
const int bdrLen = strlen(BOUNDARY);
const int cntLen = strlen(CTNTTYPE);

```

```
void handle_jpg_stream(void)
```

```
{
  char buf[32];
  int s;
```

```
  WiFiClient client = server.client();
```

```
  client.write(HEADER, hdrLen);
  client.write(BOUNDARY, bdrLen);
```

```
  while (true)
  {
```

```

        if (!client.connected()) break;
        cam.run();
        s = cam.getSize();
        client.write(CTNTTYPE, cntLen);
        sprintf( buf, "%d\r\n\r\n", s );
        client.write(buf, strlen(buf));
        client.write((char *)cam.getfb(), s);
        client.write(BOUNDARY, bdrLen);
    }
}

const char JHEADER[] = "HTTP/1.1 200 OK\r\n" \
    "Content-disposition: inline; filename=capture.jpg\r\n" \
    "Content-type: image/jpeg\r\n\r\n";
const int jhdLen = strlen(JHEADER);

void handle_jpg(void)
{
    WiFiClient client = server.client();

    cam.run();
    if (!client.connected()) return;

    client.write(JHEADER, jhdLen);
    client.write((char *)cam.getfb(), cam.getSize());
}

void handleNotFound()
{
    String message = "Server is running!\n\n";
    message += "URI: ";
    message += server.uri();
    message += "\nMethod: ";
    message += (server.method() == HTTP_GET) ? "GET" : "POST";
    message += "\nArguments: ";
    message += server.args();
    message += "\n";
    server.send(200, "text / plain", message);
}

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    //while (!Serial); //wait for serial connection.

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

    // Frame parameters
    // config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.frame_size = FRAMESIZE_QVGA;
    config.jpeg_quality = 12;

```

```

config.fb_count = 2;

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
pinMode(13, INPUT_PULLUP);
pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

cam.init(config);

IPAddress ip;

WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.begin(SSID1, PWD1);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
  delay(500);
  Serial.print(F("."));
}
ip = WiFi.localIP();
Serial.println(F("WiFi connected"));
Serial.println("");
Serial.println(ip);
Serial.print("Stream Link: http://");
Serial.print(ip);
Serial.println("/mjpeg/1");
server.on("/mjpeg/1", HTTP_GET, handle_jpg_stream);
server.on("/jpg", HTTP_GET, handle_jpg);
server.onNotFound(handleNotFound);
server.begin();
}
void loop()
{
  server.handleClient();

}

```

ANEXO 2: PRÁCTICAS

PRÁCTICA 1

TEMA

Estructura básica y funciones de operaciones de un robot manipulador móvil

OBJETIVOS

- Conocer los componentes mecánicos que conforman un robot manipulador móvil, para su funcionamiento y características, proponiendo nuevos diseños y configuraciones.

FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Estructuras?

¿Manuales?

¿Tipos de materiales utilizados en robots?

Aplicaciones para este tipo de robots.

Opciones de reemplazo de este robot.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

INSTRUCCIONES

- Diseñar un prototipo mecánico diferente que promueva nuevas alternativas de actividades del “Robot manipulador móvil”
- Mostrar en un menú, el ensamble mecánico a detalle del “Robot manipulador móvil”
- Proponer diferentes tipos de materiales que suplan en caso de necesidad de ser reemplazados en “Robot manipulador móvil”

RECOMENDACIONES

- Investigar datos técnicos sobre materiales
- Tomar en cuenta cada una de las condiciones previas, antes de la realización de la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Modelo didáctico:
- Robot manipulador móvil.
- Aplicación móvil.

- Computador.
- Programas: Arduino.

CONCLUSIONES.

PRÁCTICA 2

TEMA

Estructura básica y funciones de operaciones de un robot manipulador móvil

OBJETIVOS

- Conocer los componentes electrónicos que conforman un robot manipulador móvil, para su funcionamiento y características, proponiendo nuevos diseños y configuraciones.

FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Funcionamiento electrónico de un robot?

¿Diseños electrónicos de un robot?

¿Tipos de dispositivos electrónicos utilizados en robots?

Aplicaciones para este tipo de robots.

Opciones de reemplazo de este robot.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

INSTRUCCIONES

- Diseñar un prototipo electrónico diferente que promueva nuevas alternativas de actividades del “Robot manipulador móvil”
- Mostrar en un menú, el diseño electrónico a detalle del “Robot manipulador móvil”
- Proponer diferentes tipos de dispositivos electrónicos que suplan en caso de necesidad de ser reemplazados en “Robot manipulador móvil”

RECOMENDACIONES

- Investigar datos técnicos sobre dispositivos electrónicos
- Tomar en cuenta cada una de las condiciones previas, antes de la realización de la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Modelo didáctico:
- Robot manipulador móvil.
- Aplicación móvil.
- Computador.

- Programas: Arduino.

CONCLUSIONES.

PRÁCTICA 3

TEMA

Adquirir datos de los sensores de distancia DMS montados en el “Robot manipulador móvil” y mostrarlos en la nube.

OBJETIVOS

- Conocer programas como el Arduino para el diseño y simulación de nuestras prácticas.
- Aprovechar cada una de las facilidades que nos brindan los programas utilizados en la práctica.
- Conocer elementos como el Open CM 9.04, Open CM485, Sensores distancia DMS y demás elementos electrónicos los cuales permitirán el correcto desarrollo de la práctica.
- Desarrollar una aplicación que nos permita mostrar diferentes mensajes en la nube

FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Lenguajes de programación?

Arduino?

¿Sensor de distancia DMS?

¿Para qué sirve el sensor DMS?

Aplicaciones para este tipo de sensor.

Opciones de reemplazo de este sensor.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

INSTRUCCIONES

- Diseñar un programa que nos permita la adquisición de datos y comunicación entre el “Robot manipulador móvil”
- Mostrar en un menú, en la nube los datos obtenidos con el “Robot manipulador móvil”, los datos adquiridos de los sensores de distancia DMS

RECOMENDACIONES

- Investigar datos técnicos acerca del sensor de distancia DMS

- Tomar en cuenta cada una de las condiciones previas, antes de la realización de la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Modelo didáctico:
- Robot manipulador móvil.
- Aplicación móvil.
- Computador.
- Programas: Arduino.

CONCLUSIONES.

PRÁCTICA 4

TEMA

Adquirir datos del sensor de color (CS-10) montados en el “Robot manipulador móvil” y mostrarlos en la nube.

OBJETIVOS

- Conocer programas como el Arduino para el diseño y simulación de nuestras prácticas.
- Aprovechar cada una de las facilidades que nos brindan los programas utilizados en la práctica.
- Conocer elementos como el Open CM 9.04, Open CM485, Sensores distancia DMS y demás elementos electrónicos los cuales permitirán el correcto desarrollo de la práctica.
- Desarrollar una aplicación que nos permita mostrar diferentes mensajes en la nube

FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Lenguajes de programación?

Arduino?

¿Sensor de color (CS-10)?

¿Para qué sirve el sensor de color (CS-10)?

Aplicaciones para este tipo de sensor.

Opciones de reemplazo de este sensor.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

INSTRUCCIONES

- Diseñar un programa que nos permita la adquisición de datos y comunicación entre el “Robot manipulador móvil”
- Mostrar en un menú, en la nube los datos obtenidos con el “Robot manipulador móvil”, los datos adquiridos del Sensor de color (CS-10)

RECOMENDACIONES

- Investigar datos técnicos acerca del sensor de color (CS-10)
- Tomar en cuenta cada una de las condiciones previas, antes de la realización de la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Modelo didáctico:
- Robot manipulador móvil.
- Aplicación móvil.
- Computador.
- Programas: Arduino.

CONCLUSIONES.

PRÁCTICA 5

TEMA

Adquirir datos del sensor magnético (MGSS-10) montados en el “Robot manipulador móvil” y mostrarlos en la nube.

OBJETIVOS

- Conocer programas como el Arduino para el diseño y simulación de nuestras prácticas.
- Aprovechar cada una de las facilidades que nos brindan los programas utilizados en la práctica.
- Conocer elementos como el Open CM 9.04, Open CM485, Sensores distancia DMS y demás elementos electrónicos los cuales permitirán el correcto desarrollo de la práctica.
- Desarrollar una aplicación que nos permita mostrar diferentes mensajes en la nube

FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Lenguajes de programación?

Arduino?

¿Sensor magnético (MGSS-10)?

¿Para qué sirve el sensor magnético (MGSS-10)?

Aplicaciones para este tipo de sensor.

Opciones de reemplazo de este sensor.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

INSTRUCCIONES

- Diseñar un programa que nos permita la adquisición de datos y comunicación entre el “Robot manipulador móvil”
- Mostrar en un menú, en la nube los datos obtenidos con el “Robot manipulador móvil”, los datos adquiridos del sensor magnético (MGSS-10)

RECOMENDACIONES

- Investigar datos técnicos acerca del sensor magnético (MGSS-10)

- Tomar en cuenta cada una de las condiciones previas, antes de la realización de la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Modelo didáctico:
- Robot manipulador móvil.
- Aplicación móvil.
- Computador.
- Programas: Arduino.

CONCLUSIONES.

PRÁCTICA 6

TEMA

Adquirir datos del Sensor de temperatura (TPS-10) montados en el “Robot manipulador móvil” y mostrarlos en la nube.

OBJETIVOS

- Conocer programas como el Arduino para el diseño y simulación de nuestras prácticas.
- Aprovechar cada una de las facilidades que nos brindan los programas utilizados en la práctica.
- Conocer elementos como el Open CM 9.04, Open CM485, Sensores distancia DMS y demás elementos electrónicos los cuales permitirán el correcto desarrollo de la práctica.
- Desarrollar una aplicación que nos permita mostrar diferentes mensajes en la nube

FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Lenguajes de programación?

Arduino?

¿Sensor de temperatura (TPS-10)?

¿Para qué sirve el sensor de temperatura (TPS-10)?

Aplicaciones para este tipo de sensor.

Opciones de reemplazo de este sensor.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

INSTRUCCIONES

- Diseñar un programa que nos permita la adquisición de datos y comunicación entre el “Robot manipulador móvil”
- Mostrar en un menú, en la nube los datos obtenidos con el “Robot manipulador móvil”, los datos adquiridos del sensor de temperatura (TPS-10)

RECOMENDACIONES

- Investigar datos técnicos acerca del Sensor de temperatura (TPS-10)

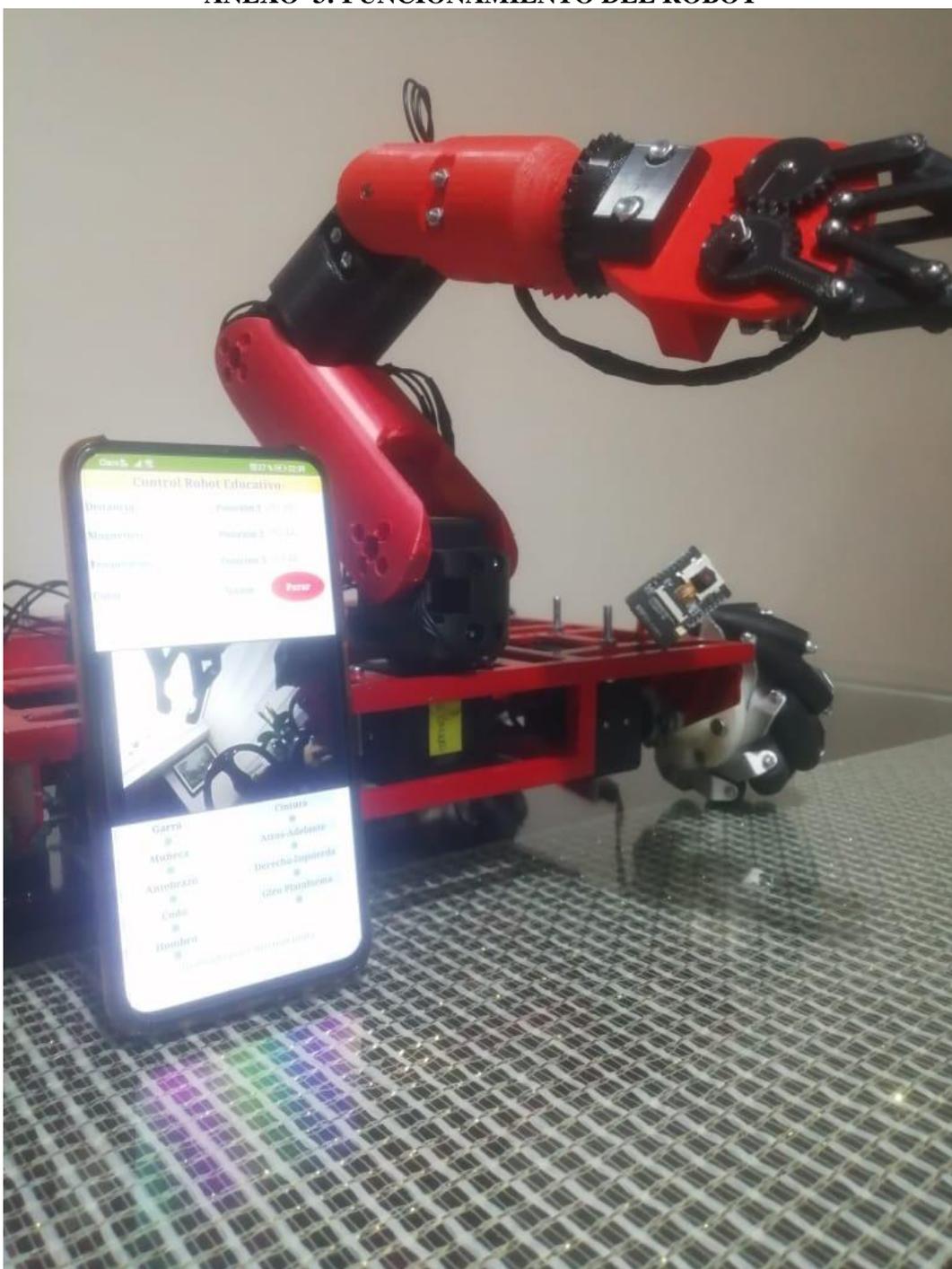
- Tomar en cuenta cada una de las condiciones previas, antes de la realización de la práctica.

MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Modelo didáctico:
- Robot manipulador móvil.
- Aplicación móvil.
- Computador.
- Programas: Arduino.

CONCLUSIONES.

ANEXO 3: FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT



Control Robot Educativo

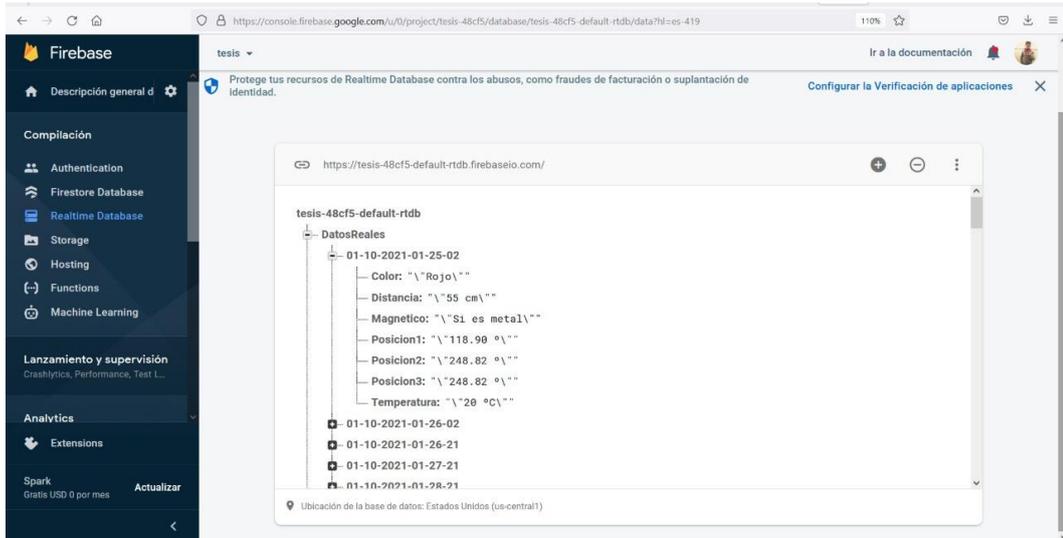
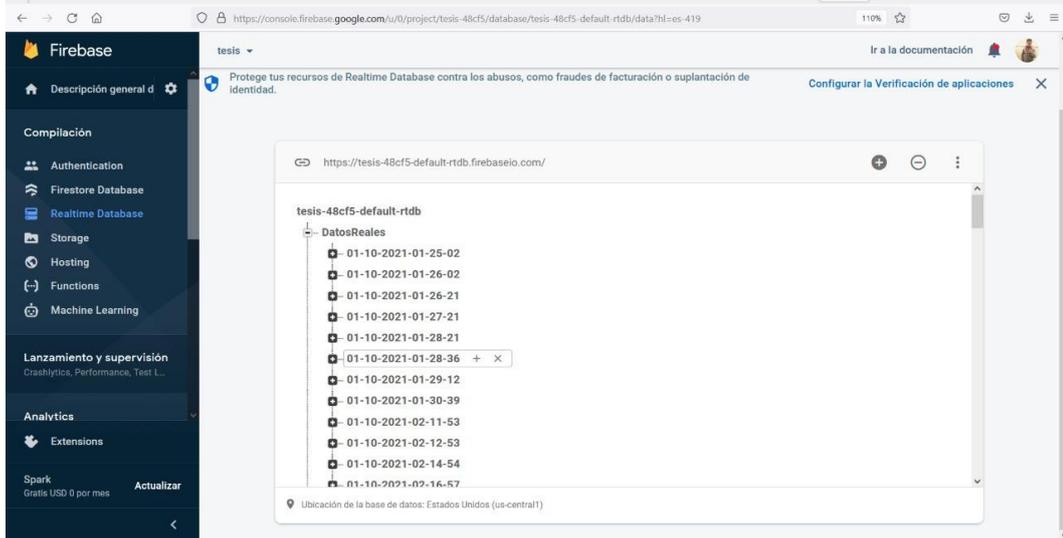
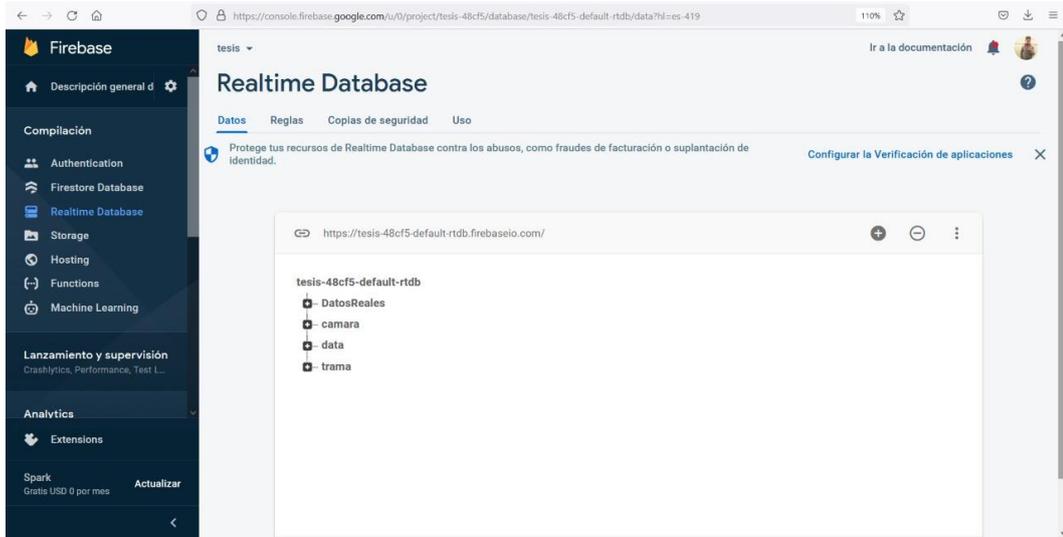
Distancia	6 cm	Posición 1	254.33 °
Magnetico	No es metal	Posición 2	187.05 °
Temperatura	22 °C	Posición 3	187.05 °
Color	Negro	Acción	Parar



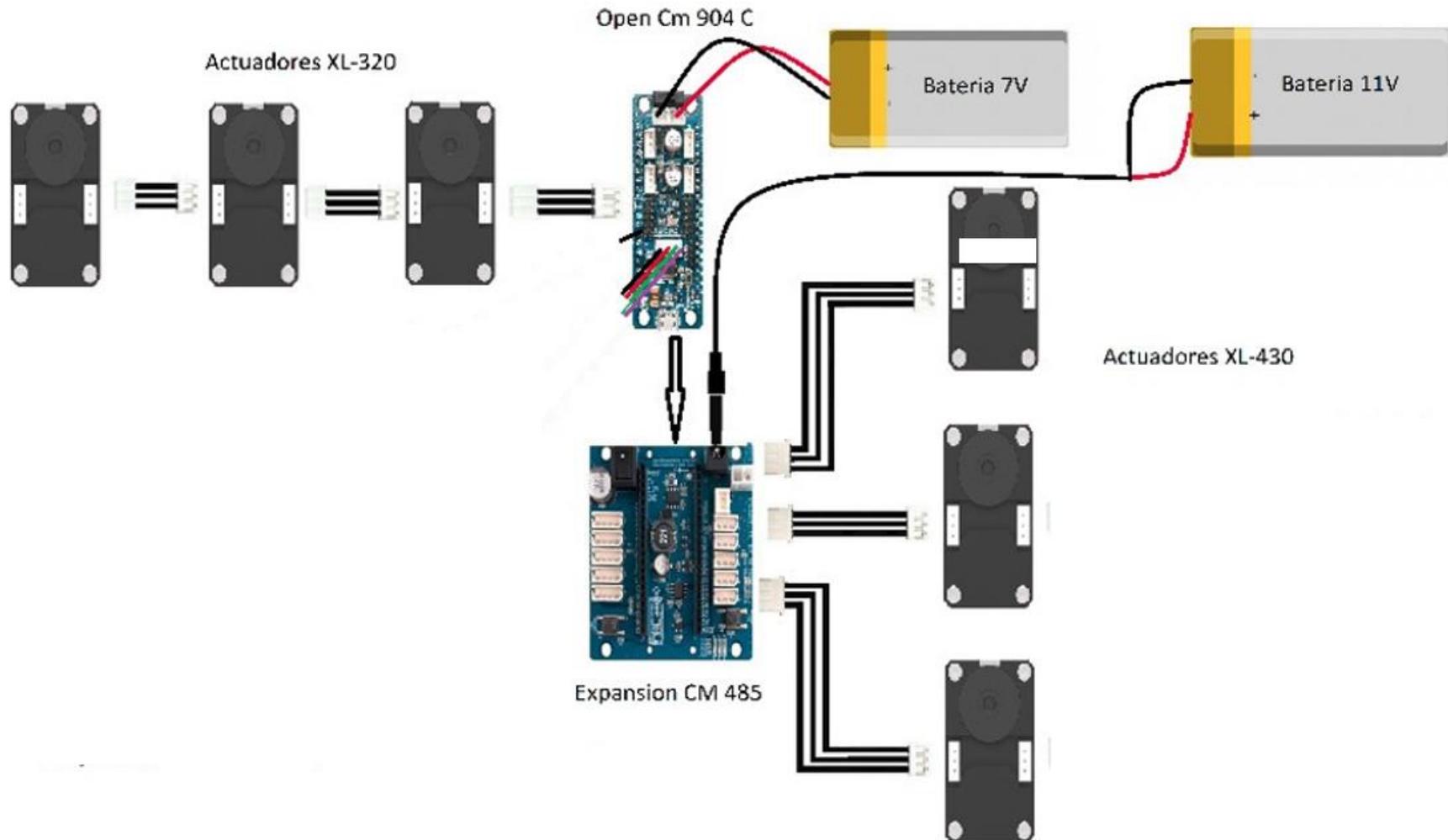
Garra	Cintura
Muñeca	Atras-Adelante
Antebrazo	Derecha-Izquierda
Codo	Giro Plataforma
Hombro	

Diseñado por Christian Junta

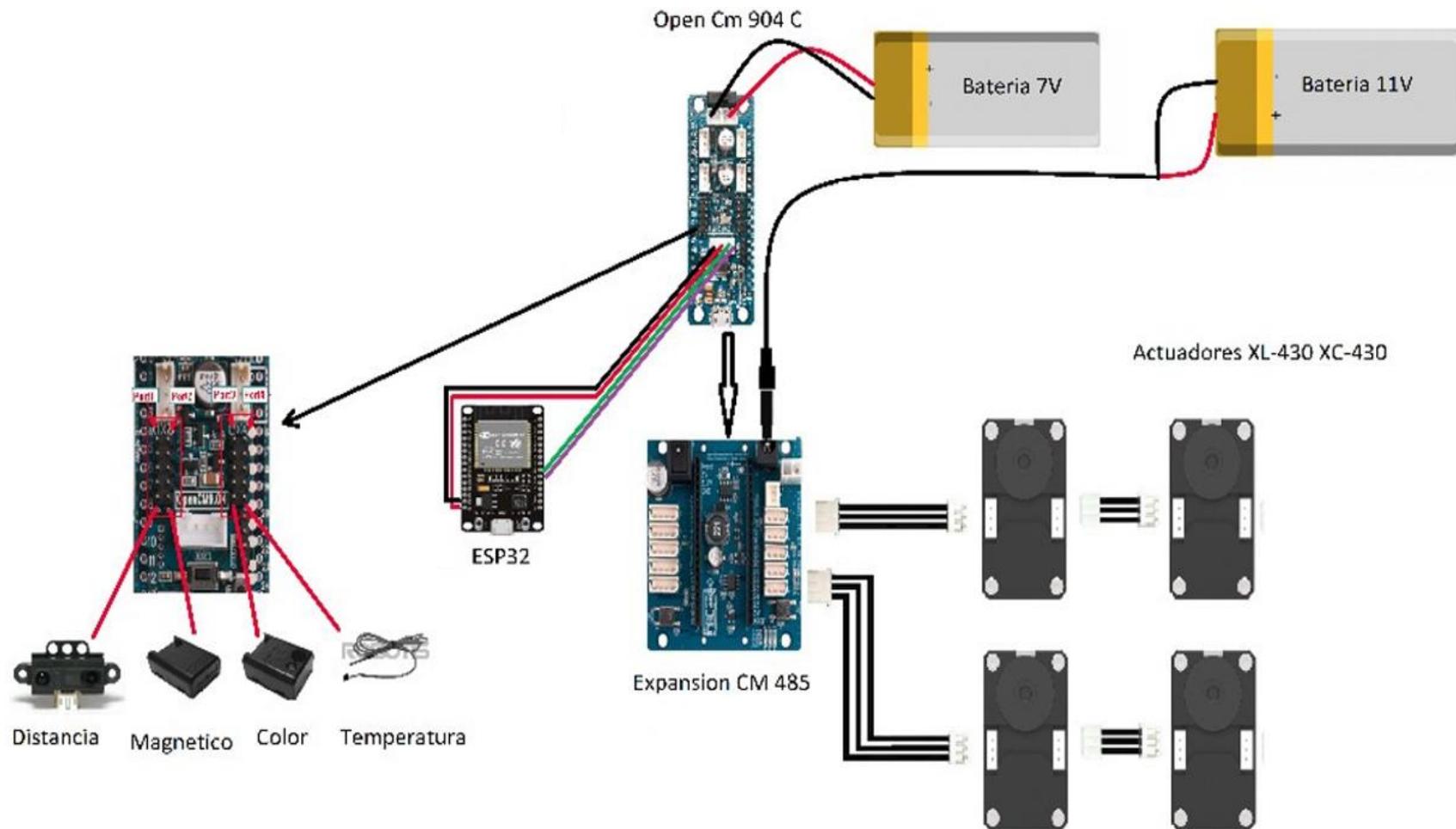




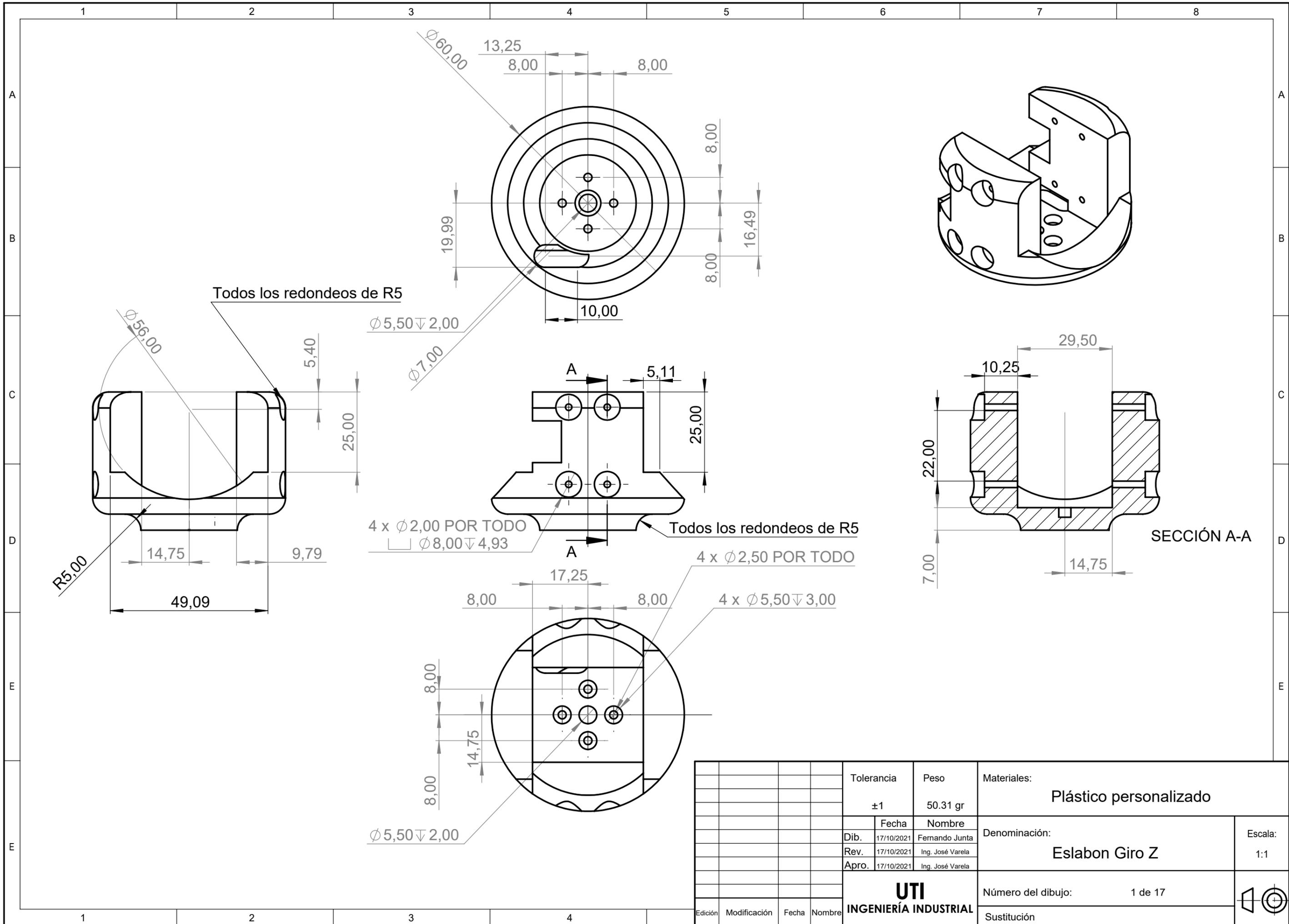
ANEXO 4: ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL BRAZO MANIPULADOR



ANEXO 5: ESQUEMA ELECTRÓNICO DE LA PLATAFORMA MÓVIL

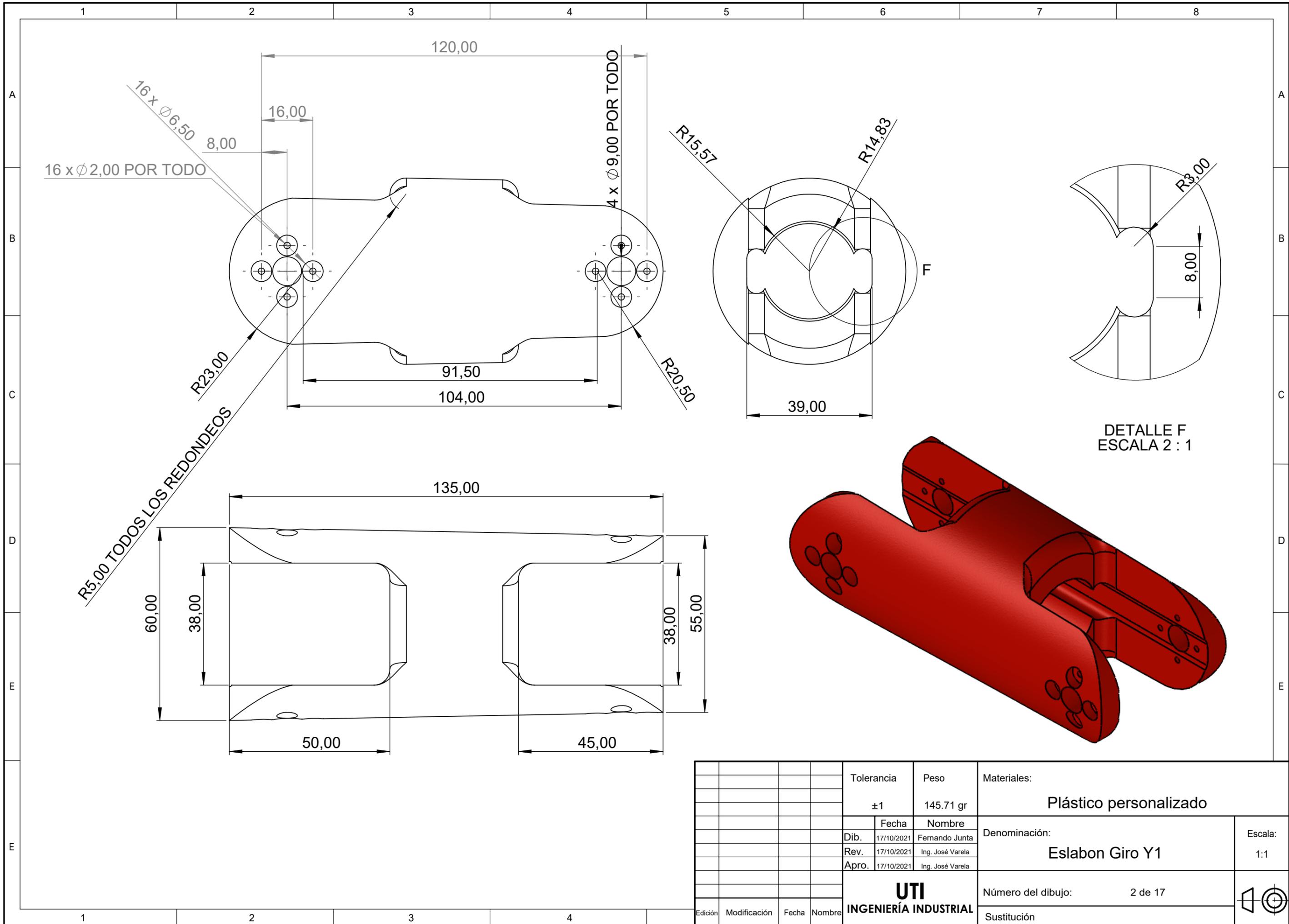


ANEXO 6: DISEÑOS DEL MANIPULADOR MÓVIL



				Tolerancia	Peso	Materiales:		
				± 1	50.31 gr	Plástico personalizado		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib.	17/10/2021	Fernando Junta	Eslabon Giro Z	
				Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela		
				Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			Número del dibujo:	1 de 17
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución	





16 x Ø 2,00 POR TODO

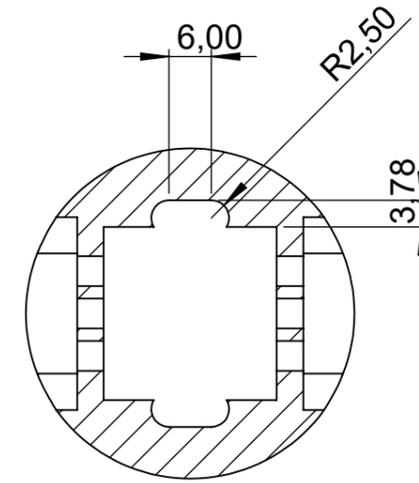
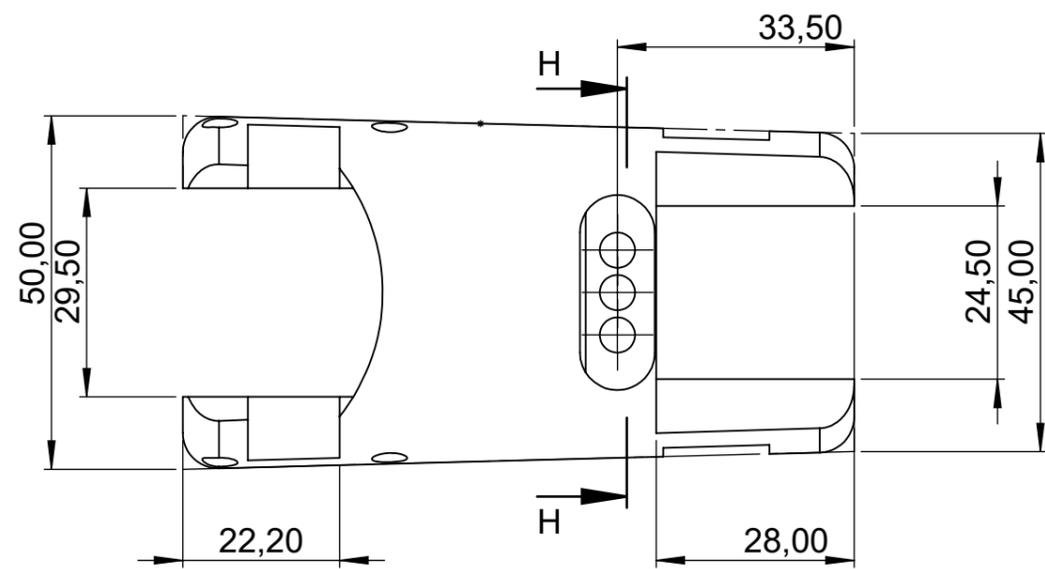
16 x Ø 6,50

4 x Ø 9,00 POR TODO

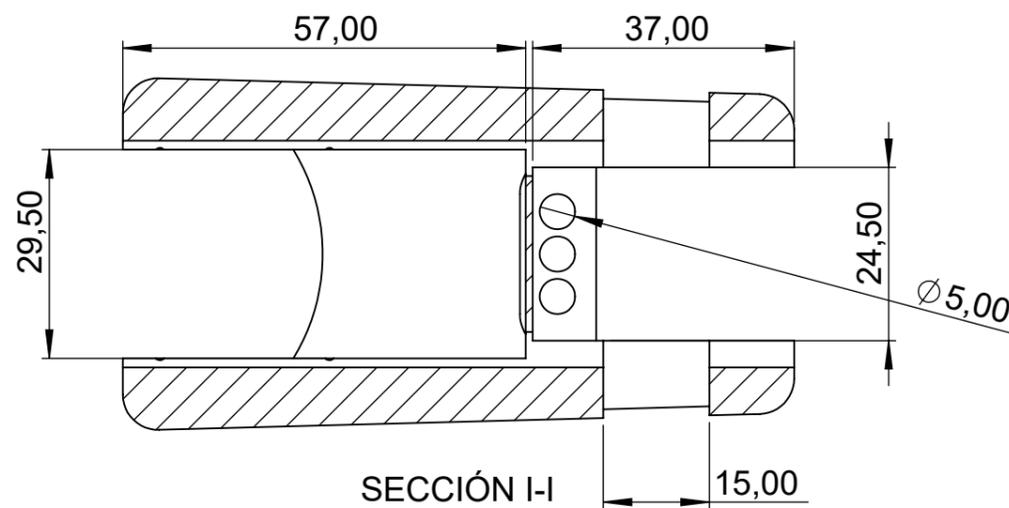
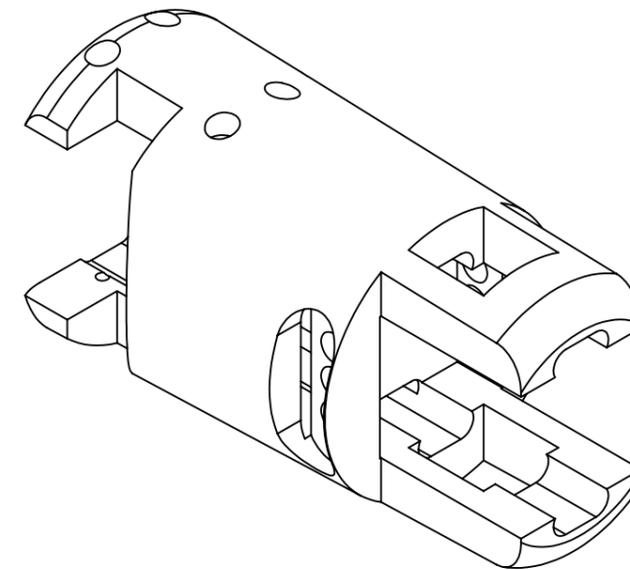
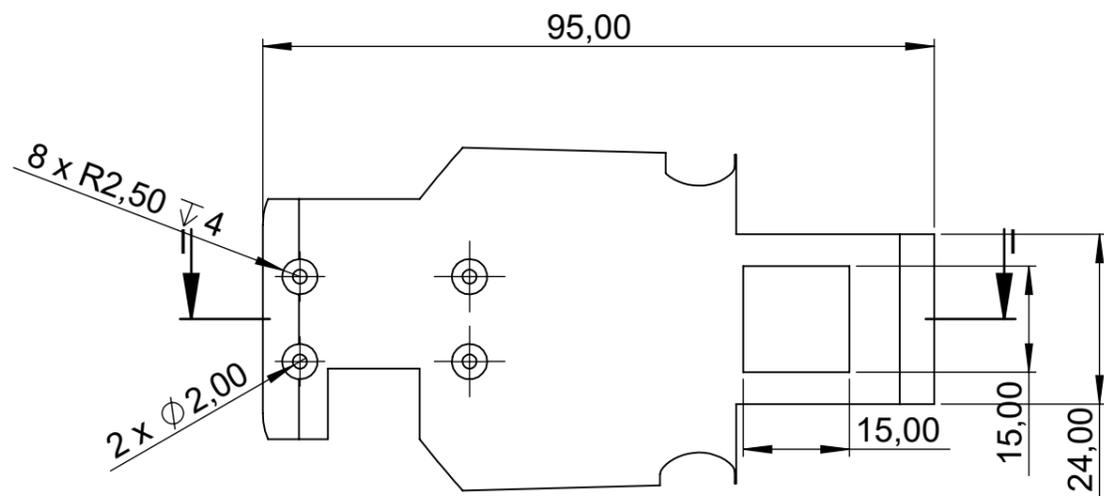
R5,00 TODOS LOS REDONDEOS

DETALLE F
ESCALA 2 : 1

						Tolerancia	Peso	Materiales:	
						±1	145.71 gr	Plástico personalizado	
							Fecha	Nombre	Denominación:
						Dib.	17/10/2021	Fernando Junta	
						Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela	
						Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela	Escala: 1:1
						UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						Sustitución

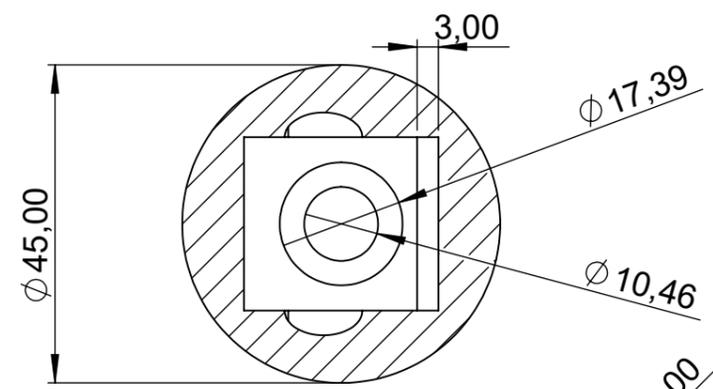
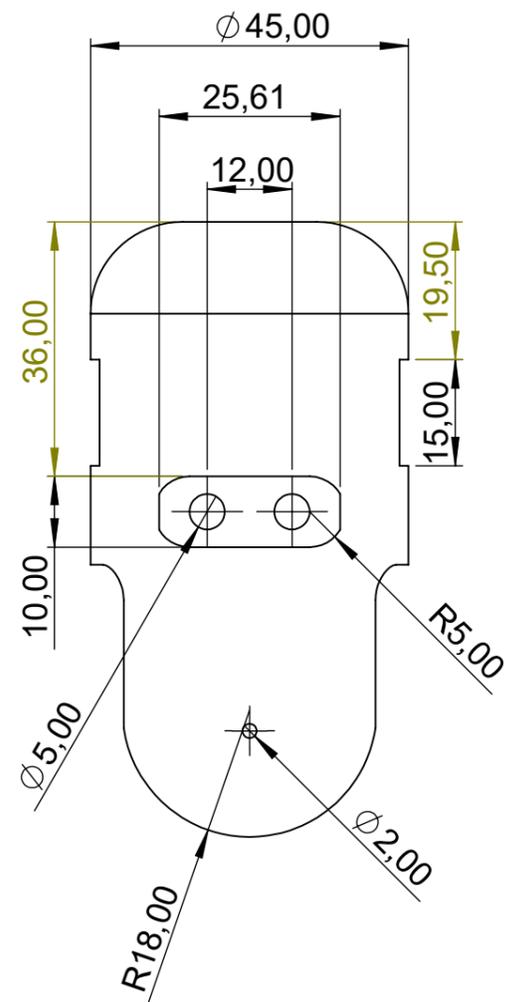


SECCIÓN H-H

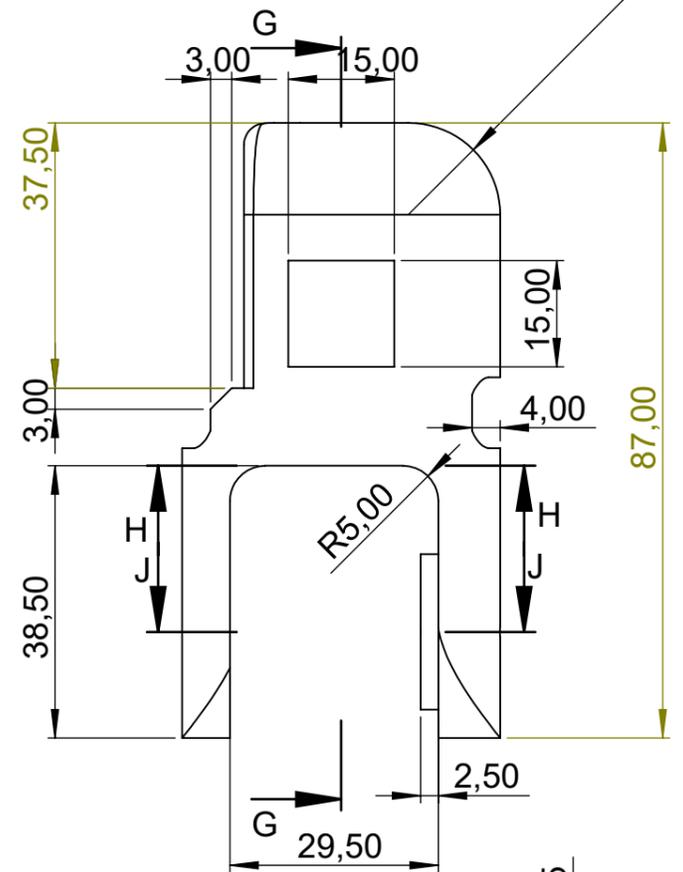


SECCIÓN I-I

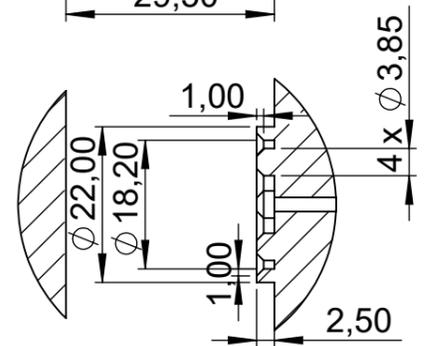
				Tolerancia	Peso	Materiales:		
				±1	59.50 gr	Plástico personalizado		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dib.	17/10/2021	Fernando Junta		
				Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela		
				Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela	Escala:	
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			Número del dibujo: 3 de 17	1:1
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					Sustitución



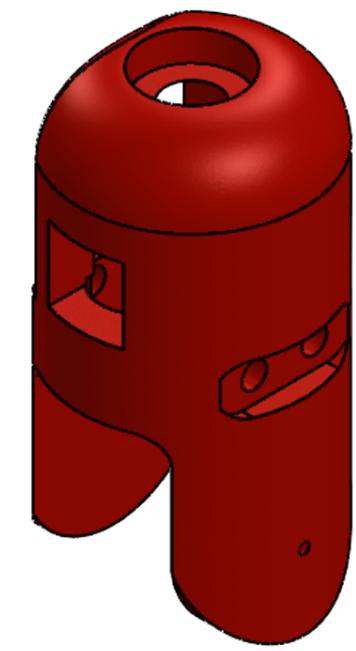
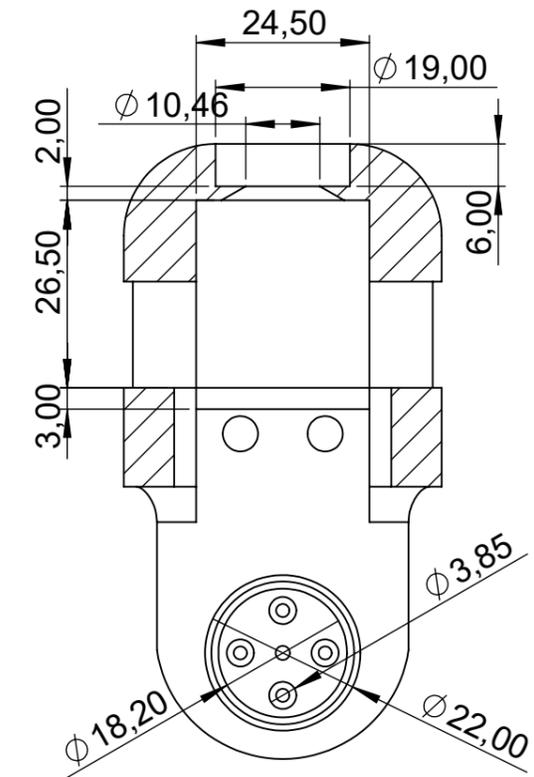
SECCIÓN H-H



SECCIÓN G-G



SECCIÓN J-J



				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	56.53 gr	Plástico personalizado	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	17/10/2021	Fernando Junta	
				Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela	
				Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela	Escala:
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Número del dibujo:
				Sustitución			

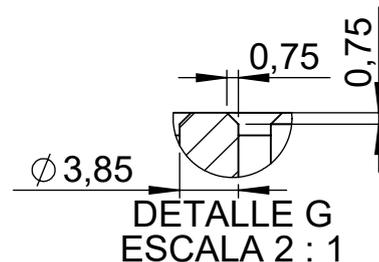
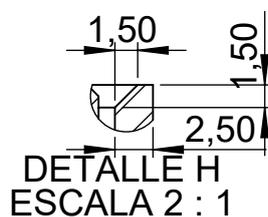
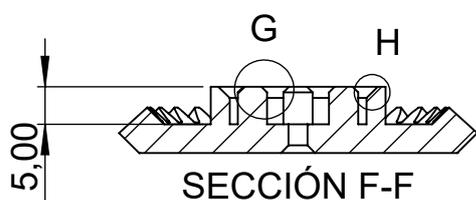
1

2

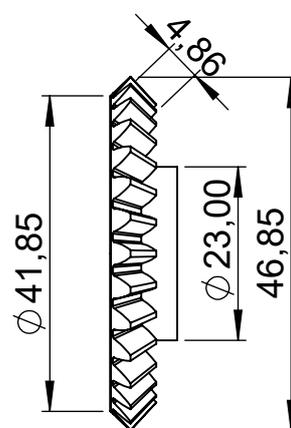
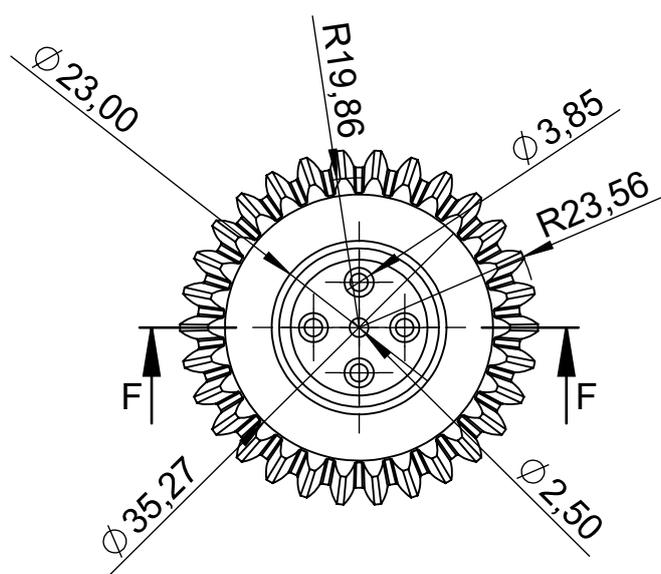
3

4

A

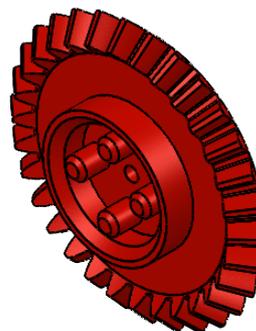
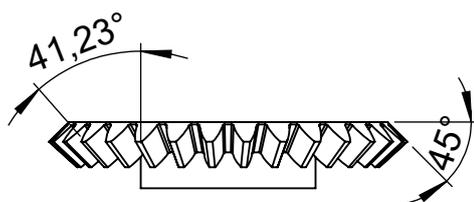


B



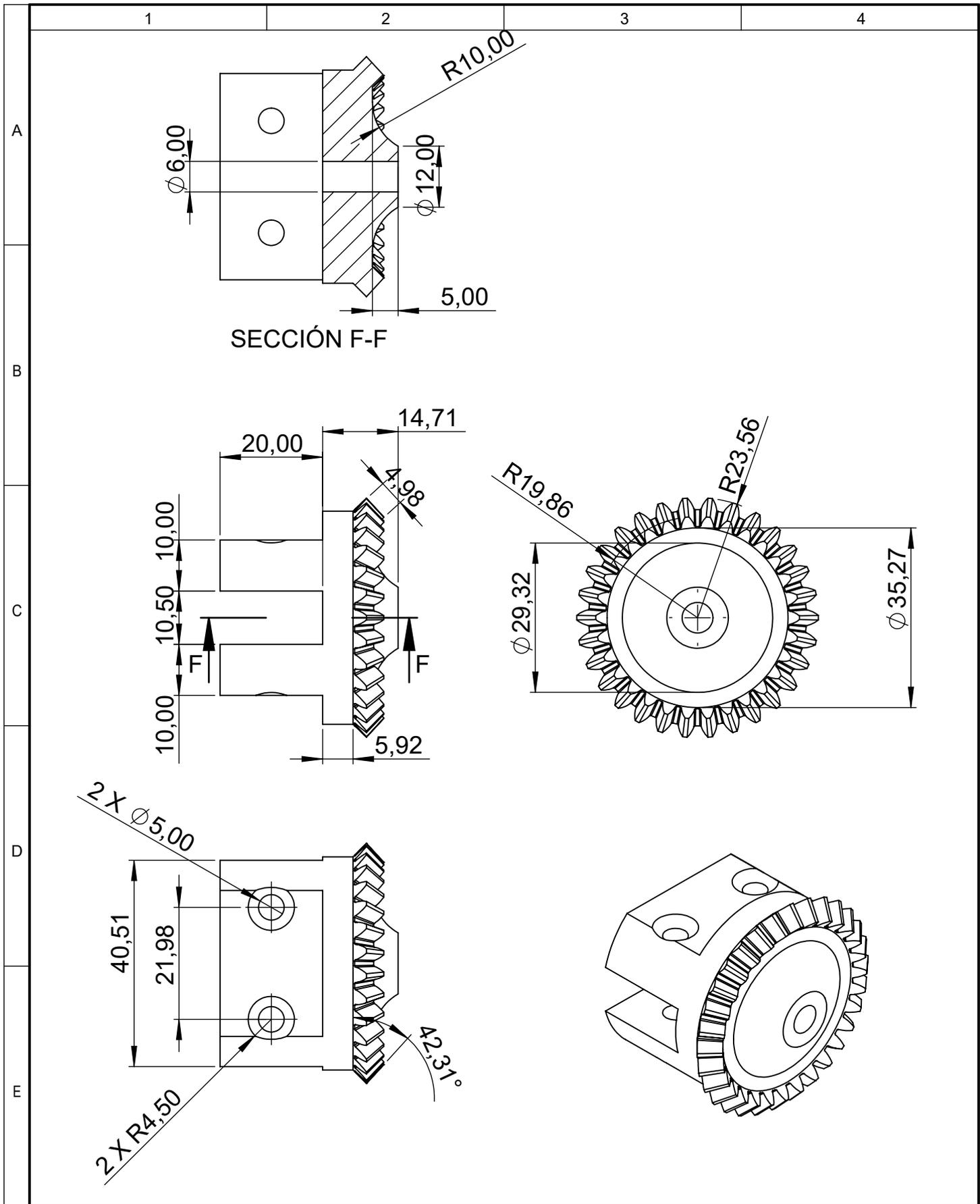
C

D

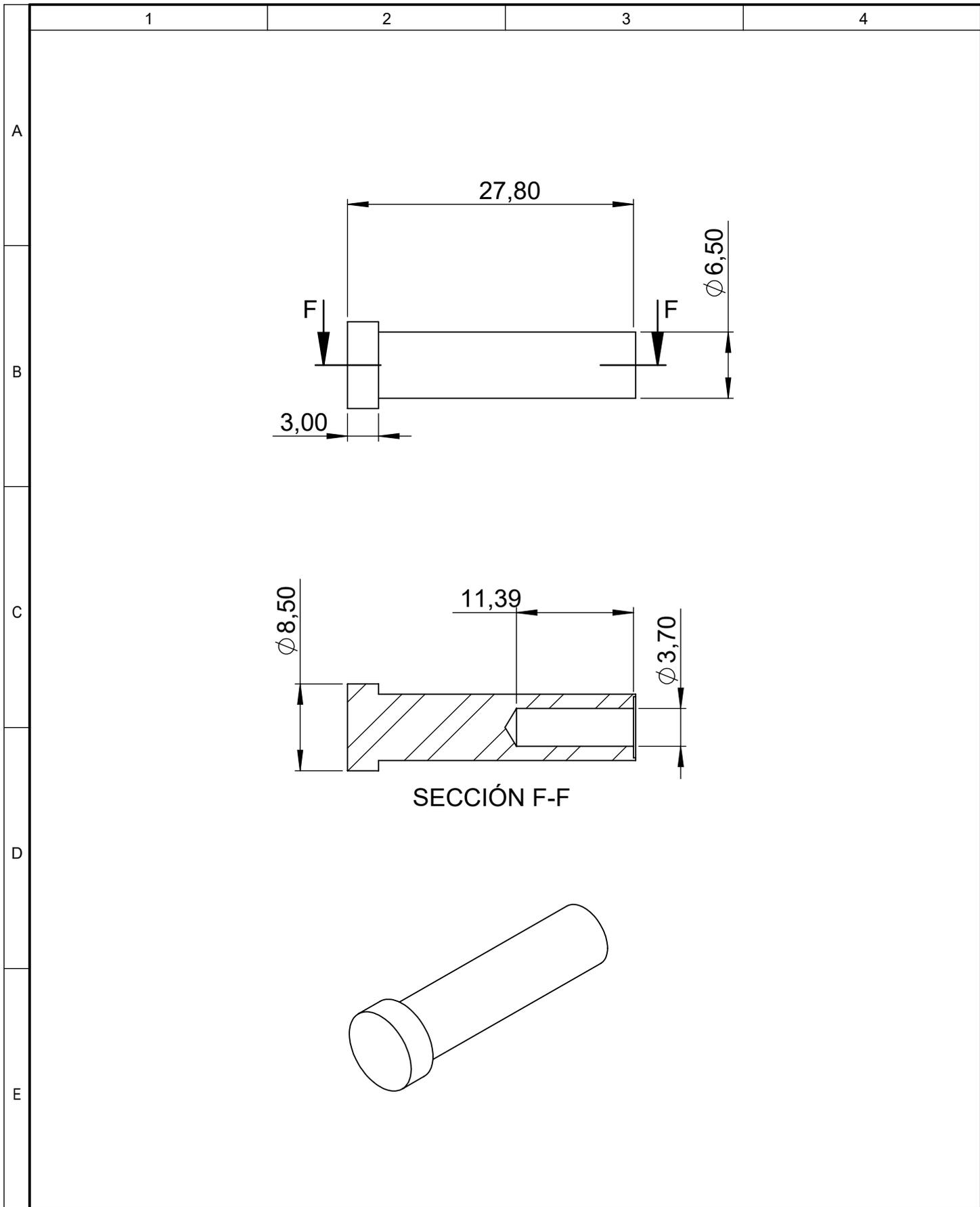


E

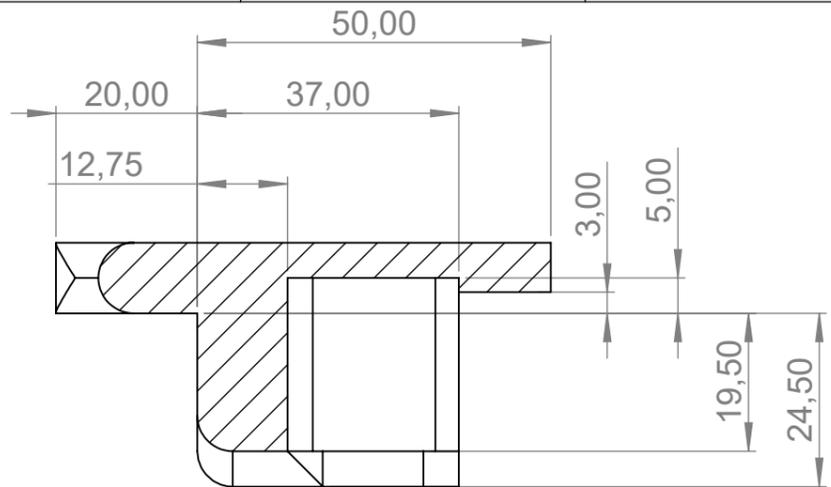
				Tolerancia ± 1	Peso 8.20 gr	Material: Plástico personalizado		
						Título: Engrane	Escala: 1:1	
				Dibujó:	Fecha		Nombre	
				Revisó:	Fecha		Nombre	
				Aprobó:	Fecha	Nombre		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina: 5 de 17	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		



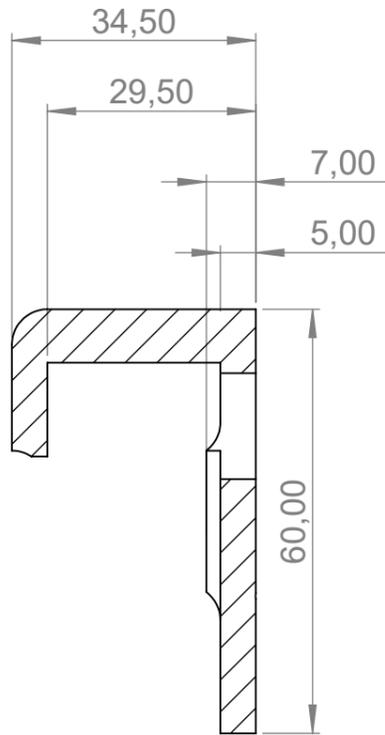
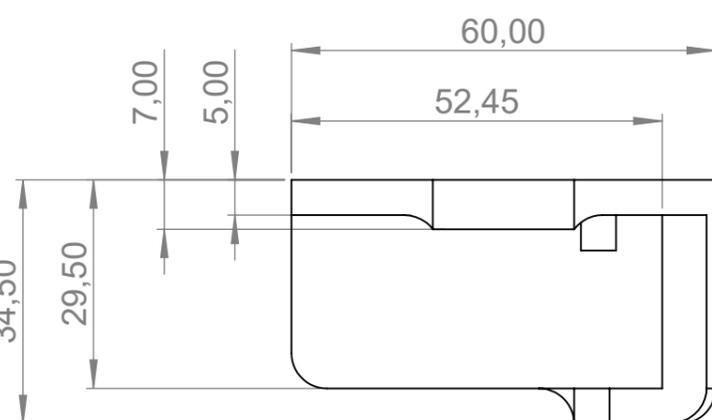
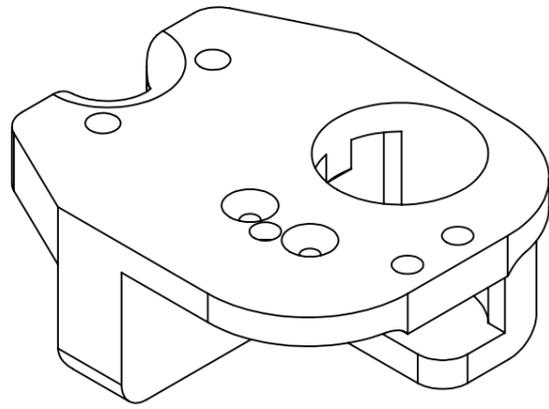
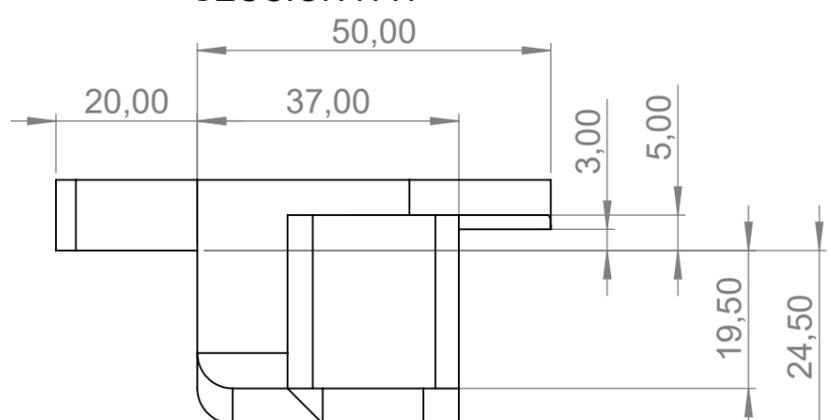
				Tolerancia	Peso	Material:	
				± 1	34.96 gr	Plástico personalizado	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
			Dibujó:	17/10/2021	Fernando Junta		
			Revisó:	17/10/2021	Ing. José Varela		
				Aprobó:	17/10/2021	Ing. José Varela	1:1
				<p style="text-align: center;">UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>		Número de lámina:	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha				
						Sustitución	



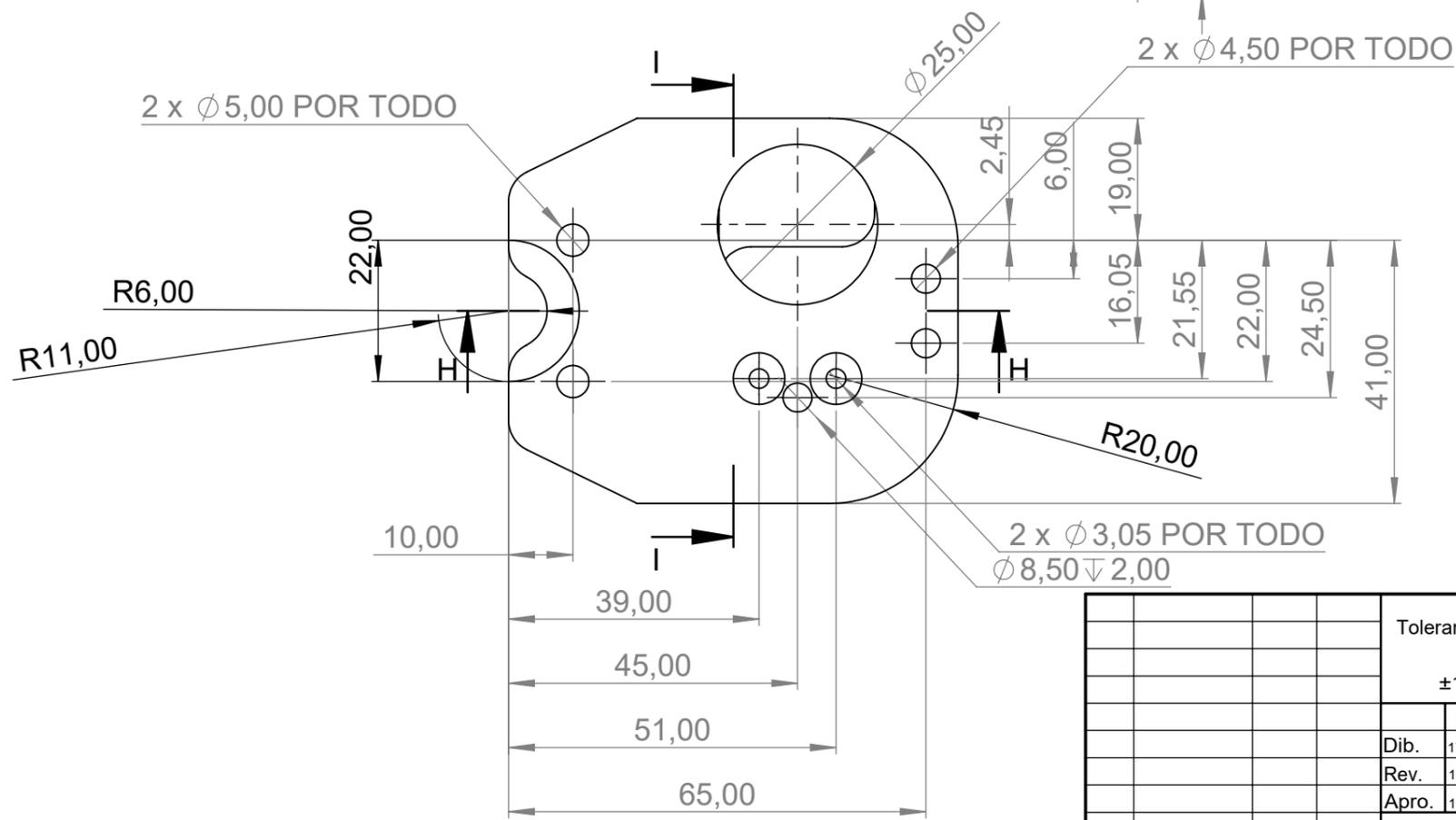
				Tolerancia	Peso	Material:		
				±1	6.81 gr	ASTM A36 Acero		
						Título:		Escala:
				Dibujó:	17/10/2021	Eje		1:1
				Revisó:	17/10/2021			
				Aprobó:	17/10/2021			
				UTI		Número de lámina:		Registro:
				INGENIERÍA INDUSTRIAL		7 de 17		
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		



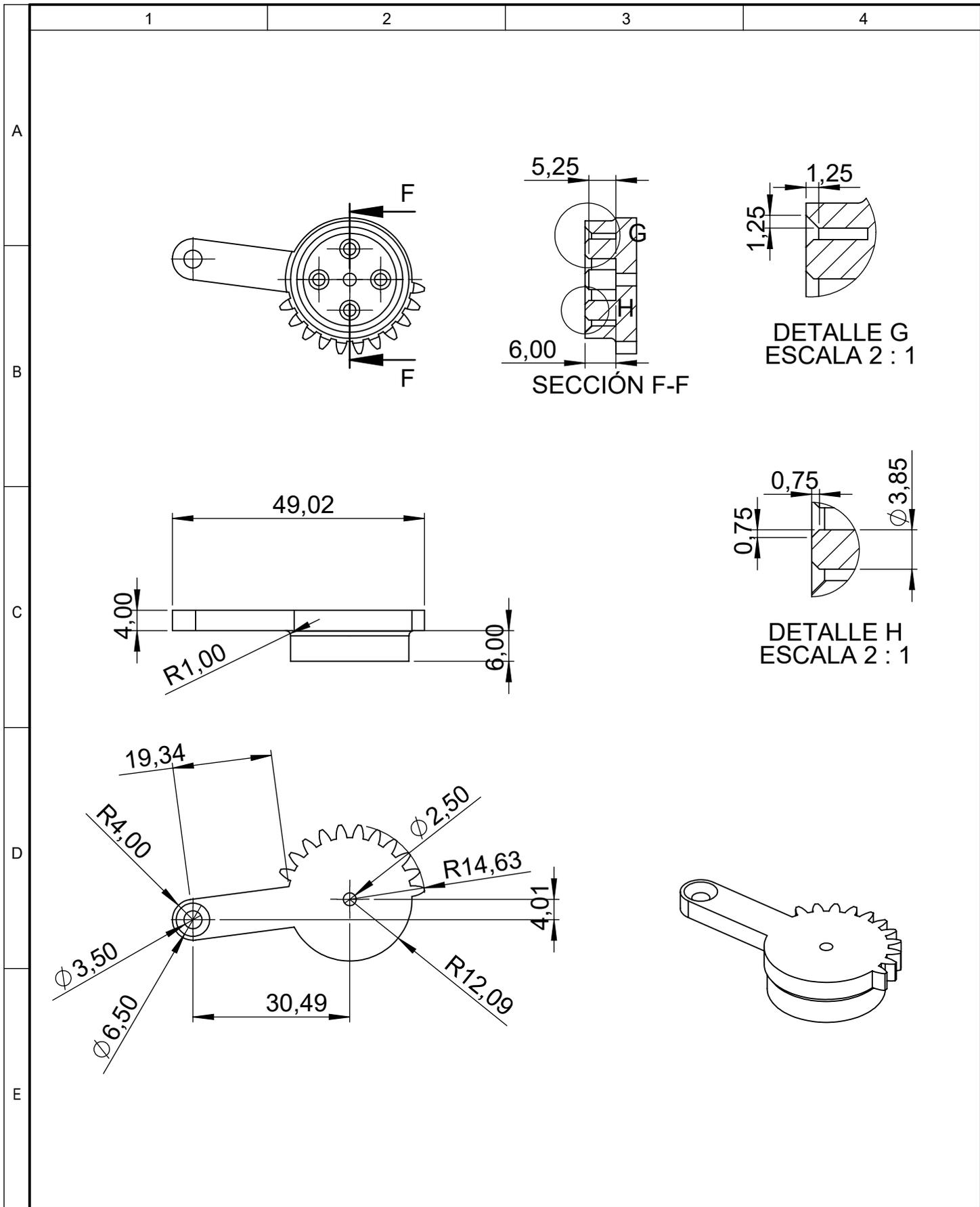
SECCIÓN H-H



SECCIÓN I-I



				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	57.34 gr	Plástico personalizado	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	17/10/2021	Fernando Junta	
				Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela	
				Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela	Base de Garra
				Edición		Número del dibujo:	
						8 de 17	
				Modificación		Sustitución	
				Fecha		Escala:	
				Nombre		1:1	
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			



				Tolerancia ±1	Peso 4.79 gr	Material: Plástico personalizado		
						Título: Engrane de Garra	Escala: 1:1	
				Dibujó:	17/10/2021		Fernando Junta	
				Revisó:	17/10/2021		Ing. José Varela	
				Aprobó:	17/10/2021	Ing. José Varela		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina: 9 de 17	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		

1

2

3

4

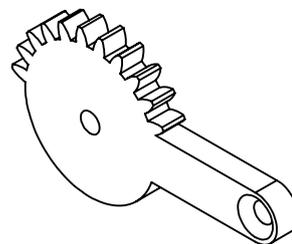
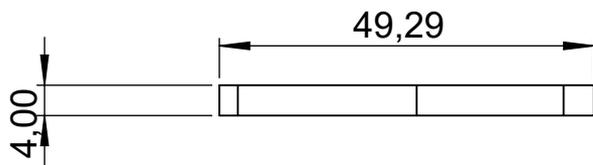
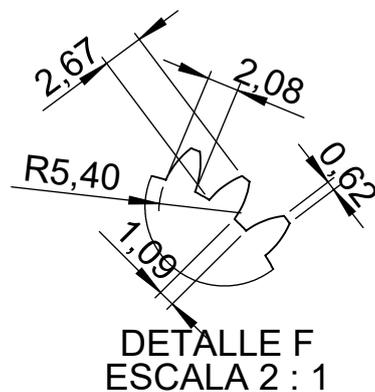
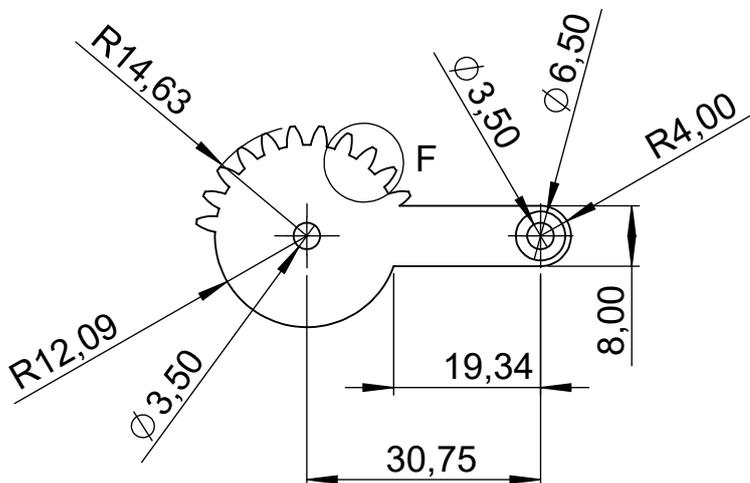
A

B

C

D

E



				Tolerancia ±1	Peso 3.28 gr	Material: Plástico personalizado		
						Título: Piñon de Garra	Escala: 1:1	
				Dibujó:	17/10/2021		Fernando Junta	
				Revisó:	17/10/2021		Ing. José Varela	
				Aprobó:	17/10/2021	Ing. José Varela		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina: 10 de 17	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		

1

2

3

4

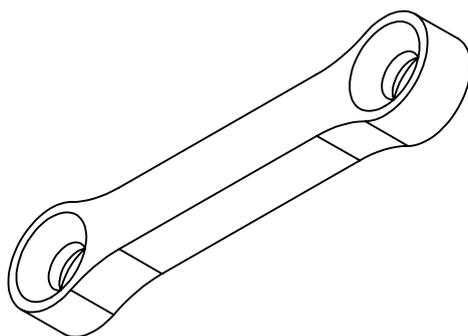
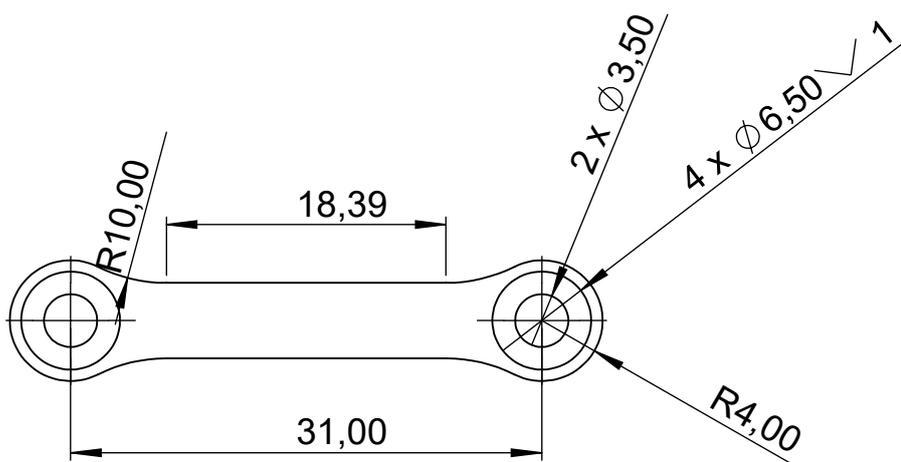
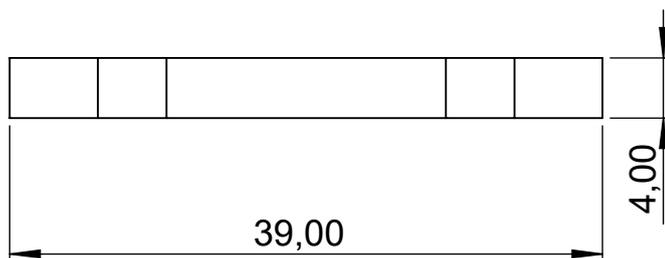
A

B

C

D

E



				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1	0.93 gr	Plástico personalizado	
					Fecha	Nombre	Título:
				Dibujó:	17/10/2021	Fernando Junta	
				Revisó:	17/10/2021	Ing. José Varela	
				Aprobó:	17/10/2021	Ing. José Varela	Escala: 1:1
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			
Edición	Modificación	Nombre	Fecha				
							Registro:
							Sustitución

1

2

3

4

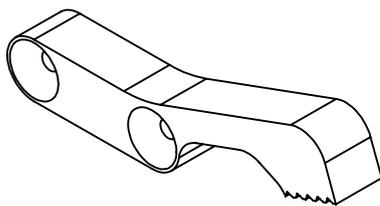
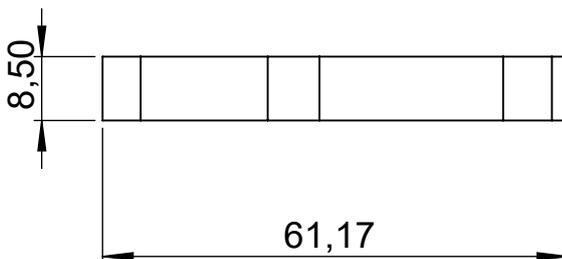
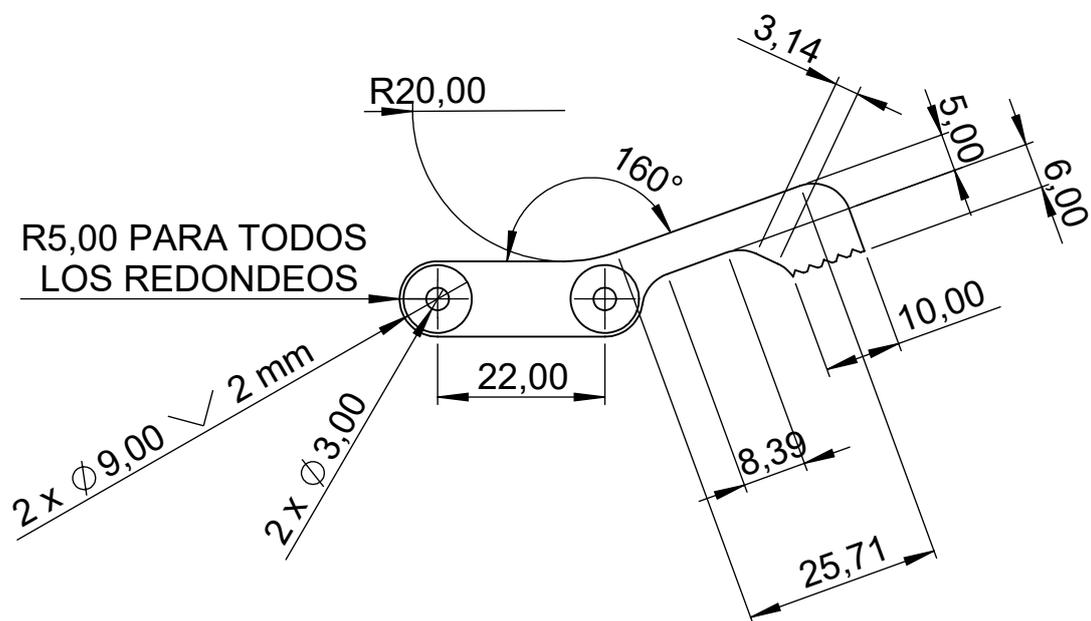
A

B

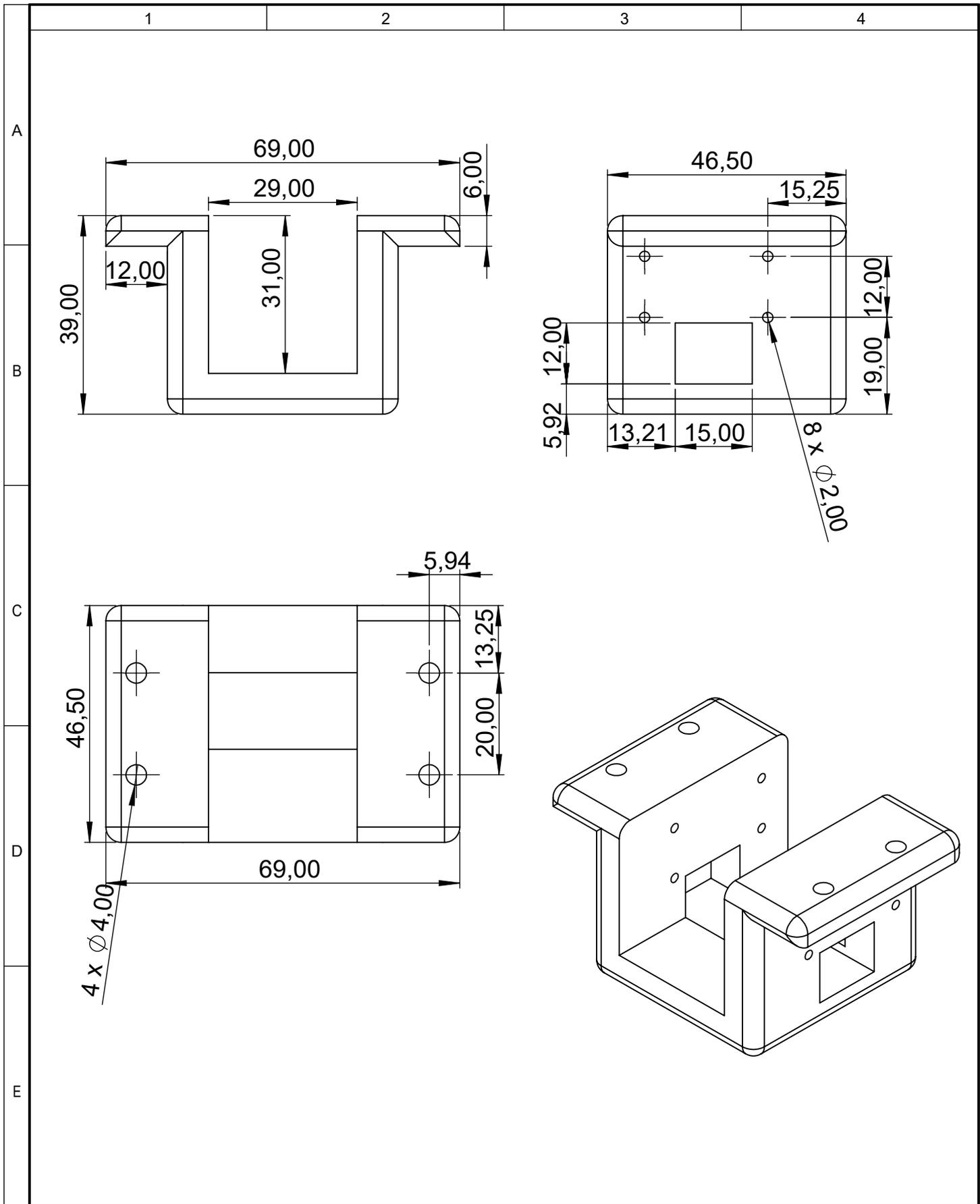
C

D

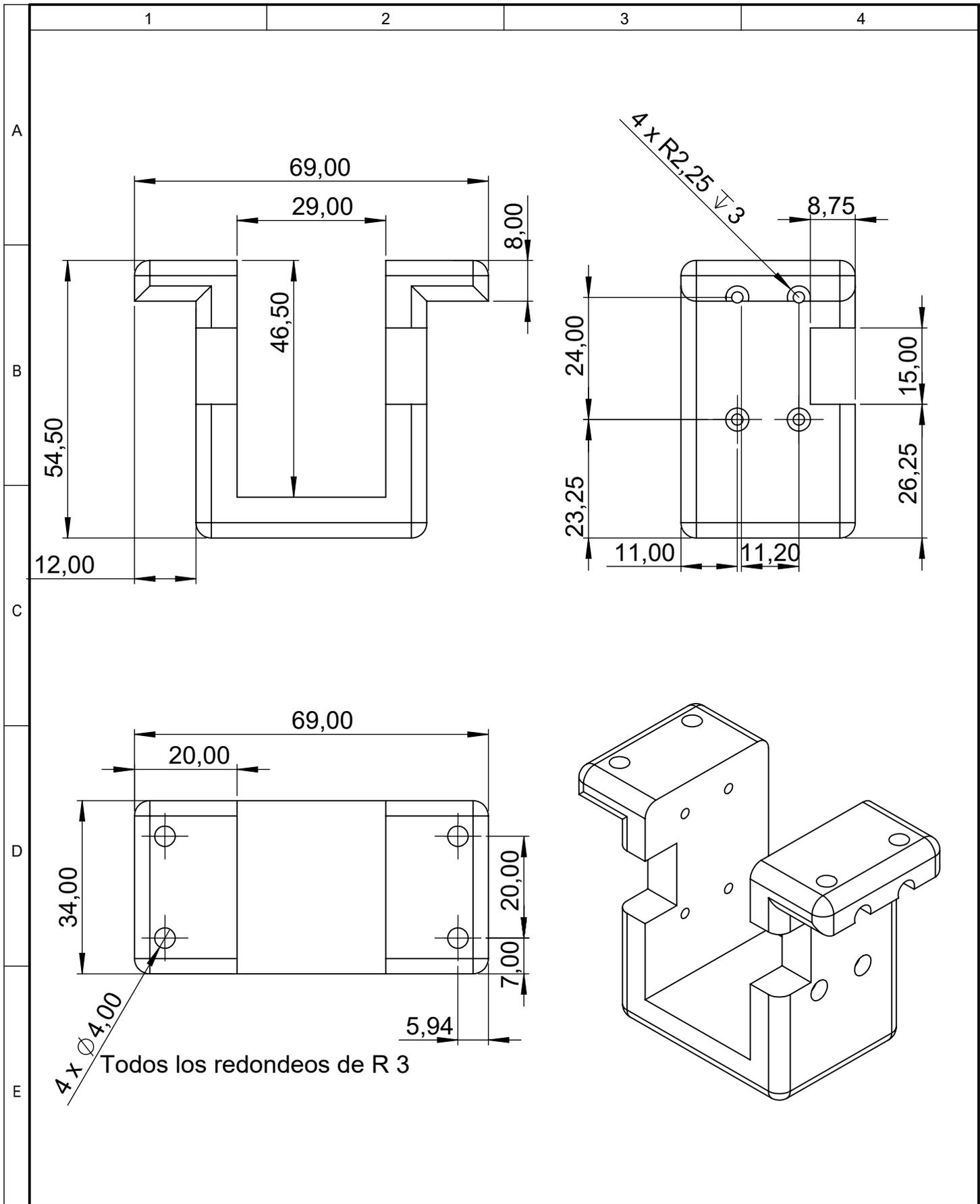
E



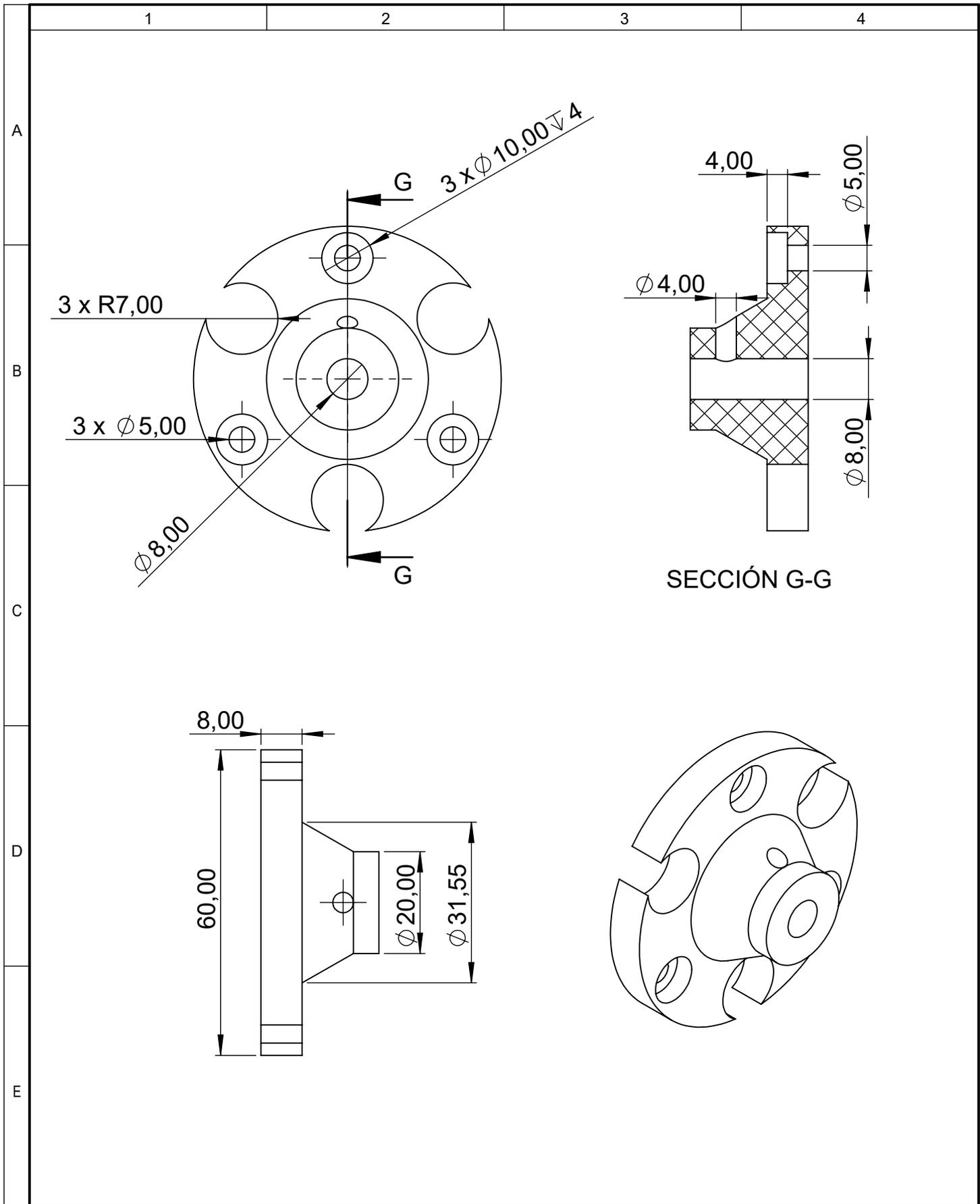
				Tolerancia ± 1	Peso 5.02 gr	Material: Plástico personalizado		
						Título: Pinza	Escala: 1:1	
				Dibujó:	17/10/2021		Fernando Junta	
				Revisó:	17/10/2021		Ing. José Varela	
				Aprobó:	17/10/2021	Ing. José Varela		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina: 12 de 17	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		



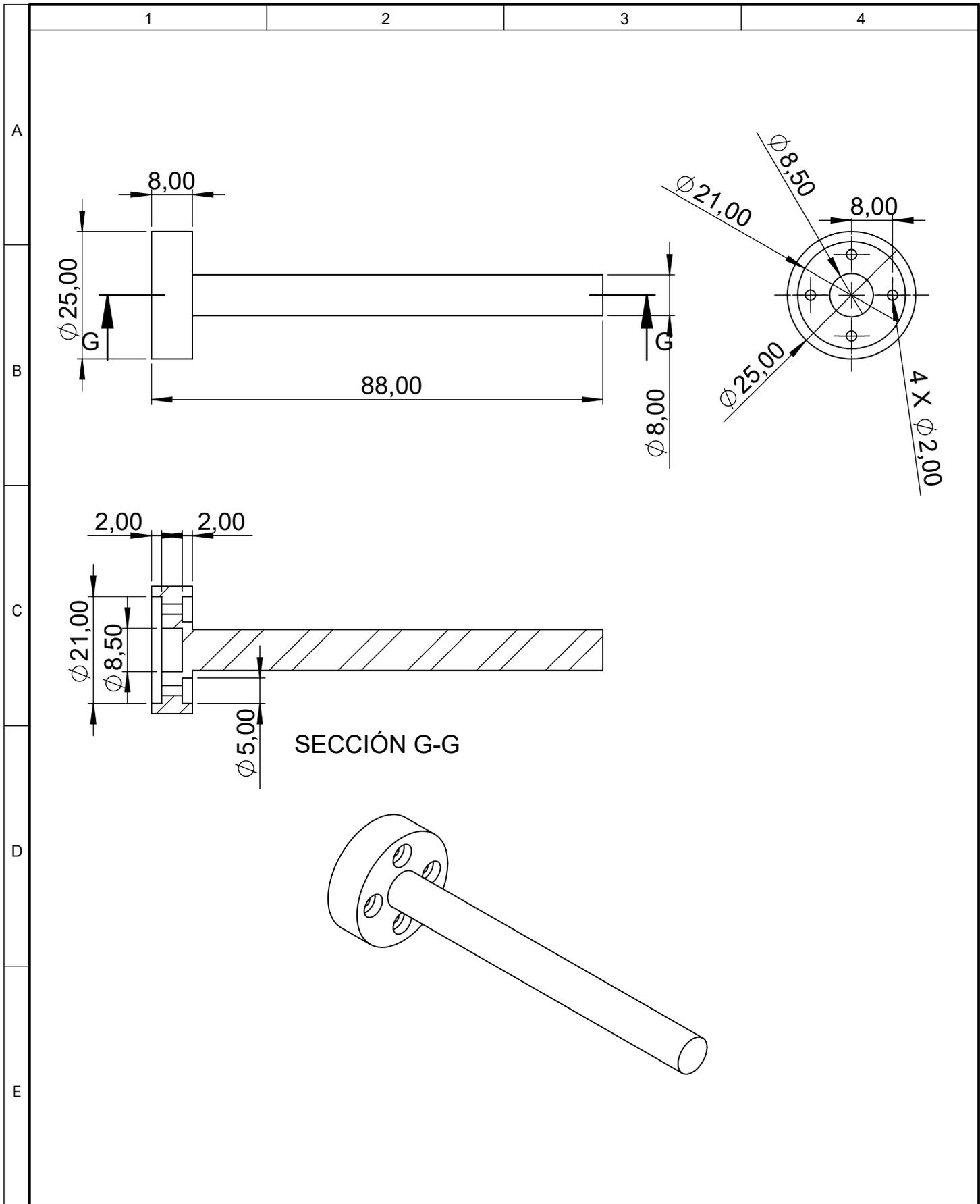
				Tolerancia ±1	Peso 51.46 gr	Material: Plástico personalizado
				Fecha	Nombre	Título: Sujesor motor_eslabon Z
				Dibujó: 17/10/2021	Fernando Junta	Escala: 1:1
				Revisó: 17/10/2021	Ing. José Varela	
				Aprobó: 17/10/2021	Ing. José Varela	
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina: 13 de 17
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución



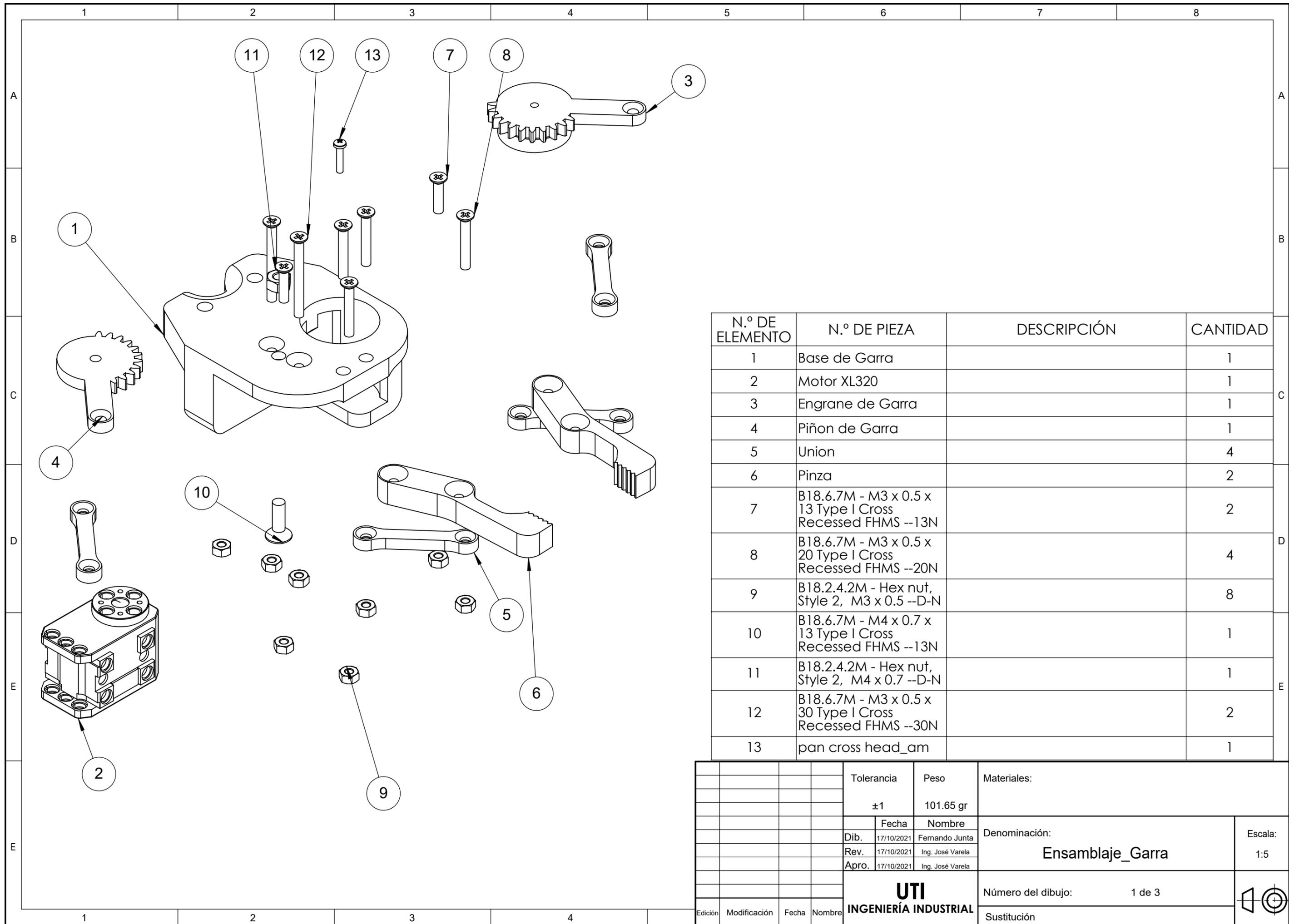
				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1	49.80 gr	Plástico personalizado	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó: 17/10/2021	Fernando Junta	Sujesor motor_rueda	
				Revisó: 17/10/2021	Ing. José Varela	Escala:	
				Aprobó: 17/10/2021	Ing. José Varela	1:1	
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina:	Registro:
						14 de 17	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	Sustitución			



				Tolerancia	Peso	Material:	
				± 1	26.98 gr	Nailon 101	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujó: 17/10/2021	Fernando Junta	Eje de transmisión 1	
				Revisó: 17/10/2021	Ing. José Varela	Escala:	
				Aprobó: 17/10/2021	Ing. José Varela	1:1	
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina:	Registro:
						15 de 17	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	Sustitución			

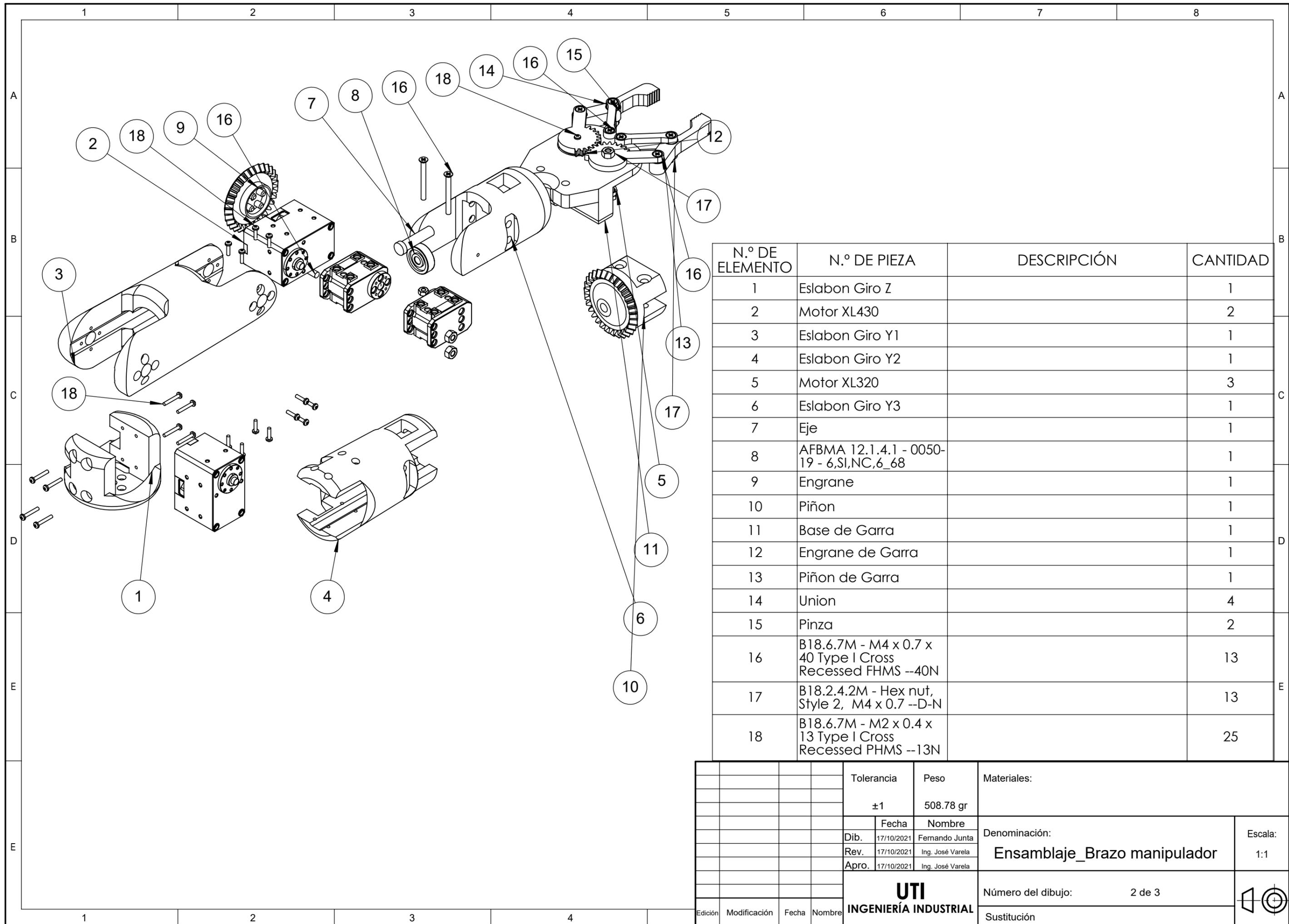


				Tolerancia ± 1	Peso 53.55 gr	Material: ASTM A36 Acero		
						Título: Eje de transmision 2	Escala: 1:1	
				Dibujó:	17/10/2021		Fernando Junta	
				Revisó:	17/10/2021		Ing. José Varela	
				Aprobó:	17/10/2021	Ing. José Varela		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número de lámina: 16 de 17	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		



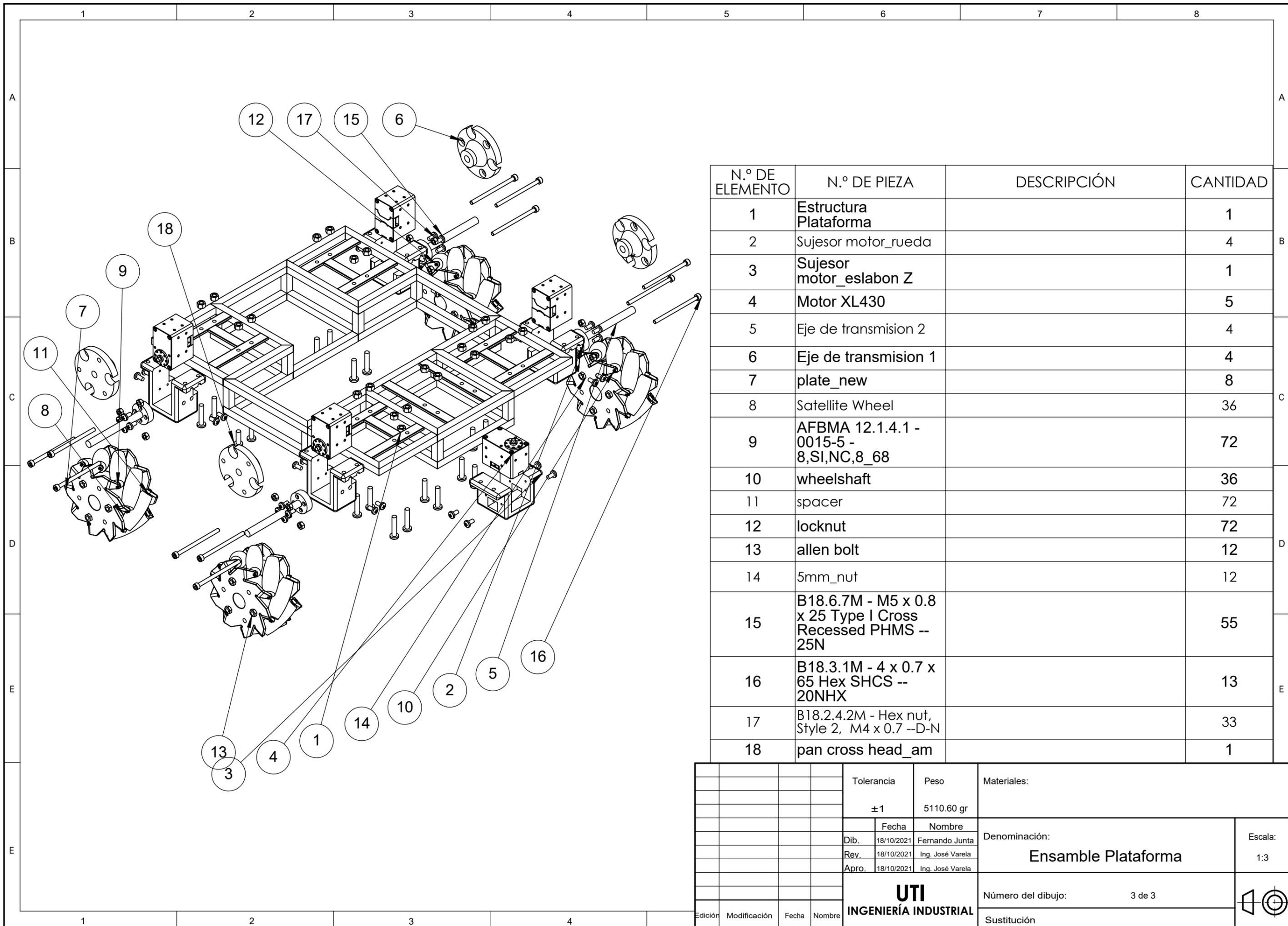
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Base de Garra		1
2	Motor XL320		1
3	Engrane de Garra		1
4	Piñon de Garra		1
5	Union		4
6	Pinza		2
7	B18.6.7M - M3 x 0.5 x 13 Type I Cross Recessed FHMS --13N		2
8	B18.6.7M - M3 x 0.5 x 20 Type I Cross Recessed FHMS --20N		4
9	B18.2.4.2M - Hex nut, Style 2, M3 x 0.5 --D-N		8
10	B18.6.7M - M4 x 0.7 x 13 Type I Cross Recessed FHMS --13N		1
11	B18.2.4.2M - Hex nut, Style 2, M4 x 0.7 --D-N		1
12	B18.6.7M - M3 x 0.5 x 30 Type I Cross Recessed FHMS --30N		2
13	pan cross head_am		1

				Tolerancia	Peso	Materiales:		
				±1	101.65 gr			
					Fecha	Nombre	Denominación: Ensamblaje_Garra	
				Dib.	17/10/2021	Fernando Junta		
				Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela		
				Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela		
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			Número del dibujo: 1 de 3	Escala: 1:5
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Eslabon Giro Z	1
2		Motor XL430	2
3		Eslabon Giro Y1	1
4		Eslabon Giro Y2	1
5		Motor XL320	3
6		Eslabon Giro Y3	1
7		Eje	1
8		AFBMA 12.1.4.1 - 0050-19 - 6,SI,NC,6_68	1
9		Engrane	1
10		Piñon	1
11		Base de Garra	1
12		Engrane de Garra	1
13		Piñon de Garra	1
14		Union	4
15		Pinza	2
16		B18.6.7M - M4 x 0.7 x 40 Type I Cross Recessed FHMS --40N	13
17		B18.2.4.2M - Hex nut, Style 2, M4 x 0.7 --D-N	13
18		B18.6.7M - M2 x 0.4 x 13 Type I Cross Recessed PHMS --13N	25

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	508.78 gr		
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dib.	17/10/2021	Fernando Junta	
				Rev.	17/10/2021	Ing. José Varela	
				Apro.	17/10/2021	Ing. José Varela	Escala: 1:1
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustitución



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura Plataforma		1
2	Sujesor motor_rueda		4
3	Sujesor motor_eslabon Z		1
4	Motor XL430		5
5	Eje de transmision 2		4
6	Eje de transmision 1		4
7	plate_new		8
8	Satellite Wheel		36
9	AFBMA 12.1.4.1 - 0015-5 - 8,SI,NC,8_68		72
10	wheelshaft		36
11	spacer		72
12	locknut		72
13	allen bolt		12
14	5mm_nut		12
15	B18.6.7M - M5 x 0.8 x 25 Type I Cross Recessed PHMS -- 25N		55
16	B18.3.1M - 4 x 0.7 x 65 Hex SHCS -- 20NHX		13
17	B18.2.4.2M - Hex nut, Style 2, M4 x 0.7 --D-N		33
18	pan cross head_am		1

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	5110.60 gr		
					Fecha	Nombre	Denominación: Ensamble Plataforma
				Dib.	18/10/2021	Fernando Junta	
				Rev.	18/10/2021	Ing. José Varela	
				Apro.	18/10/2021	Ing. José Varela	Escala: 1:3
				UTI INGENIERÍA INDUSTRIAL		Número del dibujo:	3 de 3
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

Ambato, 19 de enero de 2022

Ing. Belén Ruales
**Decana
FITIC**

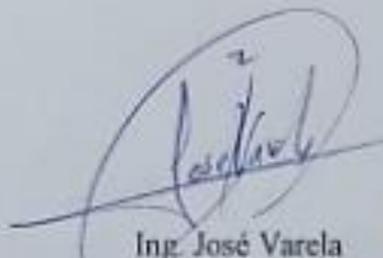
Presente. -

De mi consideración:

Reciba un cordial y muy respetuoso saludo, a la vez me permito augurarle el mejor de los éxitos en tan delicadas funciones.

Por medio del presente, apruebo que se ha concluido la construcción del robot manipulador móvil como parte del proyecto de titulación "APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA USANDO METODOLOGÍA STEAM". El mencionado robot ha sido entregado al encargado de los laboratorios de la FITIC.

Atentamente,


Ing. José Varela
Docente FITIC


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Y LA COMUNICACIÓN

Recibido
15/01/2022
