



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA
INGENIERIA ELECTRONICA

Nombre del proyecto:
Diseño y construcción de un Animatronic.

Residente:
Carlos Alfredo López Ramos

Asesor:
Ing. Raúl Moreno Rincón

Carrera:
Ingeniería Electrónica

Período de realización:
Agosto-Diciembre 2017

Contenido	
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	3
1.1 PROBLEMÁTICA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	5
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ.....	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	6
2.2 ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ	7
2.3 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES.....	8
Misión	8
Visión.....	8
Valores	8
2.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO.....	8
CAPÍTULO III FUNDAMENTO TEÓRICO	9
3.1 LA ANIMATRÓNICA	9
3.2 CONCEPTOS BÁSICOS	23
CAPÍTULO IV Procedimiento Y Descripción De Las Actividades Realizadas	34
4.1 PRIMERA ETAPA: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	34
4.2 SEGUNDA ETAPA: PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL EXOESQUELETO Y EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.....	38
4.3 TERCERA ETAPA: PRUEBAS MOVIMIENTOS EN BASE A PISTONES.....	41
4.4 CUARTA ETAPA: DISEÑO DEL RECUBRIMIENTO CON SOFTWARE (SOLIDWORKS).....	44
4.5 QUINTA ETAPA: IMPRESIÓN 3D DE LAS PIEZAS DISEÑADAS.....	52
4.6 SEXTA ETAPA: ENSAMBLAJE DE LAS PIEZAS Y FORRADO.....	58
4.7 SÉPTIMA ETAPA: AUTOMATIZACIÓN DEL ANIMATRONIC.....	62
CAPÍTULO V RESULTADOS	69
CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS.....	74
ANEXOS.....	76

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla sobre animatronics, se habla sobre imitación de la vida, figuras animadas en tres dimensiones, ya sea un humano o un animal y, usualmente, del tamaño real. Cabe recalcar que estas figuras no son robots y generalmente no tienen total libertad ni recaban información de su alrededor. Los animatronics son controlados y alimentados externamente y no tienen otro propósito más que entretenernos (Wesner, 2014).

Los animatronics fueron muy utilizados durante una época en la industria del cine, éstos se utilizaban para recrear criaturas mitológicas, animales y hasta seres humanos por si la escena que se deseaba filmar era muy peligrosa. Algunos ejemplos de películas que utilizaron los animatronics para sus efectos visuales son: Terminator 2, Aliens: El Octavo Pasajero, Gremlins y King Kong (por mencionar a las más populares).

Aunque en la actualidad estos dispositivos ya no son muy utilizados en la industria del cine (debido a los efectos por CGI) pueden ser utilizados en los museos o en los zoológicos, donde buscan exponer criaturas mitológicas o animales para imitar sus movimientos y comportamiento.

En este proyecto se diseñará el sistema mecánico del animatronic así como la implementación de un sistema de control que permita realizar ciertos movimientos básicos como agacharse o sentarse.

1.1 PROBLEMÁTICA

El sistema de control de un animatronic es llevado a cabo en dos fases: el diseño mecánico y la programación. En la etapa de diseño se presentaron percances debido a que no se tienen antecedentes del diseño de Animatronics en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se optó por sembrar un precedente y contribuir en esta rama de la Mecatrónica mediante el diseño e implementación de uno, siendo pioneros en el estado de Chiapas.

Durante la etapa de la programación los movimientos del animal, criatura o ser humano son programados mediante el uso de controladores lógicos programables (PLC). Los animatronics más sofisticados no solamente utilizan el panel de programación si no que son capaces de interactuar con los humanos que tienen alrededor mediante sensores que están instalados en su cuerpo (Huntington, 2007).

En este caso el animatronic que se realizó es un jaguar el cual consta de seis diferentes posiciones, la imitación de su respiración y el movimiento del cuello y de la boca. Las posiciones en las que puede estar el animatronic, el movimiento del cuello y el movimiento de la boca son controlados por pistones neumáticos (todos de doble efecto). Los problemas que se podrían tener en estos actuadores es que como no son completamente flexibles (pueden presentar mucha fricción y por lo tanto movimientos cortados) los movimientos del animatronic pueden no parecer muy naturales y su calibración con válvulas reguladoras de caudal pueden no llegar a ser suficientes para que los movimientos se reproduzcan de manera natural.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La fabricación de este animatronic servirá principalmente para demostrar el comportamiento de un jaguar, además de su aspecto físico. Dicho proyecto se podría exponer en el Museo de Ciencia y Tecnología de Chiapas o en el Zoomat en una exposición sobre animales típicos de la región, así la sociedad (principalmente la infantil que asista al zoológico o al MUCH) podrán aprender sobre esta criatura así como también podrá ser un pilar para que más proyectos parecidos sean desarrollados en el estado no solamente para recrear animales salvajes, si no que podría desarrollarse uno de alguna criatura mitológica o extinta, y al cabo de unos años, crear un parque donde las principales atracciones sean animatronics que imiten todo tipo de seres vivos.

Además, este tipo de proyectos conjuntan varias asignaturas del área de electrónica (programación y teoría de neumática) con asignaturas del área de mecánica (diseño mecánico y uso de SolidWorks), esto puede motivar a futuros aspirantes a estudiar estas carreras a hacer sus propios diseños y fabricar sus propios animatronics y de esta manera promover el desarrollo de ingenieros de éstas áreas en el estado.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y construir un animatronic implementando un sistema de control con elementos electrónicos, eléctricos, neumáticos, controlador lógico programable, software Solidworks y manufacturarlo mediante impresión 3D.

Objetivos Específicos

1. Diseñar un bosquejo para la creación del exoesqueleto del animatronic
2. Diseñar mediante el software Solidworks el exoesqueleto utilizando técnicas de superficies y sólidos.
3. Manufacturar mediante impresión 3D partes mecánicas del Animatronic.
4. Manufacturar mediante impresión 3D el exoesqueleto del Animatronic.
5. Diseñar el sistema electro-neumático que permitirá dar movimientos a las articulaciones del animatronic de manera natural.
6. Implementar mínimo seis secuencias de movimientos del animatronic programados en un controlador lógico programable.
7. Fortalecer a la formación y al conocimiento de los controladores lógicos programables en el residente, el cual es un elemento fundamental en el control de un animatronic.
8. Familiarizar al alumno con los conceptos involucrados en la operación de un controlador lógico programable y su integración con una interfaz máquina hombre.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Como alcances:

Se diseñó un Animatronic comandado por actuadores neumáticos lineales y giratorios cuyos movimientos simularán el del Jaguar, los cuales son descritos a continuación:

Movimiento en patas:

- El Animatronic podrá Pararse en 2 patas traseras.
- El Animatronic podrá pararse en 2 patas traseras.
- El Animatronic podrá pararse con sus 4 patas.

Movimiento en cuello:

- El Animatronic podrá subir el cuello.
- El Animatronic podrá bajar el cuello.
- El Animatronic podrá combinar uno de estos 2 movimientos con cualquiera de las 3 configuraciones en movimientos en patas.

Movimientos en cabeza:

- El Animatronic podrá mover horizontalmente la cabeza a la izquierda.
- El Animatronic podrá mover horizontalmente la cabeza a la derecha.
- El Animatronic podrá combinar uno de estos 2 movimientos con cualquiera de las 3 configuraciones anteriores

Como limitaciones

La principal limitación que se tuvo en la realización fue el presupuesto porque los componentes que se utilizaron para la realización de los movimientos del animatronic requieren de varios sensores (en total ocho) para su correcta programación. Otra de las limitaciones que se tuvieron fue que al principio era imposible ir probando el código de programación en el animatronic ya que su construcción estaba siendo realizada de manera paralela a la programación por lo tanto solo podíamos hacer pruebas ya en la recta final del semestre; lo cual provocó que se tuviera muy poco tiempo para revisar si había errores de programación o si había algo que faltaba programar.

Debido a estas limitaciones se acordó delimitar el proyecto a solamente utilizar dos sensores adaptados en el pistón delantero y el otro el pistón trasero.

Al igual, el diseño exterior y visual fue aproximado, ya que se cuenta con una impresora 3D con una precisión baja, de 300 micras. Los recursos de nuestra PC fue algo con lo que se lidió, programas tan pesados como —SolidworksII necesitan equipos más poderosos que una portátil estándar, por ende el resultado del diseño se vio limitado a los procesadores en de las computadoras personales.

CAPÍTULO II

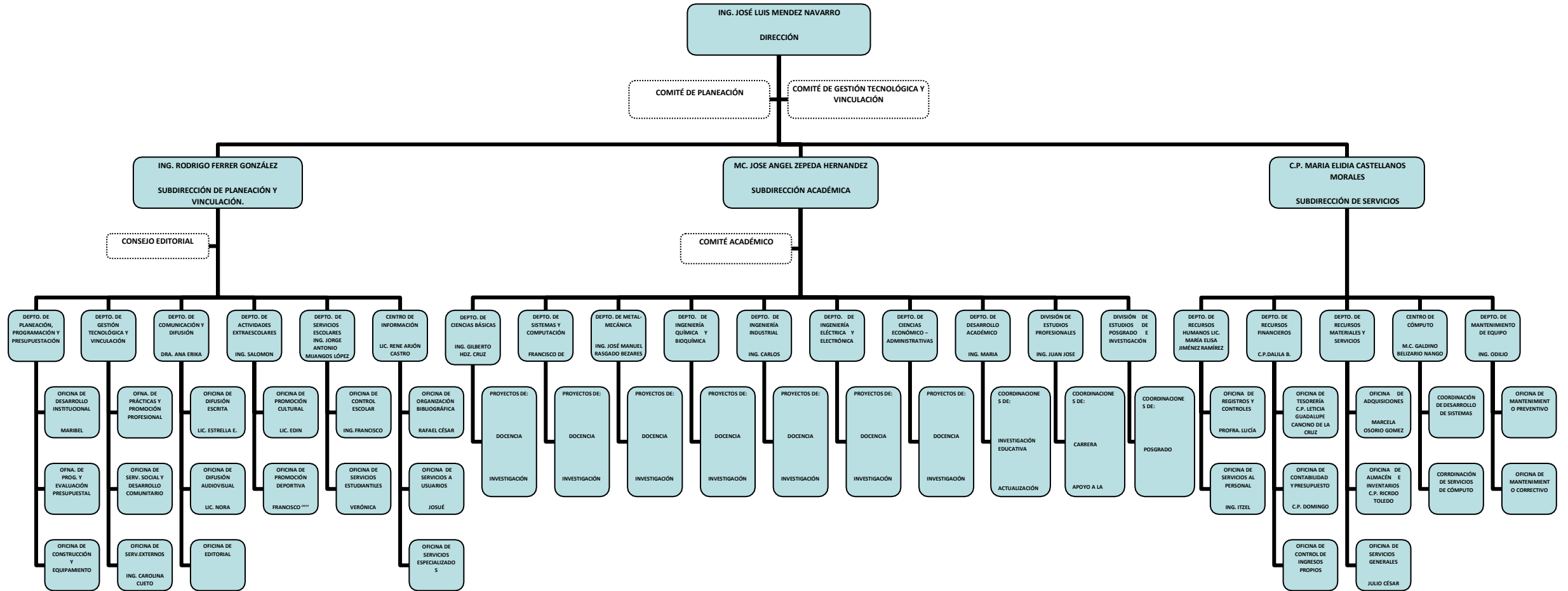
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ

En el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez; se pretende formar profesionales competentes en Ingeniería Electrónica con capacidad creativa, emprendedora, de análisis, liderazgo y capacidad de trabajo en equipo, que realicen actividades de diseño, innovación, adaptación y transferencia de tecnologías para resolver problemas del área de su competencia en forma competitiva atendiendo las necesidades del entorno globalizado, con una conciencia ética y social, asumiendo un compromiso con el desarrollo tecnológico y sustentable.

2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Nuestro Estado de Chiapas, fiel a sus deseos de progreso, más aún en la rama educativa media y superior, avalando con su potencial económica-social, logra sus más caros anhelos al contar ya con un Instituto Tecnológico para beneficio de la juventud estudiosa y acrecentar así la tecnología en todos sus aspectos. Es así como surge en 1972, el Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez por mandato del entonces Presidente de la República, Lic. Luis Echeverría Álvarez y colaboración ilimitada del Dr. Manuel Velasco Suárez, Gobernador del Estado, era el señor Ing. Víctor bravo Ahuja, secretario de Educación pública.

2.2 ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



2.3 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

Misión

Formar de manera integral profesional de excelencia en el campo de la ciencia y la Tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Valores

- 2.2.1.1 El ser humano.
- 2.2.1.2 El espíritu de servicio.
- 2.2.1.3 El liderazgo.
- 2.2.1.4 El trabajo en equipo.
- 2.2.1.5 La calidad.
- 2.2.1.6 El alto desempeño.
- 2.2.1.7 Respeto al medio ambiente.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO

El proyecto de Diseño y Construcción de un Animatronic, se realizó en el área de ingeniería electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, el cual cuenta con laboratorios que tiene equipos electrónicos a disposición del alumnado, tales como: osciloscopios, fuentes conmutadas y simétricas, variadores de frecuencias, procesadores lógicos programables, área de computo, área de proyecciones, entre otros. Además cuenta con una caseta equipada con herramientas útiles para el desarrollo de proyectos, tales como: multímetros, cautines, fuentes variables, pinzas, destornilladores, entre otros. También se cuenta con el apoyo de catedráticos dispuestos a apoyar en lo que se requiera.

CAPÍTULO III FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 LA ANIMATRÓNICA [1]

Es la técnica que, mediante el uso de mecanismos robóticos o electrónicos, simula el aspecto y comportamiento de los seres vivos empleando marionetas u otros muñecos mecánicos. Se caracterizan por tener un aspecto físico antropomórfico. Son creados para ser programados y controlados remotamente, reproducir sonido y recrear movimientos ya sean sencillos o de gran complejidad. La sofisticación de estos robots depende del uso o servicio que vayan a cumplir, ya que por ejemplo, se puede recrear únicamente el lomo de un oso o crear todo el animal completo.



Imagen 3.1 Animatronic con fines cinematográficos, basado en un Velociraptor

Antecedente [1]

En la Edad Media destacaron dos personajes, Alberto Magno y Al-Jazari con la creación de un autómatas de hierro que cumplía la función de un mayordomo y un reloj mecánico. En el Renacimiento el inventor más conocido fue Leonardo Da Vinci, quién creó la máquina voladora. Y años más tarde, entre 1620 al 1780, autores como Blaise Pascal – quién inventó la primera calculadora-, René Descartes y Jacques de Vaucanson entre muchos otros, fueron emprendedores de la evolución tecnológica que se vivía en el siglo XXI.

La robótica es una disciplina llevada a cabo por ingenieros, mecánicos, eléctricos, plásticos, artistas, etc., con la finalidad de crear una marioneta electrónica capaz de reproducir una acción.

Dentro de este término se han creado otras subcategorías como la robótica industrial, de servicio, humanoide, cibernética, inteligencia artificial y los efectos especiales. Estos forman parte de la industria cinematográfica, usando como uno de sus recursos principales la animatrónica.

Este recurso existía previamente a los efectos especiales y visuales, como por ejemplo, en la película Tiburón o el pequeño extraterrestre E.T. Generalmente estas marionetas electrónicas recrean animales, seres fantásticos, robots, humanos, etc., para el cine, pero en los inicios de su creación fueron usados para otras funciones.

Antecedente [2]

Como ya se mencionó anteriormente los animatronics son figuras animadas (no robots) que tratan en lo máximo posible imitar la vida. Para hablar acerca de los animatronics es necesario hablar también de sus principios y, aunque estos existían desde hace ya unos siglos, no fue hasta que a finales de la segunda guerra mundial que el señor Walt Disney se interesó en estas criaturas. Al principio Walt quería desarrollar un diorama en el que estuvieran criaturas animadas y por eso llamó a dos de sus mejores mecánicos, Roger Broggie y Wathel Rogers para trabajar en ello. Después de muchas semanas de trabajo, ellos confesaron que no estaban muy avanzados tecnológicamente en comparación de los autómatas del siglo XVII.

Entonces alentaron a Disney a que considerara trabajar con criaturas de tamaño real, con mayor espacio para el control mecánico. Cuando Disneyland abrió sus puertas en 1955 habían dos animatronics en acción entreteniéndolos a los visitantes. Luego en la década de los 60 tomó auge la era espacial lo cual tuvo como consecuencia avances tecnológicos en controles neumáticos, hidráulicos, electrónicos y computacionales.



Imagen 3.2 Animatronic de Abraham Lincoln en Disneyland



Imagen 3.3 Audio-animatronic de un oso siendo operado

Los planes para Disneyland incluían un salón de presidentes, una introducción hacia la historia de los EEUU. La figura principal del salón de presidentes sería un Abraham Lincoln totalmente animado. Para ello Disney encargó a Blaine Gibson, uno de los mejores escultores, para crear la cabeza de Lincoln. Un molde de plástico fue hecho en base a la creación de Gibson y un material plástico llamado Duraflex fue vertido en el molde para crear la piel facial.

Wathel Rogers y su equipo de “imagineers” WED, diseñaron y construyeron un audio-animatronic de Lincoln para que se levantara de su silla u dirigiera al público. Este Lincoln mecanizado estaba compuesto por 14 líneas hidráulicas en el cuerpo, 10 líneas de aire para las manos y las muñecas, 16 líneas de aire hicieron a la cabeza capaz de realizar 15 diferentes expresiones, desde una sonrisa, fruncir el ceño y hacer un guiño.

Esto demuestra como en esos años los animatronics eran muy complicados de crear debido a que los actuadores, con los que estos realizaban sus movimientos, eran muy grandes. Afortunadamente la tecnología de hoy nos permite tener actuadores más pequeños y por lo tanto podemos recrear criaturas de menos tamaño lo cual las hace más compactas y prácticas de mover.

Walt Disney creó los Audio-Animatronics para tematizar sus parques de atracciones y crear espectáculos con robots. Se inventaron en los años 60 por Walt Disney Imagineering. Cumplían la función básica de recrear sonidos grabados anteriormente y hacer pequeños movimientos mediante tecnología hidráulica. Años más tarde, se crearon los conocidos animatrónicos, un nombre genérico para el resto de la industria, ya que estos no estaban creados por Disney.

Usos [2]

La principal utilidad de la animatrónica se da en el campo de la cinematografía y los efectos especiales, aunque también se emplea con frecuencia en los parques temáticos y en otras ramas de la industria del entretenimiento.

Su principal ventaja respecto a las imágenes generadas por ordenador o la técnica de stop motion es que no consiste en una simulación de la realidad, sino que presenta ante la cámara auténticos objetos que se mueven en tiempo real. Facilitando así la interacción de los robots con el medio humano. El avance de la tecnología ha hecho que la robótica alcance la complejidad dando lugar a personajes electromecánicos aparentemente vivos.

El mundo de la animatrónica ha creado una industria que mueve una gran cantidad de dinero, ya que un robot puede costar desde \$10,000.00, incluso superar \$1, 000,000.00. Algunas de las principales empresas de animatrónica son

«Garner Holt Productions, Inc.» en San Bernardino, California; «UCFab International, LLC» en Apopka, Florida; «Sally Corporation» en Jacksonville, Florida; o «Lifeformations» en Bowling Green (Ohio). Entre sus clientes se encuentran, además de la industria cinematográfica, parques temáticos, museos, restaurantes y muchos otros negocios que requieren la tematización de un ambiente.

Cinematografía y efectos especiales [3]

El campo que hace un uso mayor de este tipo de muñecos es la industria audiovisual, siendo los destacados el mundo del cine y de la televisión. Los Animatrónicos se emplean para representar personajes que no existen en el mundo real, en situaciones de riesgo o en las que no sería rentable el uso de actores o animales.

La animatrónica de hoy en día usa dispositivos controlados por ordenador, así como controles por radio o manuales.

Diseño del animatrónico [4]

Para el diseño de un animatrónico es necesario el uso de técnicas y materiales que en su totalidad creen un robot que emule vida. Por lo tanto, es necesaria una investigación previa del personaje animado que se pretende crear. El análisis debe contemplar los movimientos del personaje, la movilidad de los músculos y la anatomía.

Una vez examinado el personaje se procede a las fases técnicas de creación: el elemento mecánico, el eléctrico y el de control.

1. La mecánica se encarga de crear la estructura, y además, los movimientos que le corresponden.
2. La electrónica dota de energía el animatrónico y define los elementos de entrada y el comportamiento de los de salida.
3. El control otorga los comandos necesarios que se deben usar para poder manejar el personaje en la vida real.

Para la creación de un muñeco de estas características se han de tener en cuenta los

puntos vitales que lo pueden humanizar. Estos elementos son: la boca, los labios, los ojos, el cuello, etc., en definitiva, el movimiento muscular. Los movimientos específicos se consiguen mediante motores eléctricos, cilindros neumáticos o hidráulicos y mecanismos controlados por cable. El tipo de elemento a utilizar se decide en función de los parámetros del personaje, los movimientos concretos que se requieren y las limitaciones del proyecto.

Finalmente, para que un animatrónico tenga una apariencia física real se utilizan materiales que simulen la piel de un ser vivo. De esta manera queda cubierto el esqueleto mecánico y eléctrico que se encarga de recrear los movimientos. Los materiales más usados son la silicona, el acrílico y la resina de nailon.

Material utilizado en la impresión 3D [5]

La gran mayoría de las impresoras 3D utilizan como "cartuchos de tinta" unos rollos de filamento de un material llamado "termoplástico". Este plástico sale derretido del extrusor y se endurece al enfriarse, formando las capas de la figura que deseas imprimir. Hay de diferentes tipos con ventajas y desventajas.



Figura 3.4. Diferentes tipos de filamentos para impresión 3D

Los más comunes: ABS y PLA1

Estos dos son los materiales compatibles con casi todas las impresoras que se venden. Ambos son termoplásticos, y se venden en rollos de filamento que cuestan entre 25-35€ cada uno, pero hay algunas diferencias claves entre ellos.

ABS

Este es el material consentido de las piezas de Lego, también utilizado en la carrocería de los automóviles, los electrodomésticos y las carcasas de celulares. Pertenecen a la familia de los termoplásticos o plásticos térmicos pero contienen una base de elastómeros a base de polibutadieno que los hace más flexibles y resistentes a los choques.

El ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) se funde entre 200 y 250 °C y puede soportar temperaturas muy bajas (-20 °C) y muy elevadas (80 °C). Además de su alta resistencia, este material permite obtener una superficie pulida, es reutilizable y puede ser soldado con procesos químicos (utilizando acetona por ejemplo). Sin embargo, no es biodegradable y se encoje en contacto con el aire, razón por la cual la plataforma de impresión se debe precalentar con el fin de evitar el despliegue de las piezas.

El ABS es empleado principalmente en la técnica de modelado por deposición fundida (FDM) y, en consecuencia, se encuentra disponible en la mayoría de impresoras personales como la Replicator 2 de Makerbot y las Ultimaker. Además, un derivado del ABS, en forma líquida, es utilizado en los procesos de estereolitografía y PolyJet.

PLA

Al contrario del ABS, este polímero (ácido poliláctico) es biodegradable ya que es fabricado a partir de materias primas renovables (almidón de maíz). Una de sus características principales es su leve encogimiento luego de la impresión 3D. Razón por la cual las plataformas calientes no son necesarias en la impresión utilizando el modelado por deposición fundida (FDM) (a 185C) y se obtienen piezas de mejor precisión. En fin, gracias a su carácter no tóxico, este material es usado generalmente para la fabricación de objetos que entran en contacto con alimentos, pero se debe asegurar que la extrusora sea en acero inoxidable.

En comparación con el ABS, el PLA es más difícil de manipular dada su elevada velocidad de enfriamiento y solidificación. Este también puede deteriorarse y estirarse al contacto con el agua. Sin embargo, este material, en general translúcido, es utilizado por la MakerBot Replicator 2 y la CubeX y acepta todo tipo de terminación en varios colores.

A demás de que existen otros tipos de materiales tales como: Poliamidas

Los objetos en poliamidas son generalmente fabricados a partir de un polvo fino, granuloso y blanco utilizando la tecnología de sinterizado selectivo por láser (SLS), pero algunas familias de este material, como el nylon, se presentan en la forma de filamento y se utilizan con la técnica de modelado por deposición fundida (FDM).

Gracias a su biocompatibilidad, como el PLA, las poliamidas pueden ser utilizadas para fabricar piezas en contacto con alimentos (menos aquellos que contienen alcohol), y al contrario del PLA y el ABS, las superficies logran ser más lisas sin efecto de ondulación.

Al estar constituido de estructuras semi-cristalinas, este material presenta un buen equilibrio entre sus características mecánicas y químicas, de donde vienen su estabilidad,

rigidez, flexibilidad y resistencia a los choques. Estas ventajas dan paso a una amplia gama de aplicaciones y a un alto nivel de detalle. Su alta calidad es utilizada, por ejemplo, para la fabricación de engranajes, piezas para el mercado aeroespacial, automóvil, la robótica y las prótesis médicas o para los moldes de inyección.

Alumide

Los objetos en alumide son fabricados a partir de una combinación entre poliamidas y aluminio en polvo utilizando la tecnología de sinterización selectiva por láser (SLS). Con una gran superficie ligeramente porosa y un aspecto arenoso y granulado, este material ofrece una gran solidez y una alta resistencia a la temperatura (172°C máx.) Y a los choques con una cierta flexibilidad. Sin embargo, algunos post-tratamientos son generalmente necesarios, como el rectificado, lijado, revestimiento y fresado, por ejemplo.

Resinas

Las resinas se dividen en termoplásticas y termosolidificantes (polimerización) y constituyen el material base de varias técnicas como la estereolitografía (SLA) y el Polyjet, permitiendo obtener objetos de terminación mate o brillantes, blancos, negros e incluso transparentes. Estos últimos, tienen una geometría y una funcionalidad limitados, pero la calidad y la suavidad de la superficie, además de su transparencia, son sistemáticos. En todo caso, es posible de realizar un proceso de tintura y numerosos tratamientos de post-impresión.

Las resinas de alta precisión son ofrecidas por inmaterialice, las cuales son perfectas para modelos reducidos (100x100x100 mm máx.) que necesitan de un alto nivel de detalle geométrico con una superficie pulida, fina y sin efectos de escalera en las capas. El color del material es un blanco opaco e, incluso siendo poca, la tintura no es recomendada dada la posibilidad de perder el nivel de detalle ligado a la pintura.

Polipropileno

Otro termoplástico muy utilizado en el sector automóvil, para los empaques, los textiles profesionales desechables, y en la fabricación de cientos de objetos cotidianos. El polipropileno (PP) es conocido por su resistencia a la abrasión y a su capacidad de absorber los choques, además de una relativa rigidez y flexibilidad.

Uno de los inconvenientes es su baja resistencia a la temperatura y su sensibilidad a los rayos UV, razón por la cual varios fabricantes de impresoras han desarrollado derivados de este material, los simili-propilenos, con el fin de reforzar sus propiedades físicas y mecánicas. Entre otros, se encuentra la gama VisiJet de 3D Systems donde los materiales ofrecen una gran rigidez y una resistencia más elevada al calor (130 °C) y a la humedad como el VisiJet HiTemp o la gama DurusWhite de Objet. En fin, EnvisionTEC propone un simili-propileno (el LS600) para la fabricación de piezas de un alto nivel de detalle.

Plásticos compuestos

En un artículo anterior, 3Dnatives presentó la tecnología PolyJet y sus materiales compuestos, llamados Digital Materials, permitiendo obtener prototipos de alto desempeño que se acercan a las propiedades del material real (resistencia a la temperatura, biocompatibilidad, rigidez o flexibilidad) y en múltiples colores.

Paralelamente, la sociedad Z Corporation, adquirida por 3D Systems, desarrolló una tecnología similar a aquella de las impresoras 2D, exclusivamente para las impresoras ZPrinter que permiten imprimir en colores de alta definición, con

390.000 tintas disponibles. La impresora convierte cada color a partir del espacio RGB a un valor de color CMYK para la impresión y el software ZEdit™ permite añadir el color, las texturas coloradas y las etiquetas para los archivos de modelos en 3D. Para minimizar los costos, solamente el contorno de la pieza es coloreado al momento de la impresión.

Con el fin de responder a las necesidades de la impresión 3D multicolores, otras máquinas como la Replicator Dual Extruder de MakerBot y las CubeX Duo y CubeX Trio e Cubify (18 colores en ABS y PLA), fueron lanzadas al mercado. De otro lado, para la fabricación de piezas transparentes, 3D Systems trabajó en el desarrollo de nuevos materiales para las tecnologías SLA, SLS y DLP como el Accuera ClearVue, Accura Peak (más opaco) y el VisiJet Clear. Sin embargo, más allá del color, la mayor ventaja de los materiales compuestos es la posibilidad de fabricar modelos con características reforzadas.

Por ejemplo, la sociedad EnvisionTEC ofrece dos materiales que soportan altas temperaturas (hasta 140°C): HTM140 y HTM140IV, mientras que la compañía Objet comercializa el RGD525 (67-80°C). El iFlex 500, de EnvisionTEC, permite reproducir las propiedades mecánicas, el aspecto y la sensación táctil del caucho, al mismo tiempo que Objet propone la gama Objet Tango, materiales semi-caucho con gran flexibilidad (TangoGray, TangoBlack, TangoPlus y TangoBlackPlus).

Tipos de manufactura [6]

La impresión 3D es una de las grandes tendencias de los últimos años en el terreno tecnológico. Se observa poco a poco como salen al mercado de consumo distintos modelos de impresora 3D que puedes comprar tanto a través de Internet como en grandes almacenes. Existen tres tecnologías principales a la hora de hablar de impresoras 3D con las cuales se puede manufacturar y se describen a continuación.

Impresión 3D vs modelado tradicional

Las impresoras 3D forman parte de lo que se conocen como procesos de fabricación aditiva. Estos procesos son aquellos que permiten fabricar un objeto desde cero donde las máquinas van añadiendo material hasta conformar la pieza final.

En la fabricación tradicional como puede ser el mecanizado mediante torno de control

numérico se parte de un bloque de material sobre el que se empiezan a realizar operaciones quitando capas hasta dejar la pieza que se quiere obtener:

Los procesos aditivos incluyen, entre otros, todas las tecnologías de Prototipado Rápido (Rapid Prototyping) con métodos como la impresión 3D: FDM, FFF, Estereolitografía (SLA) o el Sinterizado Selectivo Láser (SLS).

Todos los procesos de fabricación aditiva tienen en común el hecho de que pueden generar geometrías muy complejas de una forma muy rápida. En todos los casos, los objetos presentan una textura material de capas muy finas, casi imperceptibles. Mark Villacampa, quien lleva dentro de este mundo desde la llegada de las impresoras RepRap y que ha realizado recientes análisis de las últimas impresoras 3D del mercado y analizado el modelo de negocio de la impresión 3D da la clave para la creciente popularidad de la impresión 3D: El boom reciente de la impresión 3D personal se debe principalmente al vencimiento de determinadas patentes relacionadas con la tecnología FDM. La tecnología protegida anteriormente por estas patentes hizo posible el nacimiento del proyecto RepRap en el año 2005. Todas las compañías que se encuentran actualmente dentro del mercado de la impresión 3D están impulsadas por el éxito del proyecto RepRap.

Tecnologías de deposición de material plástico [7]

La tecnología que ha popularizado este método de impresión de figuras y piezas en 3D ha sido la que se conoce como Fusión Deposition Modeling(FDM) que fue inventada y patentada a finales de los años 80 por Scott Crump quien la empezó a comercializar a través de la empresa que fundó junto con su mujer, Stratasys. Es una tecnología que permite conseguir piezas utilizando plástico ABS (similar al material de los juguetes Lego) o bien PLA (un polímero biodegradable que se produce desde un material orgánico).

La tecnología FDM estaba protegida por patente y nació una tecnología que en esencia es similar, Fused Filament Fabrication (FFF) llamadas impresoras como RepRap.

La impresión con esta tecnología comienza desde la capa inferior, creando una superficie en la base para poder separar la pieza. Se utiliza un fino hilo de plástico pasa por el extrusor que es, en resumen, un dispositivo que calienta el material hasta el punto de fusión. En ese momento el plástico se depositando en la posición correspondiente de la capa que se está imprimiendo en cuestión.

Tras ser depositado en su lugar, el material se enfría y solidifica, una vez acabada esa capa, se desplaza verticalmente una pequeña distancia para comenzar la siguiente capa. Según la pieza a fabricar es posible que se necesiten varios soportes que se eliminan a posteriori.

La impresión, como en la mayoría de métodos de impresión 3D, se realiza capa a capa. Si se desea imprimir una manzana, pues el trabajo se realiza imprimiendo finas rodajas de la misma. Cuanto más finas sean las mismas, mejor será la calidad final de la impresión.

Tecnologías impresión 3D con láser

Las tecnologías que utilizan el láser son las tecnologías Estereolitografía (SLA) y Selective Laser Sintering (SLS). Con estas tecnologías se consigue una mayor precisión de las piezas imprimidas y un ahorro en tiempo de impresión. La tecnología SLA o estereolitografía nació antes que la tecnología FDM y FFF de la mano de Charles Hull quien también fundó la empresa 3D Systems. Esta compañía fue la primera en poner a la venta lo que hoy se llama impresora 3D. Una impresora de SLA tiene un funcionamiento también capa a capa pero a diferencia del método anterior en esta ocasión se parte de una base que se va sumergiendo (o saliendo) capa a capa en un baño de resina fotocurable. El láser de luz ultravioleta activa la curación de la resina líquida, solidificándola. En ese momento la base se desplaza hacia abajo para que el láser vuelva a ejercer su acción.

Con este método se consiguen figuras con gran detalle aunque, al igual que el método posterior, desperdicia cierta cantidad de material según qué piezas si se necesitan fabricar soportes que se eliminan a posteriori. Y para finalizar se presenta la tecnología SLS o Sinterización Selectiva Láser. Esta tecnología nació en la Universidad de Texas en los años 80 también y pese a tener ciertas similitudes con la tecnología SLA en concepto, permite utilizar un gran número de materiales. A diferencia de la impresión vía SLA que hace uso de un baño de un polímero líquido fotocurable se utiliza material en polvo (poliestireno, materiales cerámicos, cristal, nylon y materiales metálicos). El láser impacta en el polvo y funde el material y se solidifica (sinterizado).

Todo el material en polvo que no se sinteriza sigue situado donde estaba inicialmente y sirve de soporte para las piezas, principal ventaja frente a las tecnologías vistas. Una vez finalizada la pieza ese material puede ser retirado y reutilizado para la impresión de próximas piezas.

Diseño mecánico [8]

¿Qué es el diseño? Primeramente hay que entender que el diseño se encuentra alrededor de prácticamente todo. El termino diseño claramente abarca una amplia gama de significados que en la mayor parte de los casos se refiere a la apariencia estética del objeto, y muchas veces se puede ver esto desde el enfoque artístico y porque no, desde este punto de vista en el diseño mecánico también se podría catalogar al ingeniero como un artista.

La palabra diseño tiene su origen en el vocablo latín designare que significa "designar, marcar" y ya que el fin de este trabajo es enfocarse en el diseño dentro del dominio de la ingeniería se define como "el proceso de aplicar las diversas técnicas y los

principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización".

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema.

Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria.

Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas.

Las fuentes personales de creatividad de un diseñador, la habilidad para comunicarse y la destreza para resolver problemas están entrelazadas con el conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo y útil sin importar quién lo construya o lo use.

El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades y comúnmente es un trabajo que se realiza en equipo pues casi siempre resultan mejores opciones si más de una mente se encuentra pensando en resolver un problema determinado, en este punto sería importante recalcar las capacidades individuales para poder relacionarse en el área de trabajo del equipo y que al detectar que estas no son de la manera óptima tomar las medidas necesarias (sea una capacitación, un cambio de personal, etc.) para poder llevar a cabo nuestra tarea.

Con base a esto se puede decir que el diseño mecánico es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades.

El diseño se diferencia del análisis, en que en éste se toma un diseño ya existente para estudiarlo, y verificar que cumpla con las necesidades para las que fue diseñado.

Diseño asistido por computadora [9]

También descrito como Computer-aided design (CAD) es el uso de programas computacionales para crear representaciones gráficas de objetos físicos ya sea en segunda o tercera dimensión (2D o 3D). El software CAD puede ser especializado para usos y aplicaciones específicas. CAD es ampliamente utilizado para la animación computacional y efectos especiales en películas, publicidad y productos de diferentes industrias, donde el software realiza cálculos para determinar una forma y tamaño óptimo para una variedad de productos y aplicaciones de diseño industrial.

En diseño de industrial y de productos, CAD es utilizado principalmente para la creación de modelos de superficie o sólidos en 3D, o bien, dibujos de componentes físicos basados en vectores en 2D. Sin embargo, CAD también se utiliza en los procesos de ingeniería desde el diseño conceptual y hasta el layout de productos, a través de fuerza y análisis dinámico de ensambles hasta la definición de métodos de manufactura. Esto le permite al ingeniero analizar interactiva y automáticamente las variantes de diseño, para encontrar el diseño óptimo para manufactura mientras se minimiza el uso de prototipos físicos.

Beneficios de CAD

Los beneficios del CAD incluyen menores costos de desarrollo de productos, aumento de la productividad, mejora en la calidad del producto y un menor tiempo de lanzamiento al Mercado. [10]

1. Mejor visualización del producto final, los sub-ensambles parciales y los componentes en un sistema CAD agilizan el proceso de diseño.
2. El software CAD ofrece gran exactitud de forma que se reducen los errores.
3. El software CAD brinda una documentación más sencilla y robusta del diseño, incluyendo geometría y dimensiones, lista de materiales, etc.
4. El software CAD permite una reutilización sencilla de diseños de datos y mejores prácticas.

Estos son algunos ejemplos de aplicaciones de Software tipo CAD:

Solidworks

Es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos

como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

La empresa SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Edson Hernández con su sede en Concord, Massachusetts y lanzó su primer producto, SolidWorks 95, en 1995. En 1997 Dassault Systèmes, mejor conocida por su software CAD CATIA, adquirió la compañía. Actualmente posee el 100% de sus acciones y es liderada por Jeff Ray.

La obtención de certificaciones de SolidWorks les da a los diseñadores (Ingenieros, Delineantes,...) la posibilidad de competir y sobresalir en aspectos de diseño, análisis y gestión de datos. Además, les ofrece de la oportunidad de ser reconocidos a nivel mundial.

Las principales certificaciones son:

1. CSWA (Certified SolidWorks Associate): se enfoca a temas sobre el manejo básico de las herramientas del software.
2. CSWP (Certified SolidWorks Professional): evalúa habilidades avanzadas de diseño de partes y ensambles, al haber obtenido más conocimiento y la destreza en el manejo de las herramientas, los diseñadores pueden especializarse en diferentes módulos, como lo son: dibujo, chapa metálica, superficies, piezas soldadas y herramientas de moldes.
3. CSWE (Certified SolidWorks Expert) con esta se demuestra un conocimiento completo de todas las áreas del software. [11]

Fibersim

La suite de software FiberSIM, que está integrado en 3D comerciales diseño asistido por ordenador (CAD), compatible con todo el diseño y proceso de fabricación de componentes ligeros compuestos. Se dirige a cada etapa del ciclo de desarrollo - desde la concepción, la definición de laminado, y la creación de capas través de la simulación, la documentación, y la fabricación - para capturar una completa definición de producto digital compuesto.

FiberSIM le autoriza para "trabajar cómo usted piensa" por medio de un entorno personalizado para el diseño de productos innovadores, duraderos y ligeros compuestos que crean una ventaja competitiva. [12]

NX

Ofrece la más amplia gama de aplicaciones integradas y completamente asociadas CAD/CAM/CAE de la industria. NX comprende un rango completo de procesos de desarrollo en el diseño del producto, manufactura y simulación, permitiendo a las compañías fomentar el uso de mejores prácticas al capturar y reutilizar conocimiento de producto y proceso. [13]

Seat Design Environment (SDE)

Es una herramienta informática integrada en sistemas CAD 3D, para el diseño y fabricación de sistemas de seguridad innovadores de transporte y de componentes internos. Es software completamente integrado con los sistemas comerciales CAD 3D, para diseñar y manufacturar sistemas de asientos de transporte innovadores y componentes interiores. [14]

Solid Edge

Es una cartera de herramientas de software que se ocupa de todos los aspectos del proceso de desarrollo de productos: diseño 3D, simulación, fabricación, gestión del diseño y más, gracias a un creciente ecosistema de aplicaciones. Solid Edge combina la velocidad y la simplicidad de modelado directo con la flexibilidad y el control del diseño paramétrico, gracias a synchronous technology. [15]

Técnicas de diseño por superficies [17]

Las herramientas de diseño de superficies avanzadas de SolidWorks aceleran el proceso de diseño, por lo que ahorran tiempo y costes de desarrollo, y aumentan la productividad.

SolidWorks simplifica el diseño de superficies avanzadas para hacer que la creación de partes sofisticadas con formas complejas sea más fácil. Dichos dispositivos son habituales en una variedad de sectores entre los que se incluyen productos de consumo, vehículos, moldes y dispositivos médicos. SolidWorks le proporciona:

1. Herramientas para: superficies extruidas, revueltas, barridas, recubiertas, equidistantes, planas.
2. Herramientas para: superficie limitante de formas orgánicas y estilizadas, relleno de superficies, superficies radiadas de forma libre y superficies medias.
3. Herramientas de edición: mover/copiar cara, Instant3D (hacer clic y arrastrar la geometría), copiar superficie, reemplazar cara, reparar, coser, recortar y extender.
4. Herramientas de análisis de superficies: gaussiano, ángulo, corte sesgado, espesor, curvatura, radio mínimo, franjas de cebra, análisis de desviación y comprobación de simetría.
5. Importación y reparación de geometría y herramientas de reparación
6. Las herramientas de simulación de piezas de plástico y llenado de moldes están disponibles en SolidWorks Plastics.

3.2 CONCEPTOS BÁSICOS

Diseño 3D [18]:

El software de gráficos 3D es el conjunto de aplicaciones que permiten la creación y manipulación de gráficos 3D por computadora. Estas aplicaciones son usadas tanto para la creación de imágenes como en la animación por computadora. se refiere a trabajos de arte gráfico que son creados con ayuda de software y programas especiales en general, o de términos, de técnicas y tecnología relacionadas con los gráficos de dimensiones altamente concentradas pueden ser grises o azul con rojo.

Un gráfico 3D difiere de uno bidimensional principalmente por la forma en que ha sido generado. Este tipo de gráficos se originan mediante un proceso de cálculos matemáticos sobre entidades geométricas tridimensionales producidas en un ordenador, y cuyo propósito es conseguir una proyección visual en dos dimensiones para ser mostrada en una pantalla o impresa en papel.

En general, el arte de los gráficos tridimensionales es similar a la escultura o la fotografía, mientras que el arte de los gráficos 2D es análogo a la pintura. En los programas de gráficos por computadora esta distinción es a veces difusa: algunas aplicaciones 2D utilizan técnicas 3D para alcanzar ciertos efectos como iluminación, mientras que algunas aplicaciones 3D primarias hacen uso de técnicas 2D.

Impresión 3D [19]:

Es un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D son por lo general más rápidas, más baratas y más fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación por adición, aunque como cualquier proceso industrial, estarán sometidas a un compromiso entre su precio de adquisición y la tolerancia en las medidas de los objetos producidos. Las impresoras 3D ofrecen a los desarrolladores de producto, la capacidad para imprimir partes y montajes hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, a menudo con un simple proceso de montaje

Actuadores

Existen muchas maneras para animar a un animatronic, incluyendo:

- Palancas, levas y cableado.
- Servomotores.
- Actuadores neumáticos.
- Actuadores hidráulicos.

Las palancas, levas y el cableado son muy sencillas de usar. Con motores de baja velocidad, madera, algunas palancas y alambre delgado cualquiera de nosotros podría construir una figura simple.

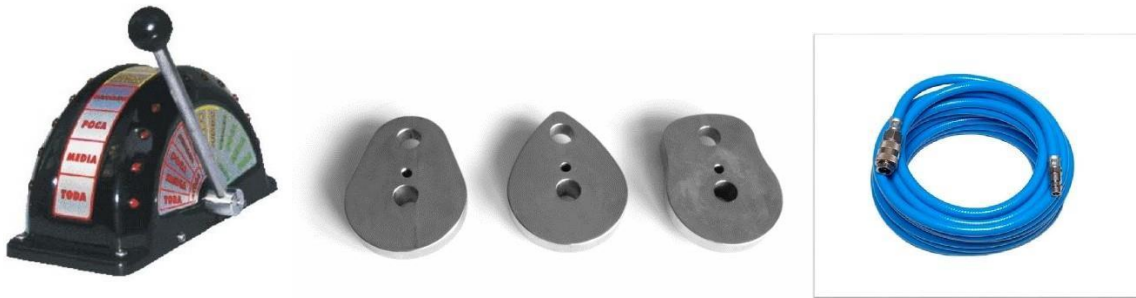


Imagen 3.5 Palanca, levas y manguera neumática

Los servomotores son prácticos y dan mucha precisión en el control. La principal desventaja de ellos es que son de baja potencia y tienen movimiento limitado. En un animatronic pueden ser usados para los movimientos faciales.



Imagen 3.6 Servomotor

Los motores paso a paso vienen en muchos tamaños y pueden realizar movimientos finos y bruscos con alta y poca potencia. Los medios deben ser construidos a menudo para

convertir el movimiento rotacional a movimiento lineal y viceversa si es requerido.

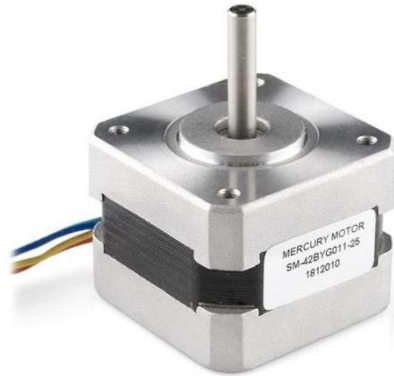


Imagen 3.7 Motor paso a paso

Actuadores hidráulicos.

Los mecanismos hidráulicos son muy efectivos cuando se requiere mucha fuerza para realizar movimientos muy extensos de figuras pesadas. Ya que la bomba de agua está localizada afuera de la figura es posible obtener una cantidad alta de fuerza en pequeños espacios.



Imagen 3.8 Actuador hidráulico

En la parte baja del animatronic debido a las altas presiones que se utilizan es indispensable contar con un sistema de mantenimiento excelente porque si alguna fuga se llegase a presentar ésta puede crear un gran desorden que es difícil de limpiar.

Los controles neumáticos se utilizan en los casos en los que no se requiere mucha potencia y se desea tener un sistema compacto. Las presiones que manejan no son muy altas entonces los sistemas pueden ser realmente pequeños y las consecuencias de una posible falla son menos desastrosas.

Actuadores neumáticos



Imagen 3.12 Actuador neumático

Los actuadores neumáticos consisten tanto en cilindros lineales como en actuadores rotatorios proveedores del movimiento. Los actuadores neumáticos son menos costosos y más seguros que otros sistemas, sin embargo, es difícil controlar la velocidad o la posición debido a la compresibilidad del aire que se utiliza.

Tipos de actuadores neumáticos

- Cilindros o pistones neumáticos. En este tipo de actuador, el movimiento se transmite mediante la acción de un pistón alojado dentro de un cilindro a presión. Un cilindro está compuesto básicamente de tres partes: El compartimiento, el émbolo y el vástago.
- Cilindros de doble vástago. Posee vástago en ambos extremos del compartimiento.
- Cilindro Tándem. Son dos cilindros acoplados mecánicamente, de modo que la fuerza resultante es la suma de la fuerza de cada cilindro.
- Cilindro multiposicional. También son dos cilindros acoplados mecánicamente, de modo que, si las longitudes de cada uno son diferentes, se pueden obtener cuatro posiciones distintas con dos señales de control.
- Cilindro de giro. Estos cilindros poseen un acople mecánico, que transforma el movimiento lineal de un vástago interno en un movimiento de giro sobre una pieza circular externa.

Los cilindros pueden ser de simple o de doble efecto.

- Simple efecto. Este término no es dado a los actuadores que utilizan la presión del aire para generar el movimiento del eje en un solo sentido. Para el regreso, luego de eliminar la presión del aire, se utilizan resortes que empujan al eje hasta su posición de reposo.
- Doble efecto. Son llamados así los actuadores que utilizan el aire a presión para generar los dos movimientos del eje, es decir, la ida y el regreso.

Control [20]

El control desde una consola se utiliza cuando las figuras no van a ser diseñadas para que repitan un ciclo de movimientos, como en las películas que en cada escena se requieren distintas secuencias de movimiento. Se pueden diseñar controladores digitales que estén especializados en esos movimientos.

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs, por sus siglas en inglés) ofrecen la capacidad de poder escribir la secuencia de movimientos.

PLC

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos.

Los sistemas de relevadores eran utilizados para un proceso específico, por lo tanto, su función era única. Pensar en cambiar el proceso era un caos y el cambio requería volver a obtener la lógica de control y para obtenerla se tenía que realizar un análisis matemático. También había que modificar el cableado de los relevadores y en algunos casos incluso era necesario volver a hacer la instalación del sistema.

En cambio, el PLC es un sistema de microprocesador; en otras palabras, una computadora de tipo industrial. Tiene una Unidad central de procesamiento mejor conocido como CPU, interfaces de comunicación, y puertos de salida y entrada de tipo digital o análogo, etc., y estas son solo algunas de sus características más sobresalientes. En la actualidad el campo de aplicación de un PLC es muy extenso. Se utilizan fundamentalmente en procesos de maniobras de máquinas, control, señalización, etc. La aplicación de un PLC abarca procesos industriales de cualquier tipo y ofrecen conexión a red; esto te permite tener comunicado un PLC con una PC y otros dispositivos al mismo tiempo, permitiendo hacer monitoreo, estadísticas y reportes.

Hablar sobre todas las ventajas de un PLC sería un tema muy extenso, por lo tanto, aquí presento algunas de las más importantes:

- Ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, principalmente por su variedad de modelos existentes.
- Menor tiempo empleado en su elaboración.
- Podrás realizar modificaciones sin cambiar cableado.
- La lista de materiales es muy reducida.
- Mínimo espacio de aplicación.
- Menor costo.
- Mantenimiento económico por tiempos de paro reducidos.

Y sus funciones básicas son las siguientes:

- Detección: El PLC detecta señales del proceso de diferentes tipos.
- Mando: Elabora y envía acciones al sistema según el programa que tenga.
- Diálogo hombre máquina: Recibe configuraciones y da reportes al operador o supervisores.

- Programación: El programa que utiliza permite modificarlo, incluso por el operador, cuando se encuentre autorizado.

El PLC tiene cuatro unidades funcionales: unidad de salidas, unidad de entradas, unidad lógica y unidad de memoria.

La unidad de entradas proporciona el aislamiento eléctrico necesario del entorno y adecua el voltaje de las señales eléctricas que recibe el PLC que provienen de los interruptores de los contactos. Las señales se ajustan a los niveles de voltaje que marca la unidad lógica.

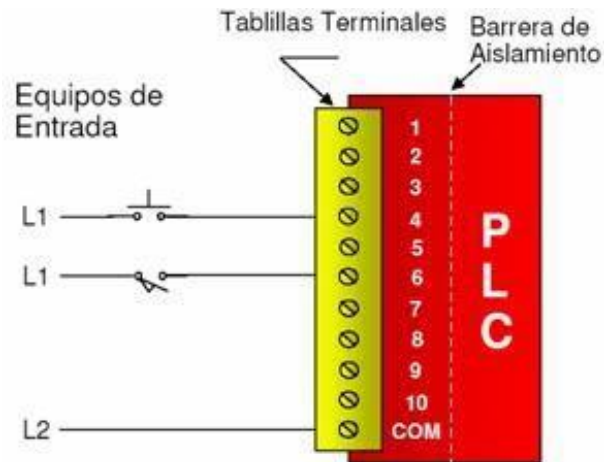


Imagen 3.9 Diagrama del módulo de entrada de un PLC

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores...). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores que se pueden conectar al módulo de entradas:

- Los captadores pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Ejemplo de ellos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.
- Los captadores activos son dispositivos electrónicos que necesitan de la alimentación por una tensión para variar su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos).

La unidad de salidas acepta las señales lógicas provenientes de la unidad lógica y proporciona el aislamiento eléctrico a los interruptores de contactos que se conectan con el entorno. Las unidades de entrada / salida del PLC son funcionalmente iguales a los bancos de relés, que se empleaban en los antiguos controladores lógicos de tipo tambor. La diferencia radica en que las unidades de entrada / salida de los PLC son de estado sólido.

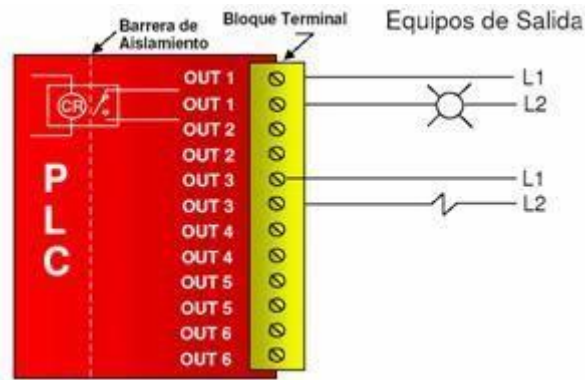


Imagen 3.10 Diagrama del módulo de salida de un PLC

El corazón de un PLC es la unidad lógica, la cual se basa en un microprocesador. Esta unidad ejecuta las instrucciones programadas en la memoria, para desarrollar los esquemas de control lógico que se han diseñado previamente. Algunos equipos antiguos contienen en la unidad lógica elementos discretos, por ejemplo: Compuertas NAND, NOR, FLIPFLOP, CONTADORES, etc. Este tipo de controladores son de HARDWARE (físicos), mientras que aquellos que utilizan memorias se llaman de software (lógicos).

La memoria almacena el código de mensajes o instrucciones que tiene que ejecutar la unidad lógica del PLC. Las memorias se pueden clasificar en PROM o ROM y RAM.

Memoria ROM: Es la memoria de sólo lectura (Read only Memory). Es un tipo de memoria no volátil, que puede ser leída pero no escrita, es decir, está pregrabada. Se utiliza para almacenar los programas permanentes que coordinan y administran los recursos del equipo y los datos necesarios para ejecutar la operación de un sistema basado en microprocesadores. Esta memoria se mantiene, aunque se apague el aparato.

Memoria RAM: Es una memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory). Esta memoria es volátil y puede ser leída y escrita según se desarrolle la aplicación. Durante la ejecución del proceso se puede acceder en cualquier momento a cualquier posición de la memoria.

Por medio de estas memorias se puede utilizar un PLC en procesos diferentes, sin necesidad de readecuar o transformar el equipo; sólo se debe modificar el programa que está cargado. Para el control de un proceso ejecutado por lotes (batch), se pueden almacenar varias instrucciones en la memoria y acceder exactamente a aquella que interesa. Esta memoria guarda los programas de la aplicación que se pueden modificar. Además, la memoria se protege con baterías, para no perder la información cuando se den cortes de fluido eléctrico.

El sistema opera a través de la interacción con el procesador (la unidad lógica) y la memoria. Cuando se enciende el equipo, el procesador lee la primera palabra de código (instrucción) almacenada en memoria y la ejecuta. Una vez que termina de ejecutar la instrucción leída, busca en memoria la siguiente instrucción y así sucesivamente hasta que se completa la tarea.

PLC S7-1200



Imagen 3.11 PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC

El Simatic S7-1200 ofrece a los profesionales de la instalación un amplio abanico de características técnicas entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLCopen.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

El sistema S7-1200 desarrollado viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas.

El PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC (con el que se realizó el proyecto) cuenta con las siguientes características generales:

- Seis entradas digitales.
- Diez salidas digitales.
- Dos entradas analógicas de 0 a 10 V.
- Programación en lenguaje de escalera.

Programación en escalera [21]

ENCENDIDO Y PARO DE MOTOR ELECTRICO

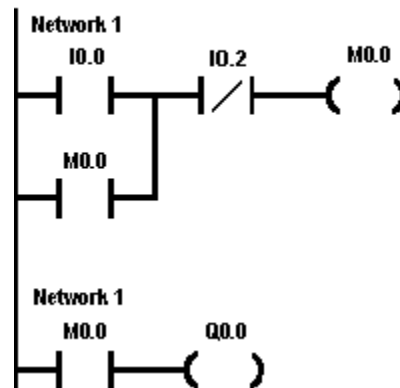


Imagen 3.13 Programa básico en diagrama de escalera

El lenguaje Ladder, diagrama de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Ladder es uno de los varios lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLCs) estandarizados con IEC 61131-3.

Este lenguaje permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso, con ayuda de símbolos de contactos normalmente cerrados (N.C.) y normalmente abiertos (N.A.), relés, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc. Cada uno de estos símbolos representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso.

En el diagrama de escalera, la fuente de energía se representa por dos “rieles” verticales, y las conexiones horizontales que unen a los dos rieles, representan los circuitos de control. El riel o barra del lado izquierdo representa a un conductor con voltaje positivo y el riel o barra de lado derecho representa tierra o masa. El programa se ejecuta de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Los elementos importantes en un programa PLC al igual que un alambrado lógico con elementos eléctricos como relevadores son:

- Contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.
- Bobinas.
- Temporizadores (Timers).
- Contadores.

Un contacto es un elemento eléctrico el cual su principal y única función es abrir y cerrar un circuito eléctrico ya sea para impedir el paso de la corriente o permitir el paso de la misma. Un contacto es un elemento de entrada. Así lo lee el PLC. Las entradas se representan por

medio de la letra I. Cuando un contacto se activa y éste se cierra (contacto normalmente abierto) este pasa de un estado lógico 0 a un estado lógico de 1.

Cuando un contacto se activa y este se abre (contacto normalmente cerrado) este pasa de un estado lógico 1 a un estado lógico 0.

Las bobinas no son más que un arrollamiento de alambres los cuales al aplicarles un voltaje estas crearán un fuerte campo magnético. Por lo tanto, las bobinas que actúan en los programas de PLC representan los electroimanes de los relevadores eléctricos. Las bobinas se consideran como elementos internos del PLC, pero estas también representan salidas.

Cuando se representan internamente actúan como electroimanes donde su principal letra característica son: la M y la V. Cuando representan una salida estos se representan especialmente con la letra Q. (las salidas más comunes representan a motores eléctricos, solenoides, cilindros eléctricos entre otras salidas).

El temporizador es un elemento que permite poner cuentas de tiempo con el fin de activar bobinas pasado un cierto tiempo desde la activación. El esquema básico de un temporizador varía de un autómat a otro, pero siempre podemos encontrar una serie de señales fundamentales, aunque, eso sí, con nomenclaturas totalmente distintas.

El contador es un elemento capaz de llevar el cómputo de las activaciones de sus entradas, por lo que resulta adecuado para memorizar sucesos que no tengan que ver con el tiempo pero que se necesiten realizar un determinado número de veces.

TIA Portal

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación.

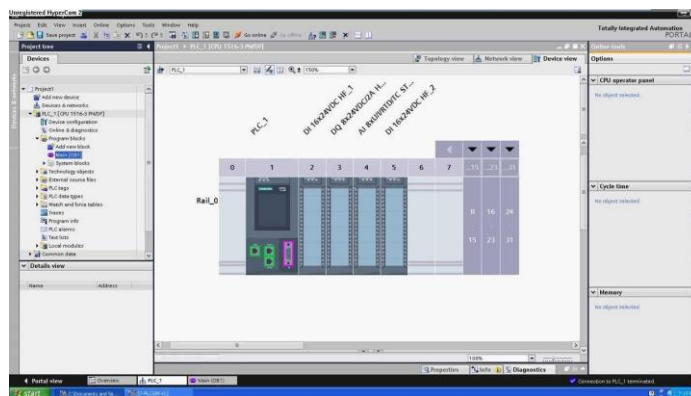


Imagen 3.14 TIA Portal

Jaguar [22]

El jaguar, yaguar o yaguareté N 1 (*Panthera onca*) es un carnívoro félido de la subfamilia de los Panterinos y género *Panthera*. Es la única de las cuatro especies actuales de este género que se encuentra en América. También es el mayor félido de América y el tercero del mundo, después del tigre (*Panthera tigris*) y el león (*Panthera leo*). Su distribución actual se extiende desde el extremo sur de Estados Unidos continuando por gran parte de América Central y Sudamérica hasta el norte y noreste de Argentina. Exceptuando algunas poblaciones en Arizona (suroeste de Tucson), esta especie ya ha sido prácticamente extirpada en los Estados Unidos desde principios de la década de 1900.N 2

Se encuentra emparentado y se asemeja mucho en apariencia física al leopardo (*Panthera pardus*), pero generalmente es de mayor tamaño, cuenta con una constitución más robusta y su comportamiento y hábitat son más acordes a los del tigre (*Panthera tigris*). Si bien prefiere las selvas densas y húmedas, puede acomodarse a una gran variedad de terrenos boscosos o abiertos. Está estrechamente asociado a la presencia de agua y destaca, junto con el tigre, por ser un félido al que le gusta nadar.

Es fundamentalmente solitario. Caza tendiendo emboscadas, siendo oportunista a la hora de elegir las presas. Es una especie clave para la estabilización de los ecosistemas en los que habita; al ser un superpredador, regula las poblaciones de las especies que captura. Los ejemplares adultos tienen una mordedura excepcionalmente potente, incluso en comparación con otros grandes félidos, 5 lo que les permite perforar los caparazones de reptiles acorazados como las tortugas y utilizar un método poco habitual para matar: ataca directamente la cabeza de la presa entre las orejas para propinar un mordisco letal que atraviesa el cráneo con sus colmillos alcanzando al cerebro.67



Imagen 3.15 Jaguar, yaguar o yaguareté.

CAPÍTULO IV PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

4.1 PRIMERA ETAPA: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Centrados en el diseño e implementación de un Animatronic que simulara las características morfológicas de un Jaguar, se dio a la tarea básica de la investigación.

El principal problema fue que en replicar un exoesqueleto para tener una representación exacta del animal. El esqueleto de este se recreó mediante la información recopilada por la ciencia sobre esta especie y su recreación fue aproximado en base a los criterios encontrados en nuestra investigación.

Su longitud del jaguar es de 1.70 a 2.30 m, y tiene una longevidad de 20 años. Por lo que se decidió realizar una representación de 80cm de largo y 40cm de alto, basados en una escala de 1 a 3 aproximadamente, esto para facilitar el transporte del proyecto a los lugares en donde fuera requerido.

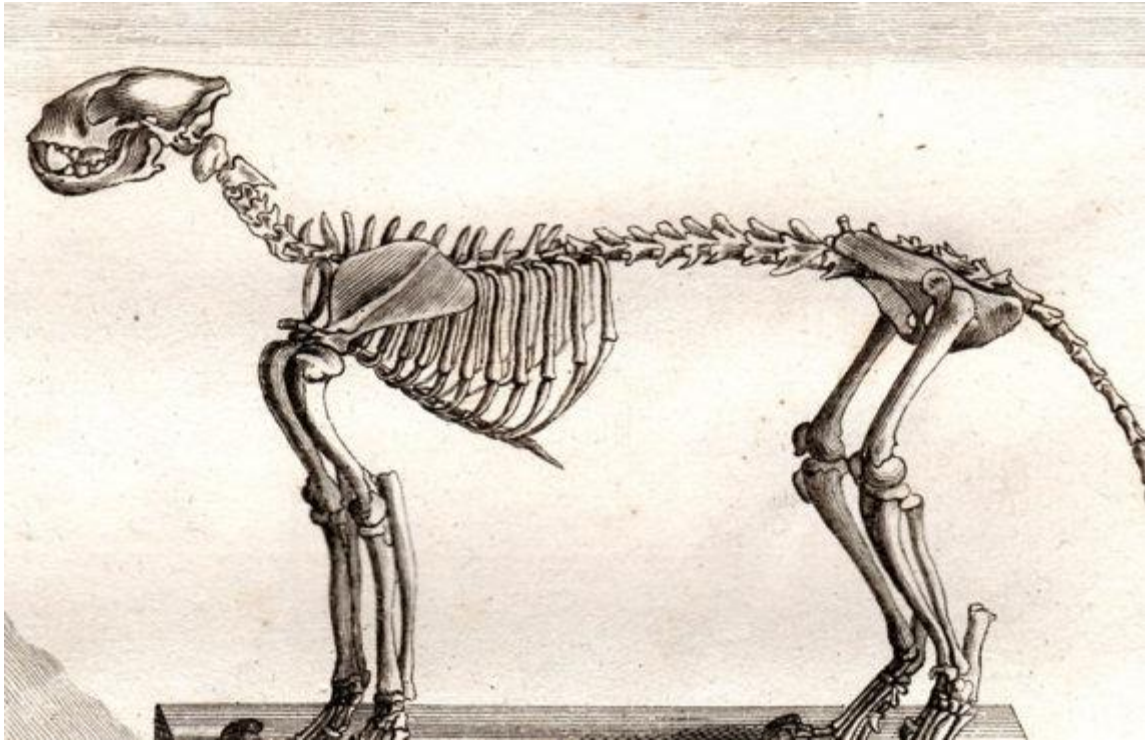


Figura 4.1 Fotografía del esqueleto real del jaguar, el cual funge como base para escalar del Animatronic

Se utilizó una fórmula matemática para representar las medidas exactas del esqueleto y cuidar las proporciones.

- Se tiene como referencia 54 unidades de largo en la imagen
- Se tiene como referencia 27 unidades de alto en la imagen.
- Tomar como referencia 80 cm de largo para el Animatronic
- Tomar como referencia 40 cm de alto para el Animatronic

Para encontrar una fórmula matemática que respondiera las interrogantes del diseño, se hace una regla de 3 que responde a:

- Si se necesita un Animatronic de 80 cm de largo...
- Si la imagen proporciona 54 unidades de largo para el Animatronic...

—Si 54 Unidades representan 80 cm, entonces

¿A cuántos cm equivale cada unidad?

$$\text{Medida en centímetros} = \{(\text{Número de unidades}) * (80\text{CM})\} / 54 \text{unidades}$$

Ecuación 1

Básicamente esta fue la principal fórmula utilizada para calcular las proporciones del proyecto.

Cuidando estas proporciones finales, se midió cada parte del esqueleto que se intentó representar de manera física y se obtuvo una medida en cm final que cuidaba la proporción del Animatronic.

¿Cómo medir un la longitud de un hueso en particular?

Si se retoma lo dicho con anterioridad, se sabe que cada 5mm se tiene la condición de 1 Unidad para posteriormente ser representada en centímetros, en base a eso y mediante la ayuda de una regla graduada se midió del punto de inicio al final de —xll hueso con el fin de conocer su longitud en cm. Posteriormente se multiplicó por 2 dicho valor o bien, se divide entre .5 para tener la respuesta en

—Unidadesll.

$$\text{Unidades} = (\text{Longitud en centímetros}) * 2$$

Ecuación 2

Esto se explica básicamente en que 5mm (largo de una unidad) es la mitad de 1 cm que es el prefijo elegido para tomar la medición.

Por ejemplo: Si se desea medir el largo que tendría el fémur del Animatronic, se mediría con una regla desde el punto de inicio al final de dicho hueso (recordando que cada 5mm se tiene la representación de una unidad) y en el ejemplo se tiene una medición de 5.25cm, que multiplicados por 2, para convertir a unidad dicha medición dan= 10.5 Unidades

$$\text{Unidades} = (\text{Longitud en centímetros}) * 2$$

Ecuación 2

$$\text{Unidades} = (5.25\text{cm}) * (2)$$

$$\text{Unidades} = 10.5$$

Y para finalmente conocer la medida en cm para el Animatronic (Todo lo anterior ha sido medir desde una imagen escalada, convertirla a unidades arbitrarias para posteriormente representarla en cm que cuidarán la proporción del proyecto) retomando la Ec. 1

$$\text{Medida en centímetros} = \{(\text{Número de unidades}) * (80)\} / 54$$

Ecuación 1

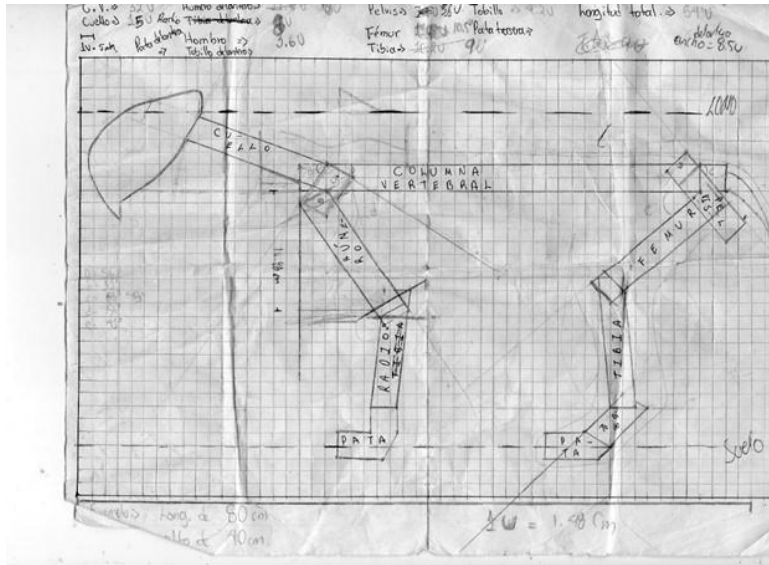


Figura 4.2 Boceto de las diferentes partes del exoesqueleto

Medida en centímetros= $\{(10.5 \text{ Unidades}) \cdot (80)\} / 54$

Medida en centímetros= 15.5 cm

Observando que 15.5cm fue el largo del hueso del fémur del Animatronic a diseñar.

4.2 SEGUNDA ETAPA: PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL EXOESQUELETO Y EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

Una vez explicado el proceso de medición de cada hueso en particular, se dio a la tarea de representar cada hueso en particular. Se basó todo el diseño del exoesqueleto en aluminio de tipo cuadrado, puesto que es un material muy resistente, económico y ligero, características ideales para el proyecto.



Figura 4.3. Fémures realizados con 2 piezas de aluminio cuadrado.

Como se puede observar en estas piezas, se representan los 2 fémures del Animatronic, cada una de 15.5 cm de largo con unas perforaciones para espárragos de 3/8" que serán los encargados de ensamblar las piezas a la estructura final.



Figura 4.4. Exoesqueleto con 4 baleros soldados, los cuales funge como codos y rodillas.

Se observa el primer montaje, la columna vertebral se observa como una unidad sólida y sin movimiento. Igualmente se observa el montaje de las extremidades superiores: con los sistemas de movimiento en codos y rodillas.

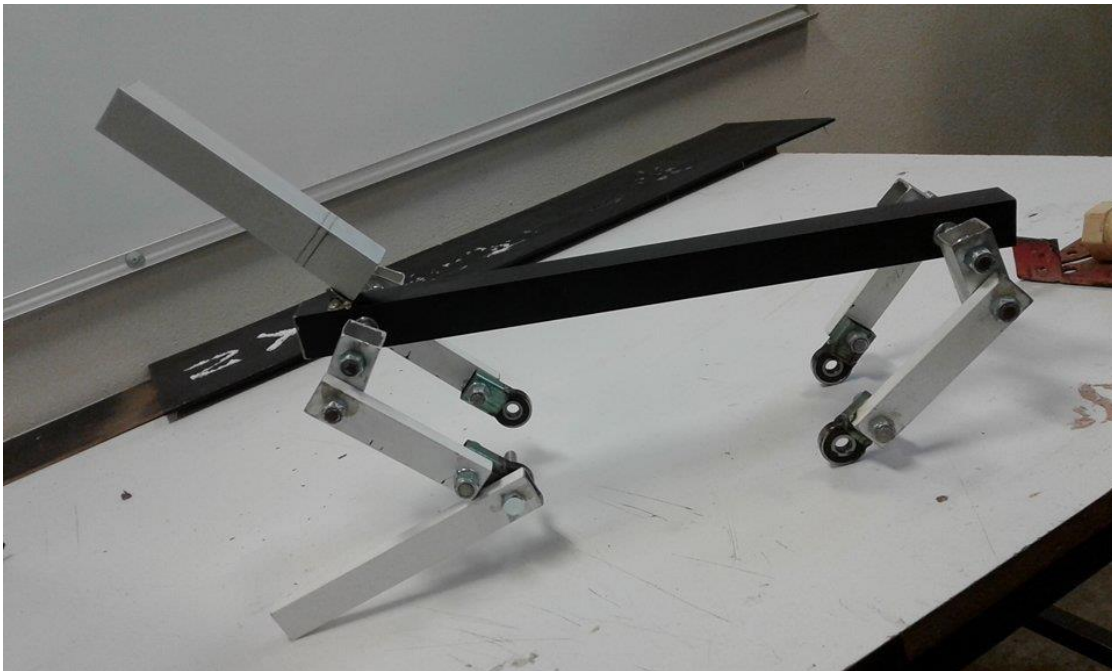


Figura 4.5. Exoesqueleto al que se le ha añadido el cuello, adherido a la columna mediante una bisagra

Como se observa, cada parte hasta este punto ya estaba representada y se comenzó a tomar en cuenta las zonas en donde el Animatronic tendría movimiento, esto era básicamente en lo que se describe como hombros, rodillas y el cuello, se procedió a realizar un mecanismo que permitiera obtener los movimientos de dichas extremidades. Las líneas verticales dibujadas en el cuello fueron referencia de los puntos en donde el cuello debía coincidir con la región del pecho a los ángulos de 0 grados y aproximadamente 30 grados cuando el cuello fuese erguido.

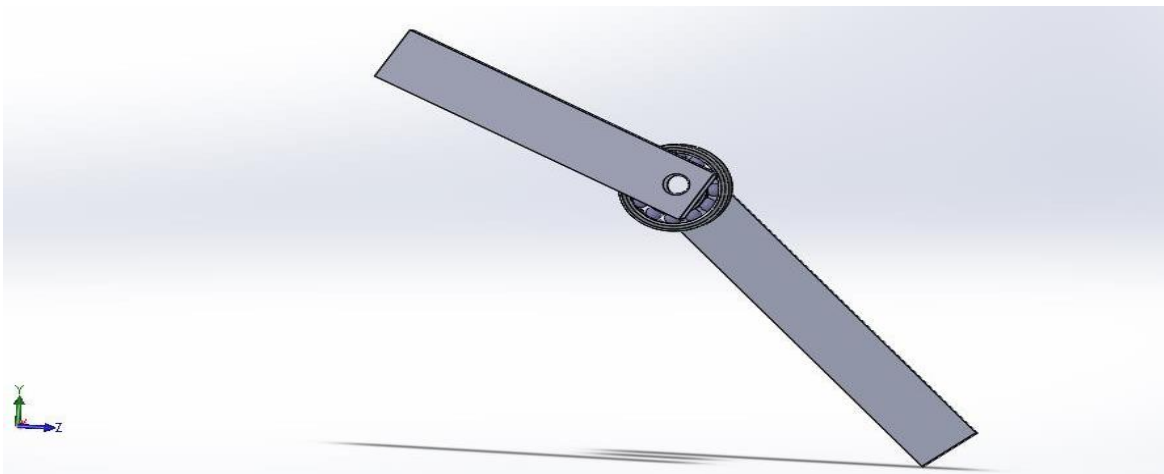


Figura 4.6. Diseño en solidworks del mecanismo del rodaje



Figura 4.7. Exoesqueleto completamente terminado, anclado a suelo y con todas sus articulaciones funcionales.

Se observa que se llegó a la parte final del diseño del exoesqueleto, este fue montado sobre una superficie plana de madera que sirve como base. El cuello y todos los demás movimientos propuestos con anterioridad ya pueden ser simulados de manera mecánica y no tienen ningún limitante. Cabe destacar los movimientos en codos, rodillas, caderas y hombros, que son los principales puntos en donde se centró el diseño.

4.3 TERCERA ETAPA: PRUEBAS MOVIMIENTOS EN BASE A PISTONES.



Figura 4.8. Vista lateral del exoesqueleto con los pistones integrados.

Como se observa, se comenzó con el diseño de la etapa de movimiento automatizado, en este caso se utilizaron dos pistones Festo de doble efecto: uno se encargada el movimiento de las patas traseras y el otro se encargara de mover las patas delanteras. Estos tendrán la capacidad de mover los ejes hasta llegar a la posición de 90 grados.



Figura 4.9. Vista lateral del exoesqueleto con los pistones integrados.

En esta imagen se observa la implementación de un pistón tipo rotatorio de doble efecto encargado del movimiento horizontal de la cabeza. Y un pistón de doble efecto para el movimiento vertical de la misma.

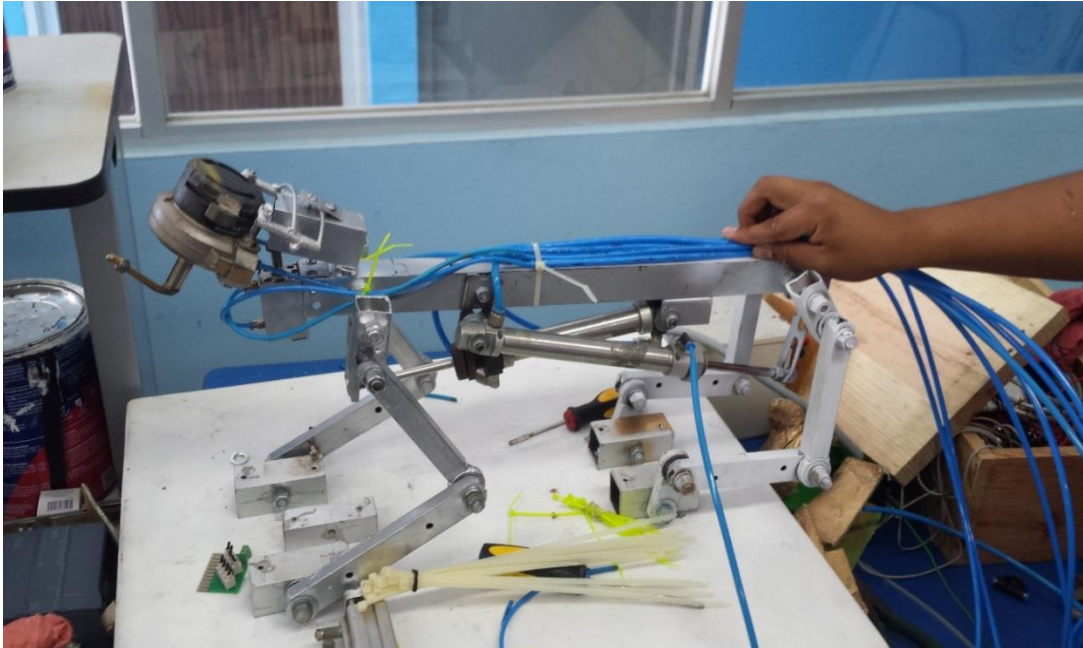


Figura 4.10. Vista del exoesqueleto con todo el sistema neumático

Se observa que se ha conectado el sistema neumático, el cual el flujo de aire será controlado por el conjunto de electroválvulas como se muestra a continuación:



Figura 4.11. Conjunto de electroválvulas.

Por último, se consideró agregar un pistón más a la articulación de las patas delanteras, para poder simular aún mejor los movimientos deseados. Ya que de lo contrario, al tratar de poner al exoesqueleto en posición “parado”, este se venía abajo.

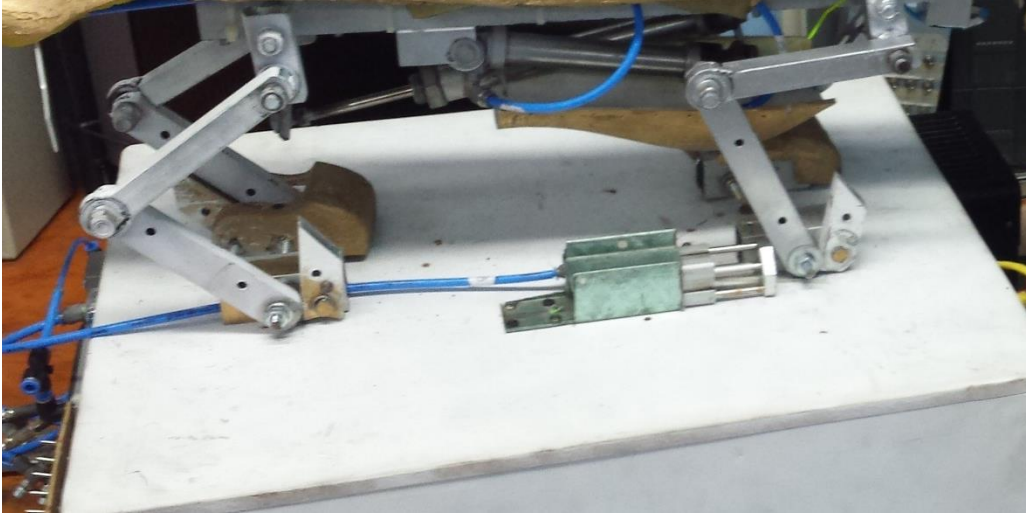


Figura 4.12. Pistón de apoyo

4.4 CUARTA ETAPA: DISEÑO DEL RECUBRIMIENTO CON SOFTWARE CAD (SOLIDWORKS).

Solidworks es un programa asistido por computadora que permite crear modelos mecánicos en 3D. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción, es así como se diseña cada una de las piezas que permitirá recubrir la parte del exoesqueleto del Animatronic. Para el diseño de las piezas se utilizaron operaciones tales como: superficie, planos, recubrimiento, extruir corte, redondeo, simetría.

Descripción de la elaboración de las piezas.

Se abre la plataforma de inicio del programa Solidworks, y se selecciona para crear una pieza.

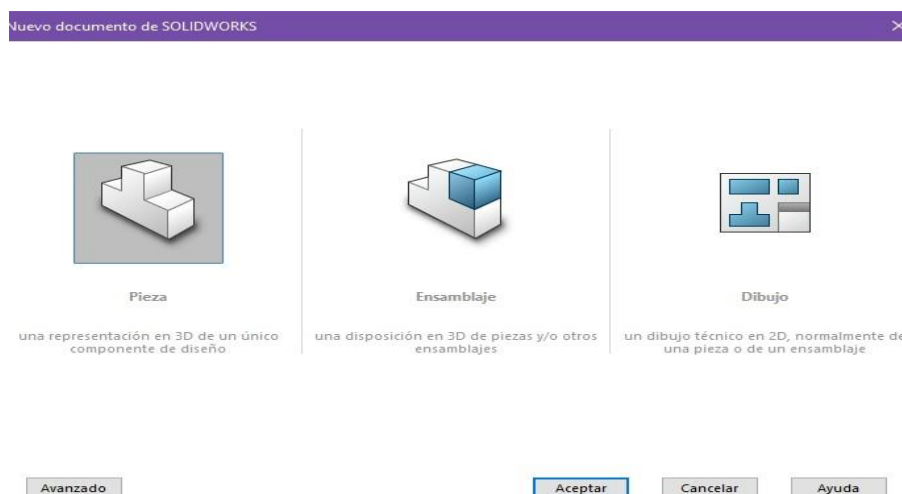


Figura 4.13. Vista de Inicio de solidworks

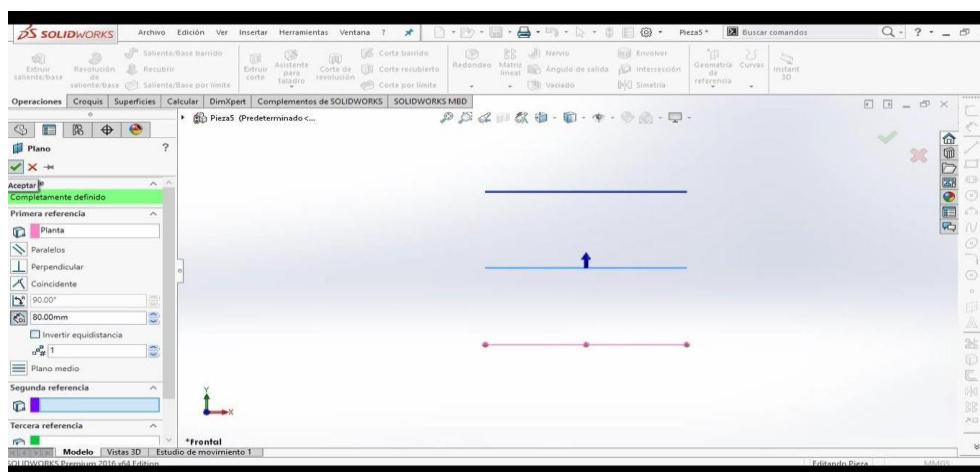


Figura 4.14. Vista de la distancia entre planos.

Se ubican los planos y se crea un croquis en cada uno de ellos para darle moldura a las piezas, con ayuda de insertar rectángulos, arco de 3 puntos, se diseña en cada uno de los

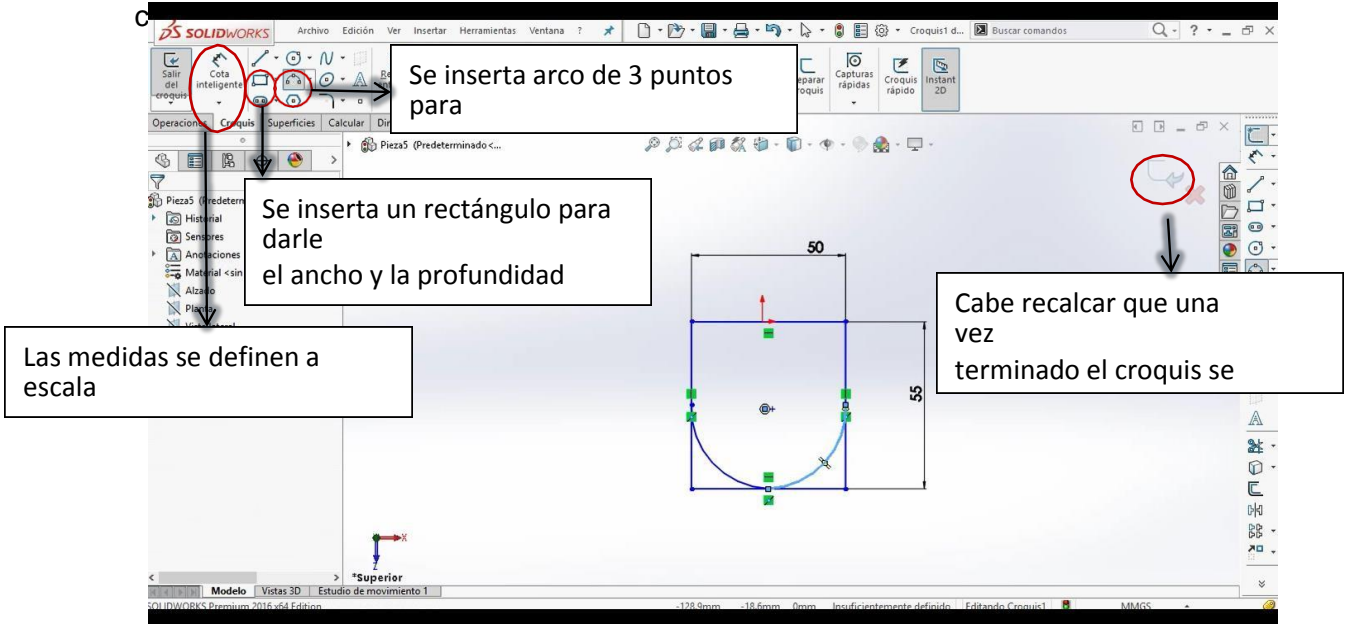


Figura 4.14. Acotación de las figuras.

En cada croquis creado se realiza el mismo procedimiento, insertar rectángulo, arco de 3 puntos, solo se cambiaran las medidas de acuerdo con la escala definida.

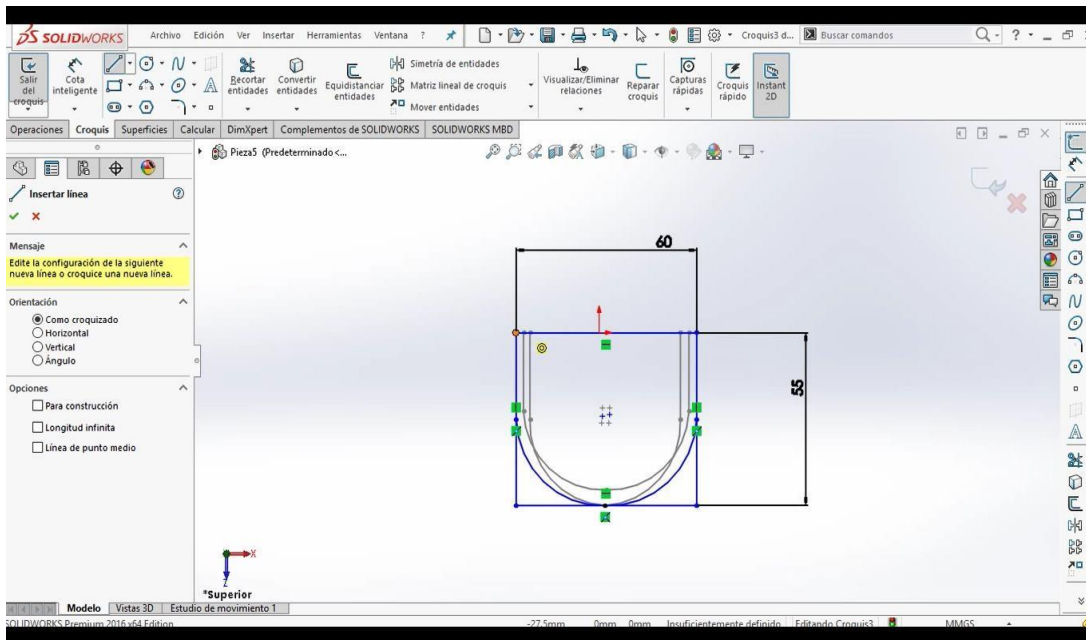


Figura 4.15. Definición de todos los planos.

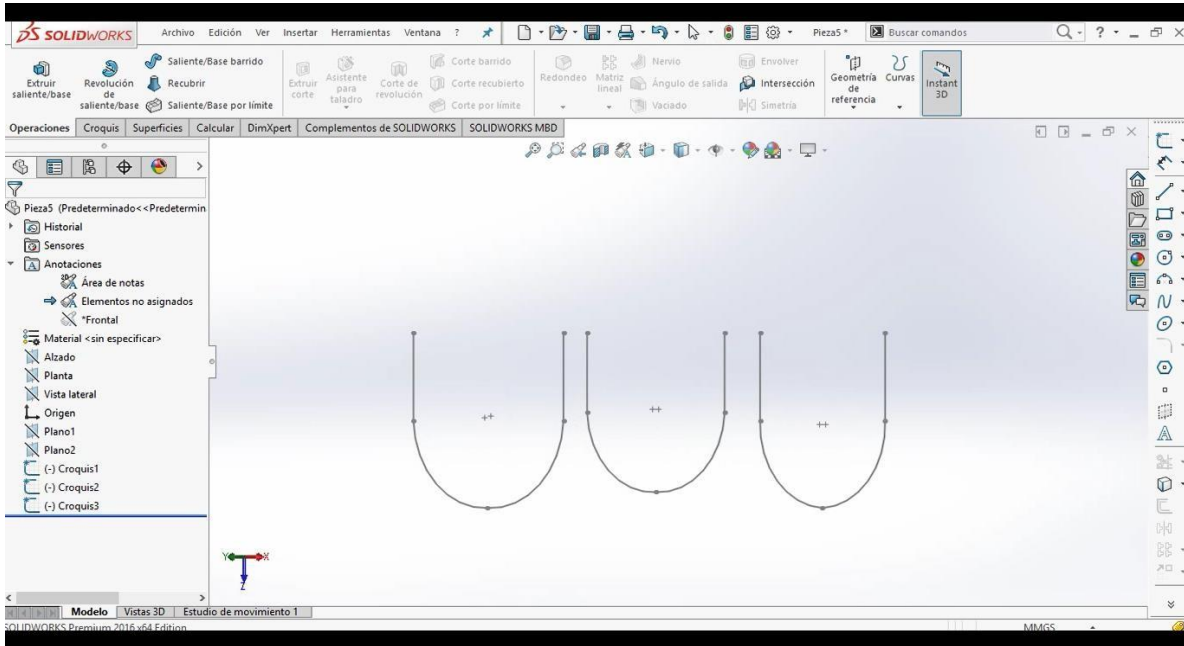


Figura 4.16. Vista terminada de los planos.

Una vez teniendo en cada plano diseñado el contorno de la pieza, se procede hacer un recubrimiento de cada una de ellas.

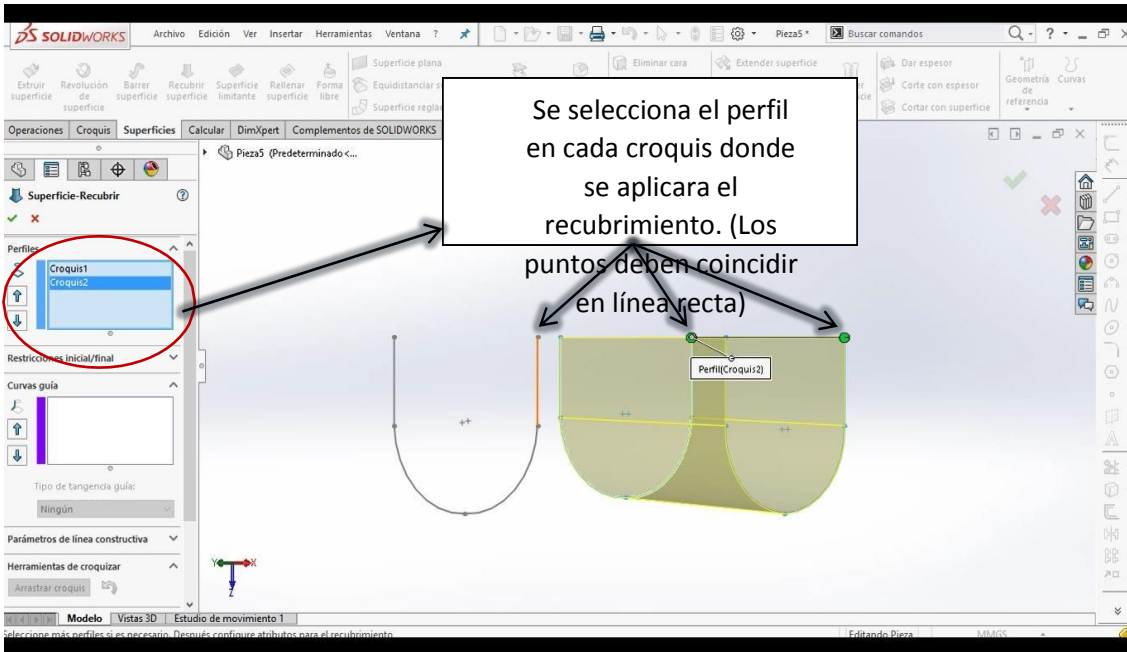


Figura 4.17. Enlace entre superficies punto a punto.

Para ello es necesario ir a superficie y seleccionar recubrir superficie, aunado a esto seleccionar el vértice en el contorno ubicado en cada uno de los planos.

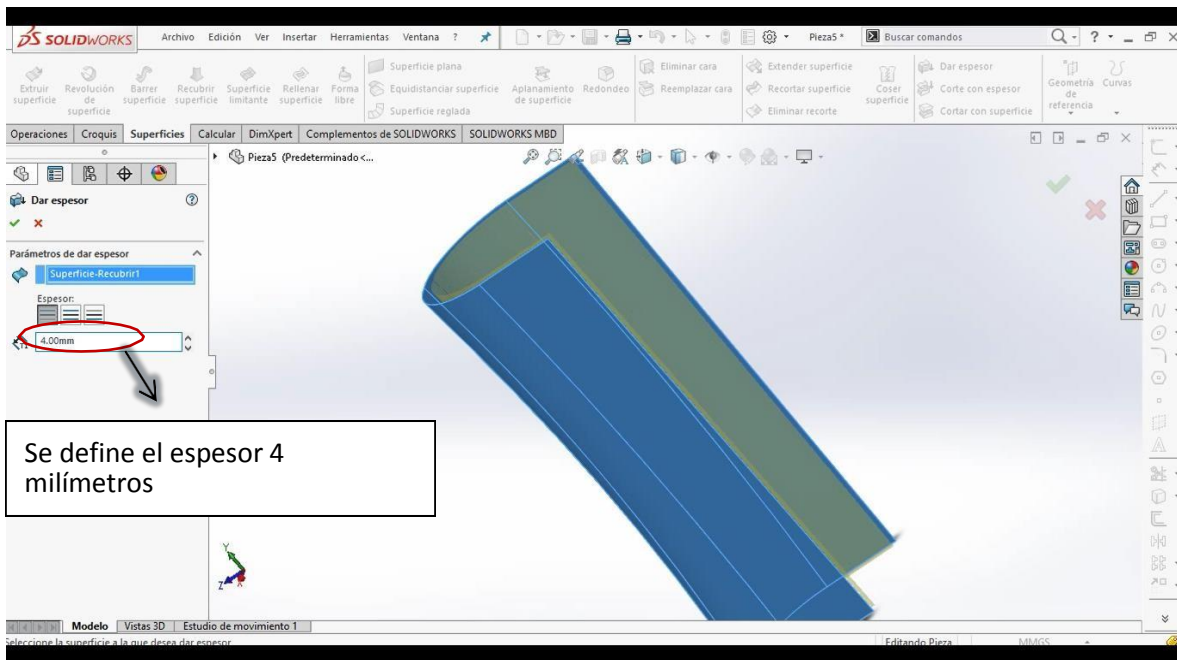


Figura 4.18. Definición del espesor.

Una vez realizado este proceso se selecciona dar espesor como se observa en la figura 4.17 de esa manera se le agrega volumen a la pieza, cabe recalcar que a hora ya se cuenta con una pieza totalmente sólida, solo falta hacer una extracción de corte esto para que permita el movimiento libre del Animatronic.

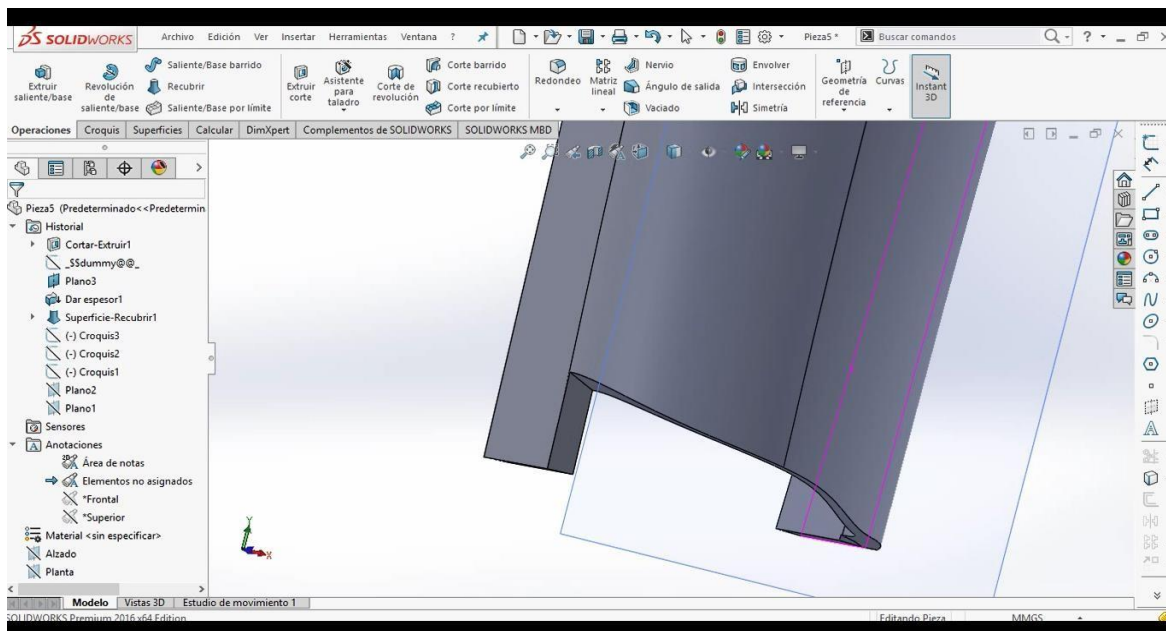


Figura 4.19. Vista del corte realizado por extracción.

El proceso de extruir corte es básicamente crear un plano en la vista donde se requiere hacer el corte, trazar la forma del corte que se quiere realizar y seleccionar extruir corte darle dirección y profundidad, de esa manera se puede obtener el corte deseado en este caso para la movilidad de las piernas.



Figura 4.20. Pieza terminada, diseñada en 3 planos.

Este procedimiento se utilizó para diseñar cada pieza del Animatronic. Tal procedimiento se puede representar en el siguiente diagrama.

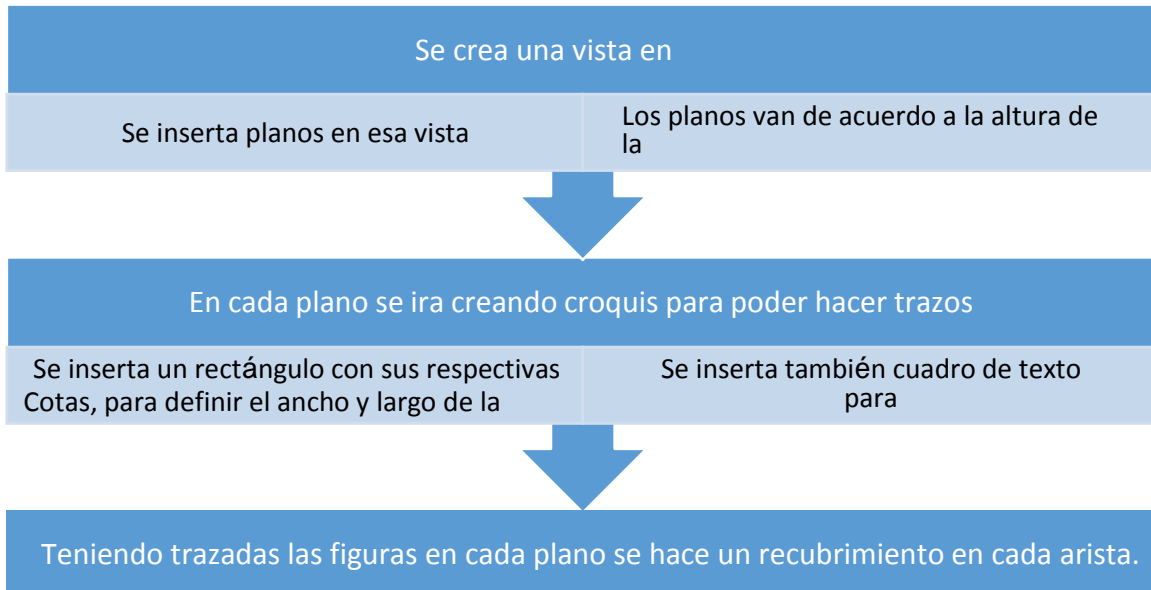


Figura 4.21. Diagrama de flujo para la creación de las piezas.

Se diseñó primeramente con este procedimiento la parte derecha del Animatronic.

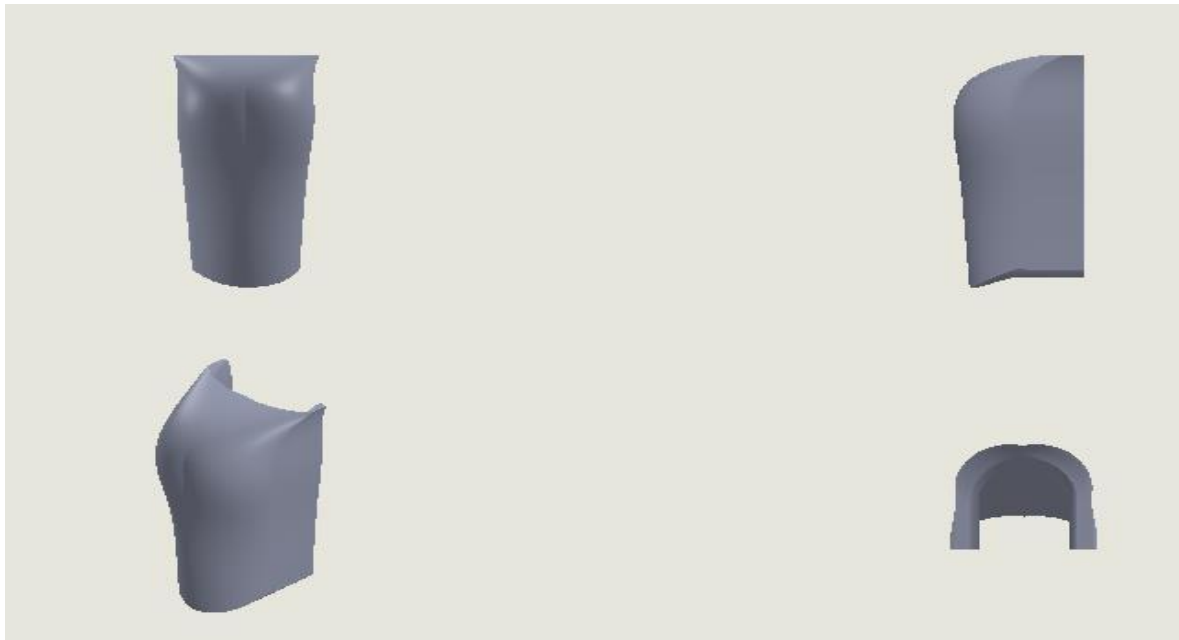


Figura 4.22. Vista isométrica, frontal, lateral y superior del Humeros.

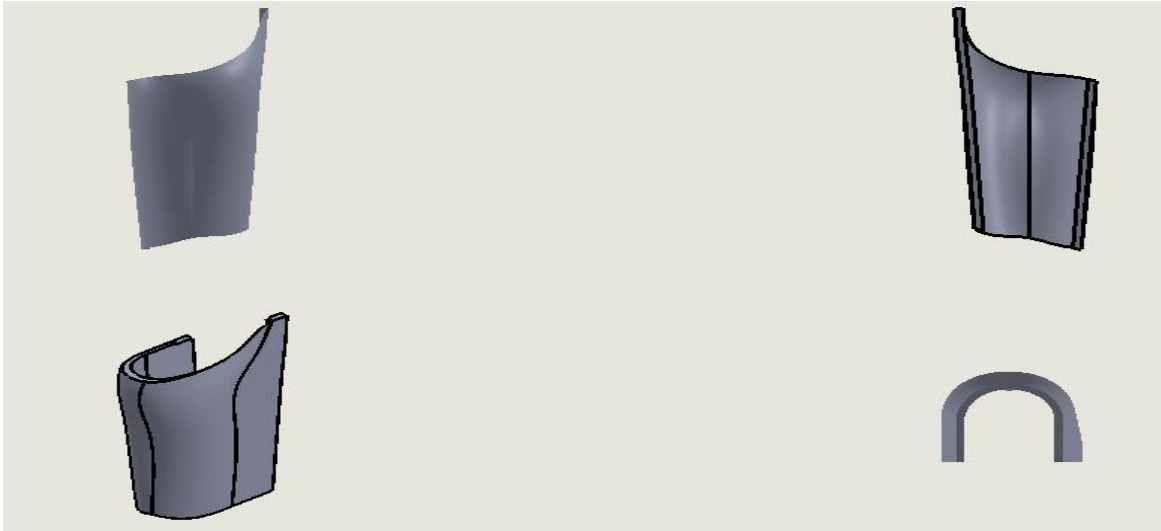


Figura 4.23. Vista isométrica, frontal, lateral y superior del tibia.

Cada una de las piezas es una escala de la parte real del Jaguar, y los cortes que en cada una de ellas se realizaron de tal manera que al ensamblarse tengan la libertad de poder flexionarse de manera adecuada.

Para crear la parte izquierda del Animatronic, se realizó simetría a cada pieza, la simetría hace un espejo de cada pieza para después con un simple corte quedarse con la parte que realmente interesa.

Para ello se seleccionó una vista como referencia para poder aplicar la simetría, la vista alzada ayudara a obtener la parte simétrica de la pieza, y retirar la parte restante en este caso la parte derecha de esa manera quedarse con la parte izquierda que es la que faltaría para recubrir.

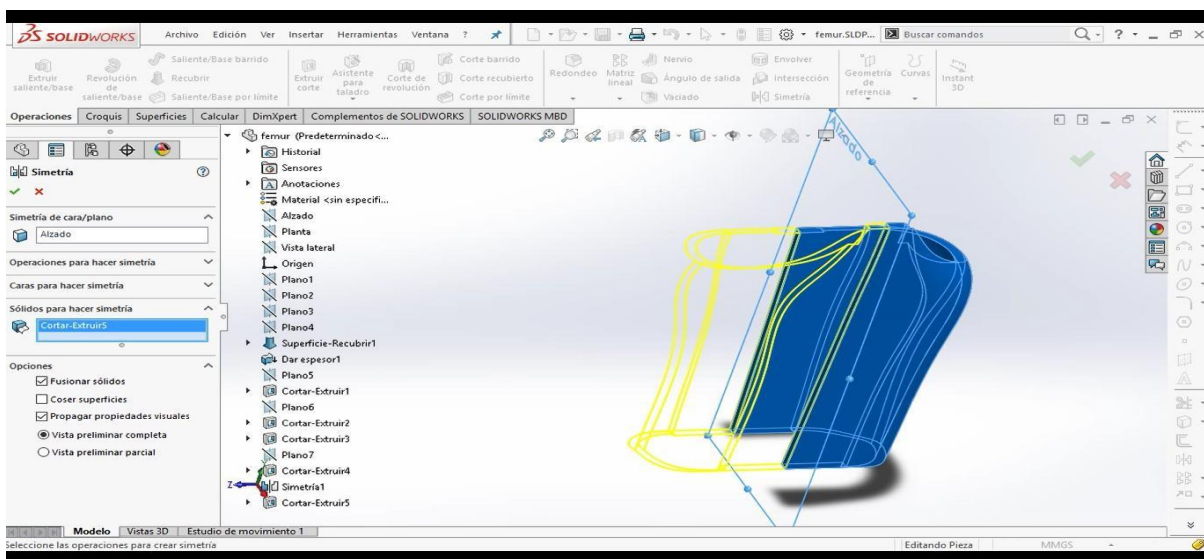


Figura 4.24. Vista previa de la pieza

De esta manera se obtuvieron las piezas para recubrir el exoesqueleto del Animatronic, con el procedimiento descrito en la imagen 4.21. Cabe recalcar que el diseño de cada pieza se hizo a partir de la forma que tiene cada parte del Jaguar, añadiéndole el movimiento que en cada pierna realiza.

Finalmente una vez realizadas las piezas del cuerpo del Animatronic Jaguar se realiza el ensamble final, como se muestra en la figura 4.27

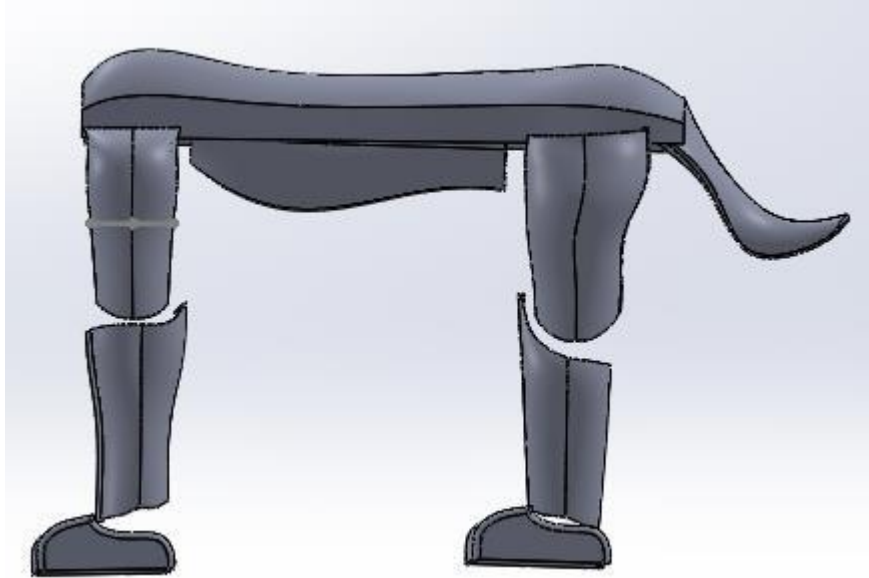


Figura 4.25. Vista del ensamble de las piezas.

4.5 QUINTA ETAPA: IMPRESIÓN 3D DE LAS PIEZAS DISEÑADAS

Para llevar a cabo las impresiones de las piezas, se utilizó la impresora 3D colibrí, es una impresora hecha en México por Market trabaja con su propio software (constructor) que facilita su uso, acepta SSCAR, USB, y COM2, que funciona con el cable USB que tiene incluido, con hoja de acero calibre 14, con una cama de medidas X280 y Y210 mm.

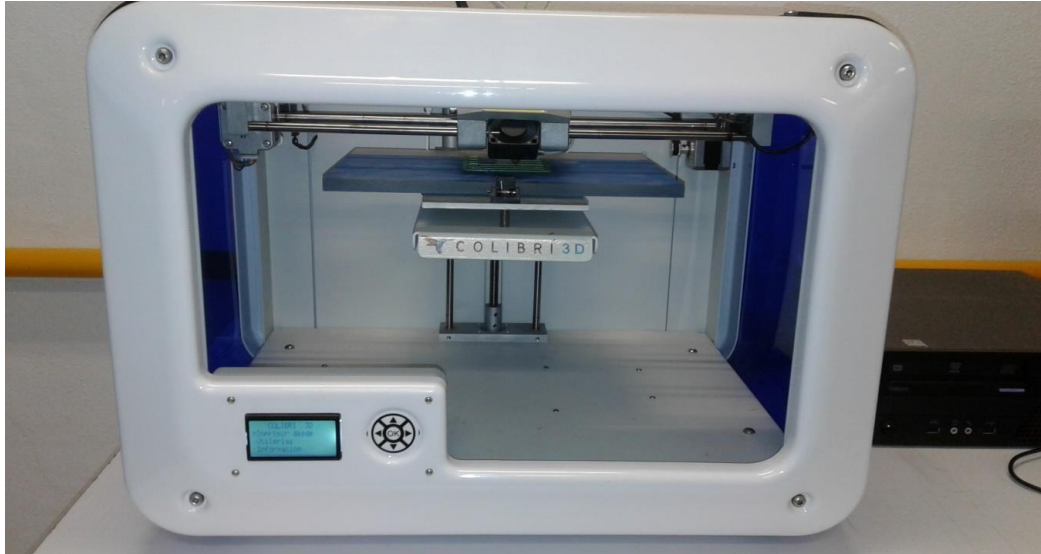


Figura 4.26. Impresora 3D colibrí.

A través del software constructor se inserta el diseño de la pieza y se ubica de tal manera que quede sobre la cama. Se manda a imprimir con una calidad media y un soporte.

El soporte básicamente se indica desde el software debido a que las piezas tienen curvaturas y están diseñadas sin relleno, el soporte entonces ayuda que la pieza pueda tomar su forma adecuada, una vez obtenida la pieza el soporte puede retirarse.



Figura 4.27. Inicio de impresión.

La impresora alcanza una temperatura de 160° para derretir el filamento, comienza básicamente haciendo líneas predeterminadas, marcando también las líneas de soporte, cabe recalcar que las líneas trazadas van de acuerdo a la calidad indicada, es decir a mayor calidad más cantidad de líneas.

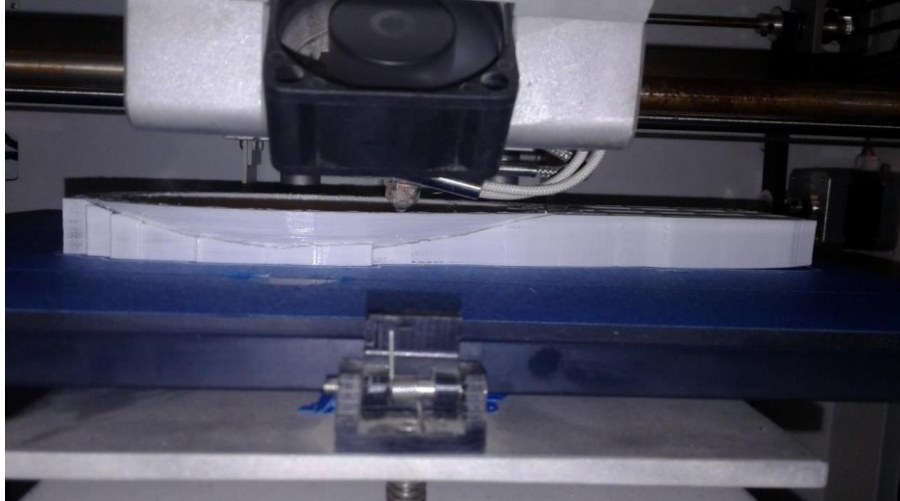


Figura 4.28. Vista lateral del soporte

El tiempo de impresión está de acuerdo al tamaño de la pieza, que variaba de entre 4 a 35 horas. Con un monitoreo constante debido a que al principio de la impresión se necesita calibrar la cama, y ver que realmente este solidificando.

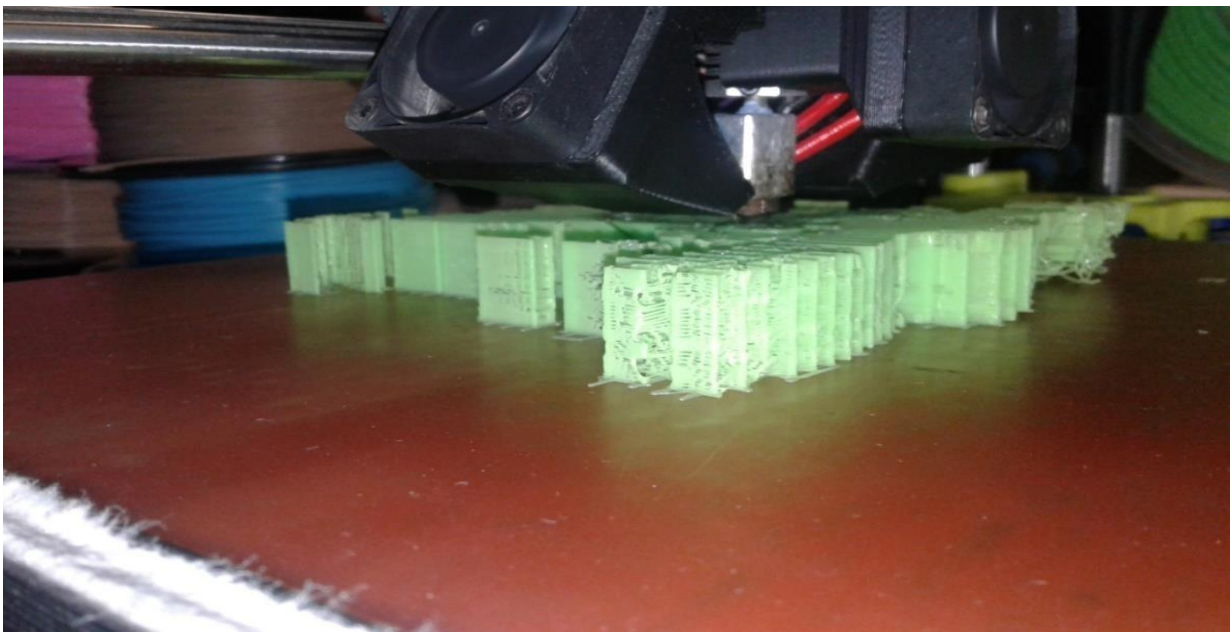


Figura 4.29. Inicio del soporte para la cabeza.

La cabeza llevo un tiempo de 35 horas de impresión, se mandó a imprimir de una manera sólida para que el soporte también lo realizara por dentro. Fabricando un soporte desde la cama hasta la parte de las orejas, realizando también un soporte desde cama para la parte de los bigotes.

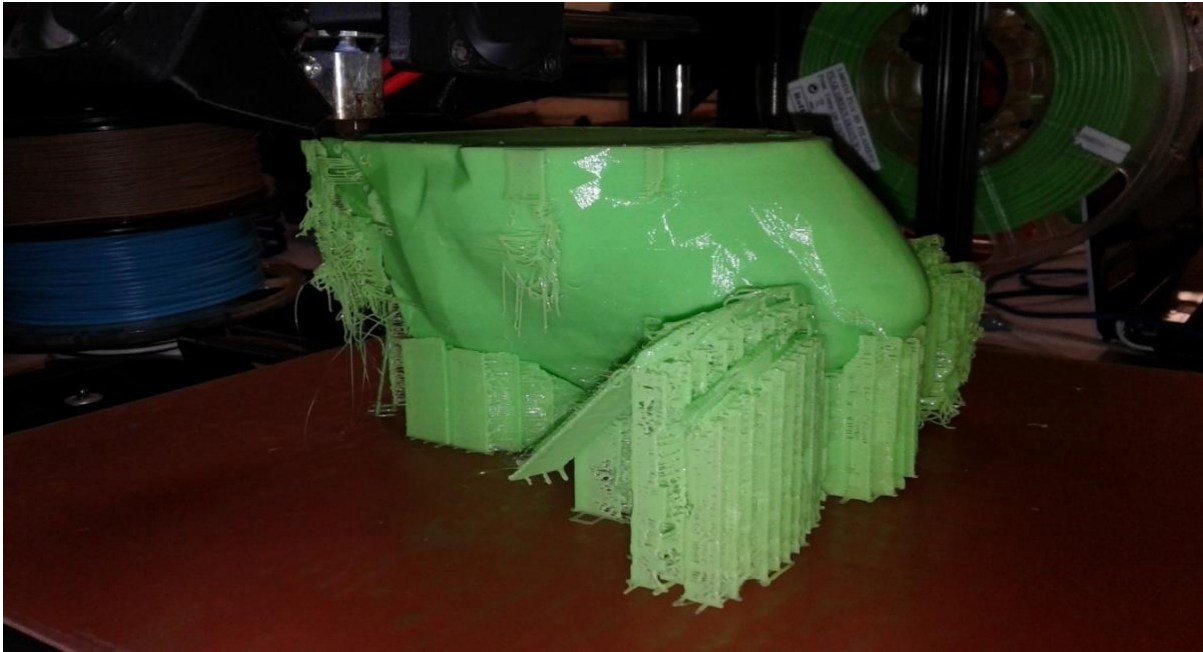


Figura 4.30. Proceso de impresión.

Con medidas de 13cm en X, 15 cm en Y, 15.60 cm en Z, la cabeza fue la pieza que más tiempo de impresión.



Figura 4.31. Impresión de la cabeza terminada

Una vez terminada la impresión se retiraron los soportes, tanto los que se hicieron por fuera así como los soportes que por dentro se realizaron.

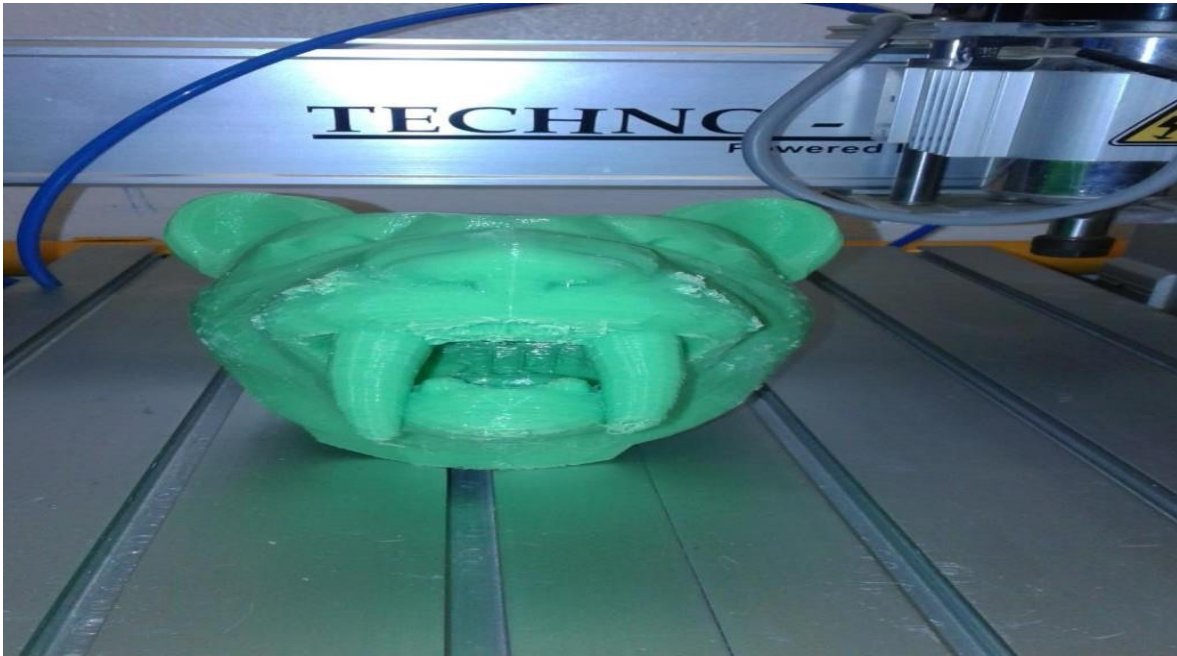


Figura 4.32. Cabeza lijada y vaciada

Los bigotes también se retiraron debido a que eran muy delgados y en el momento de retirar la parte del soporte no lograban quedar sujetos.



Figura 4.33. Recubrimiento de las piezas.



Figura 4.34. Pieza lijada.

Después de haber aplicado la pasta se esperó 5 minutos para poder lijarla y así obtener una mejor textura.

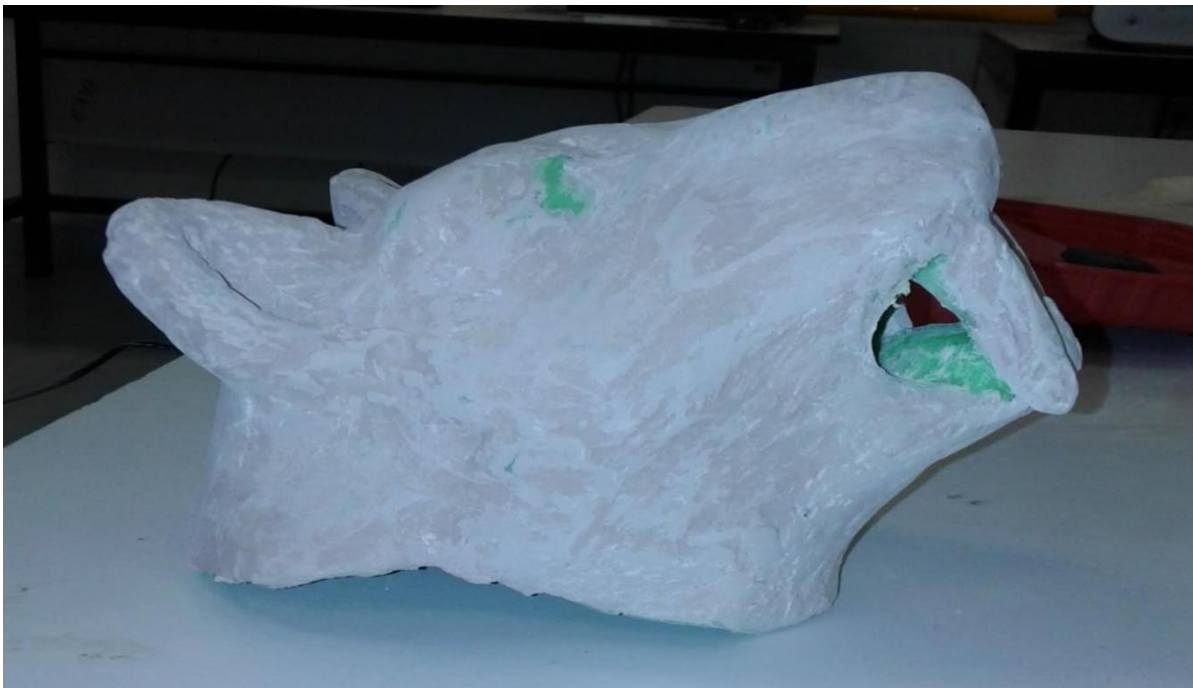


Figura 4.35. Cabeza lijada

Este procedimiento se realizó con todas las piezas.



Figura 4.36. Aplicación del de esmalte dorado antiguo para darle el color adecuado.

4.6 SEXTA ETAPA: ENSAMBLAJE DE LAS PIEZAS Y FORRADO.



Figura 4.37. Ensamblaje de la cabeza y del lomo

El proceso de ensamblaje de cada pieza impresa en su respectivo sitio para el que fue diseñado. Básicamente se llevó a cabo atornillándolos a distintos espárragos, quienes eran los encargados de darle la altura adecuada a las piezas dependiendo de su función.



Figura 4.38. Un ejemplo del ensamblaje de las piezas impresas, en este caso el abdomen.



Figura 4.39. Vista completa del ensamblado de las piezas impresas.

Por último se agregó un forro a base de tela para darle una apariencia más realista, esta se fijó mediante un pegamento extrafuerte.



Figura 4.40. Forrado de las patas traseras.



Figura 4.41. Forrado de espalda, patas y cabeza



Figura 4.42. Vista del forrado de la cola del jaguar.

Por último se agregó una tela en color verde sobre la base para simular el pasto.



Figura 4.43. Vista lateral del Animatronic Jaguar

4.7 SÉPTIMA ETAPA: AUTOMATIZACIÓN DEL ANIMATRONIC

El animatronic del jaguar cuenta con cuatro posiciones básicas: levantado, acostado, sentado y agazapado. Para cada posición se requiere la acción de dos pistones colocados en la parte delantera y trasera del animatronic, lo cual nos da hasta cuatro combinaciones posibles entre los dos (de ahí las cuatro posiciones básicas).

Sistema de control manual y automático por interruptores

El objetivo de este juego de interruptores es enviar señales de control hacia el PLC, que posteriormente las procesara y accionara los pistones correspondientes para efectuar el movimiento programado.

La programación consta de dos modalidades: el modo manual y el modo automático.

En el modo manual a cada interruptor se le asignó una salida del PLC que posteriormente este accionaria una electroválvula y por lo consiguiente el pistón asignado. Como se muestra en la siguiente tabla.

Interruptor	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
Salida del PLC	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7
Pistón	A1	A2	B1	B2	C	D	E1	E2

Tabla 4.1

La función de este modo es sencilla, por cada interruptor accionado se activara el pistón asignado a este. Entonces si combinamos la activación de varios interruptores podemos realizar movimientos coordinados

En el siguiente diagrama se muestra la asignación de los interruptores así como de las electroválvulas.

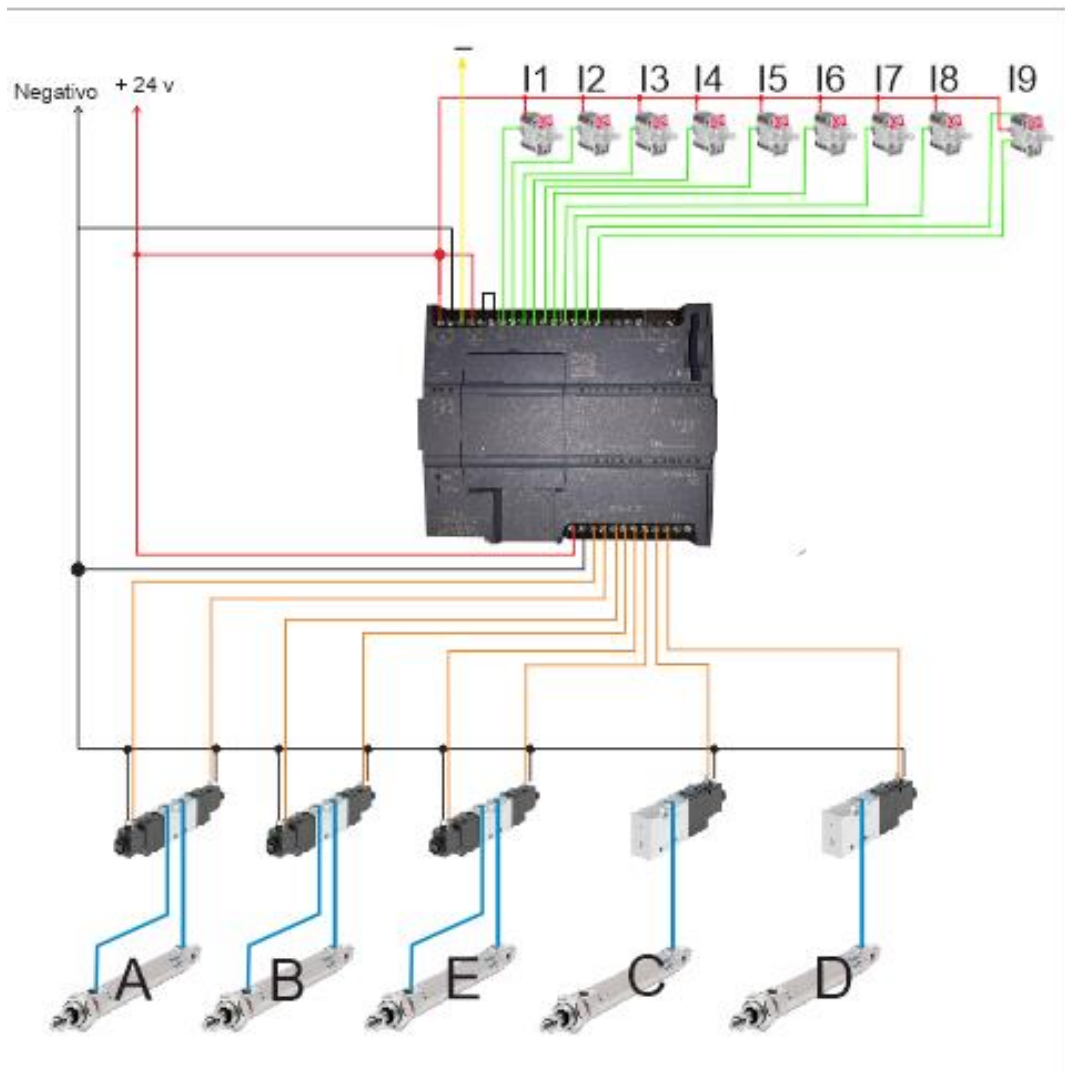


Figura 4.44 Diagrama de conexiones eléctricas

El interruptor I9 está designado para el cambio entre los modos manuales y automático.

En la siguiente figura se muestra el diagrama neumático conformado por los 5 pistones los cuales los pistones asignados A, B y E son de doble efecto los cuales son accionados por electroválvulas biestables. Los pistones C y D son pistones de efecto simple los cuales son activados por electroválvulas monoestables.

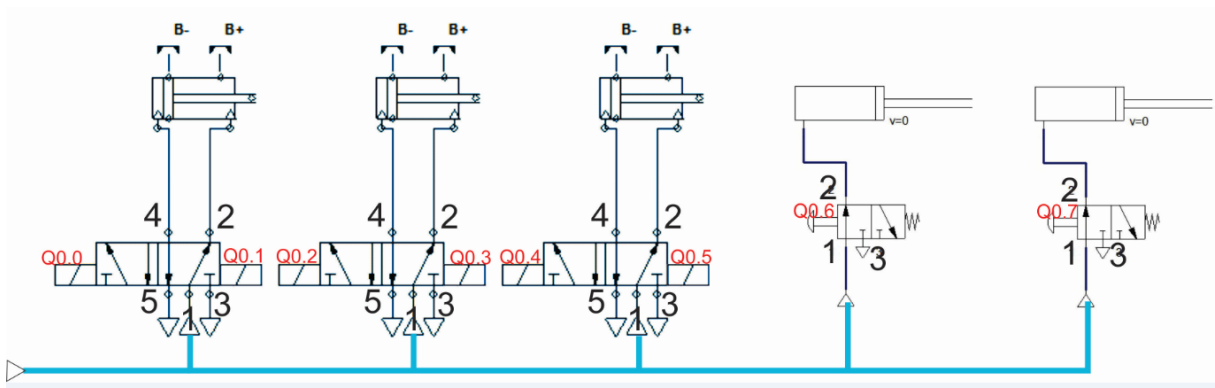


Figura 4.45 Diagrama Neumático

Programación de movimientos mediante TIA Portal

La programación de cada una de las posiciones se realizó mediante funciones para que las posiciones pudieran efectuarse independientemente del estado anterior, esto haría de la programación un procedimiento más sencillo.

Para crear estas funciones en el TIA Portal se tuvieron que seguir los siguientes pasos:

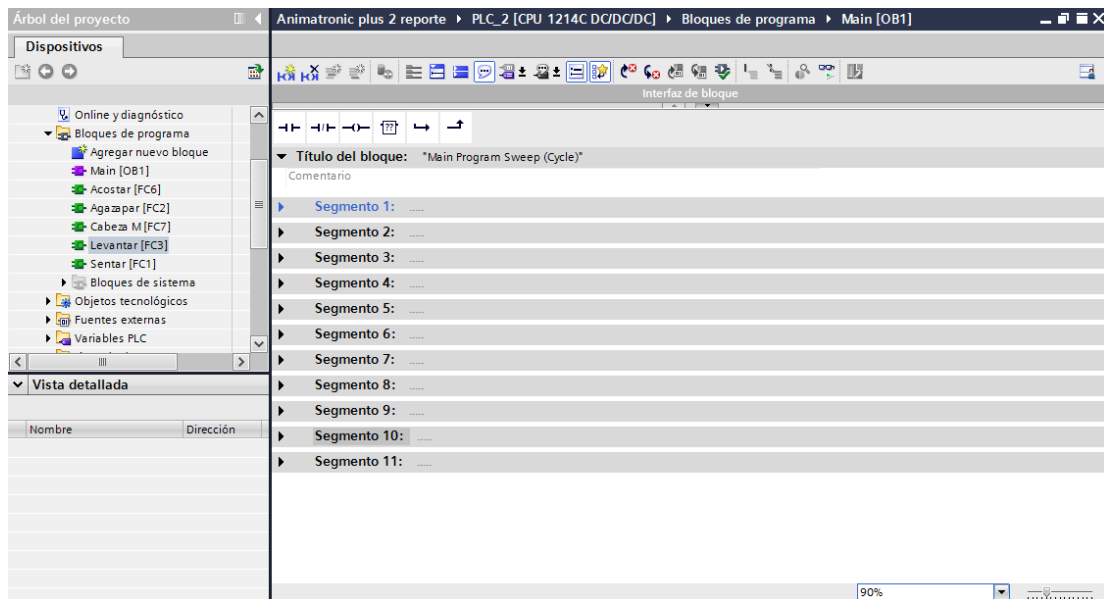


Figura 4.46 Interfaz de TIA Portal

En la interfaz como se muestra en la figura 4.2 se deben de hacer clic en la opción de “Agregar nuevo bloque” y aparecerá la siguiente ventana:

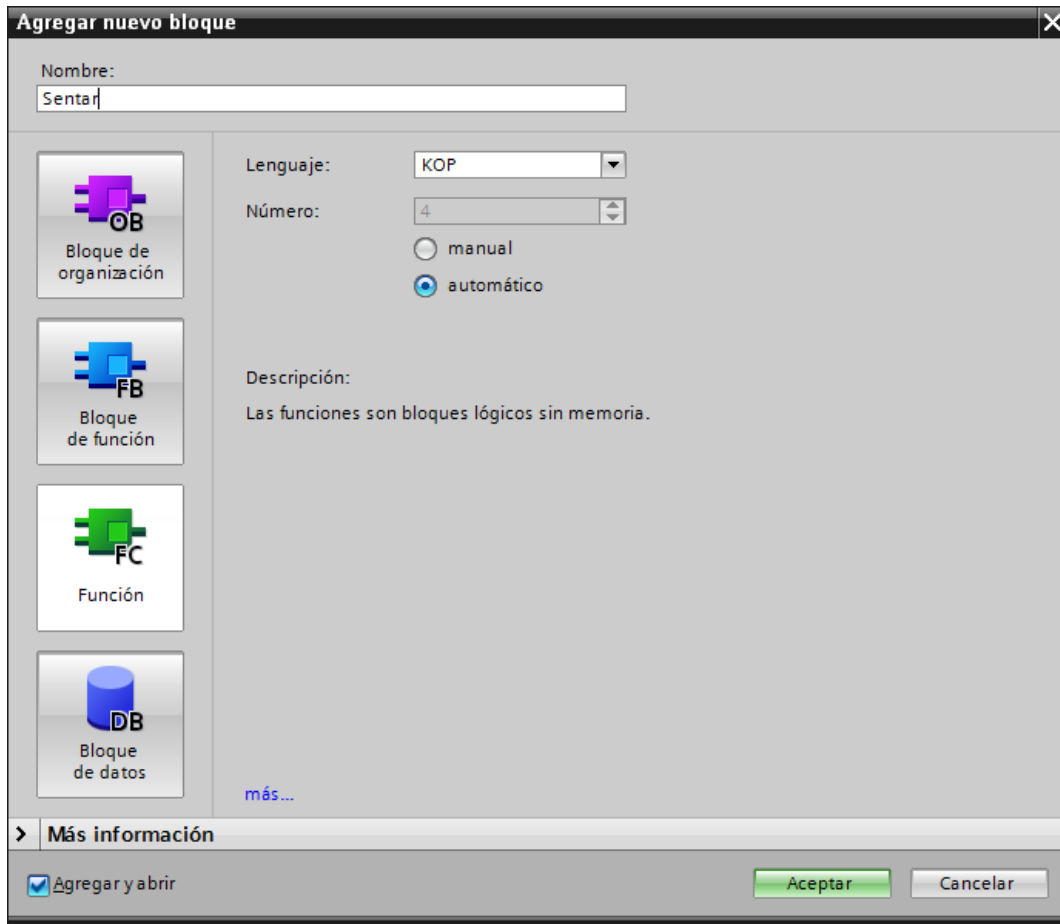


Figura 4.47 Ventana para agregar nuevo bloque

En esta nueva ventana se tiene que seleccionar el botón de Función (FC) y a continuación nombrar la función y después dar clic en “aceptar”.

Ya en el nuevo bloque creado se procede a programarlo:

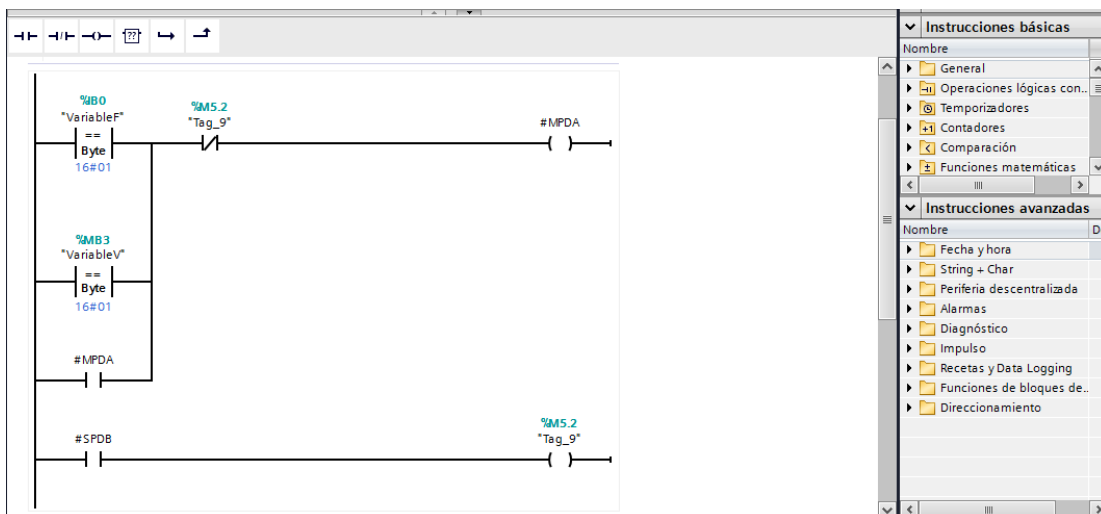


Figura 4.48 Bloque de función para programar

Como se puede observar en la figura 4.3 los relevadores y las salidas se encuentran en la parte de arriba de la escalera y, para poder insertar esos relevadores de comparación que se encuentran al inicio de la función, se encuentra una opción en la esquina superior derecha llamada "Comparación", se selecciona la operación de "igual" y se arrastra hacia la programación de escalera. Y de esta manera se fueron programando los bloques de función así como el programa principal del animatronic.

Para activar cualquiera de las cuatro posiciones básicas se tuvieron en cuenta dos activadores: uno físico y otro virtual. Por lo tanto, en la programación de cada función se programó dos medios diferentes para su activación, a continuación, una imagen donde se presenta la estructura de una posición.

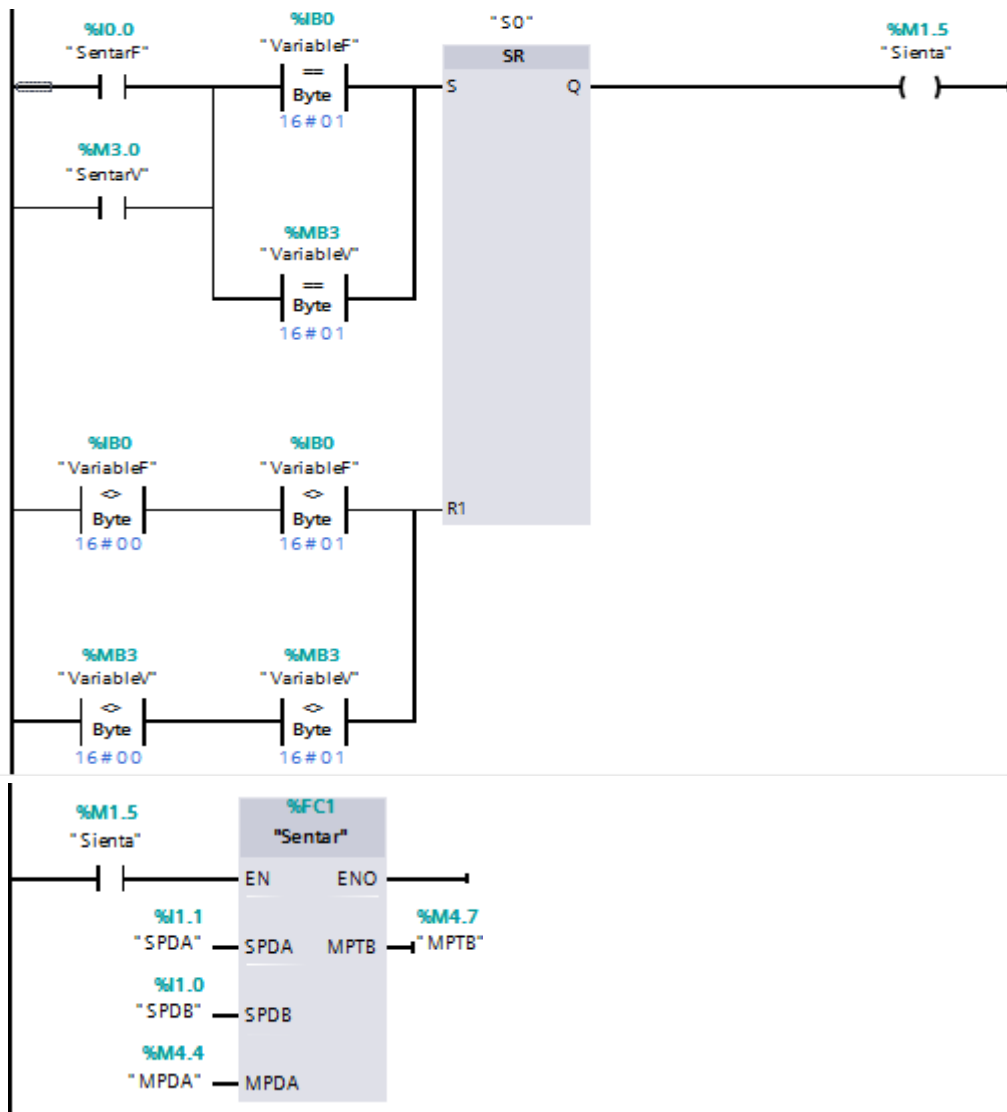


Figura 4.49 Estructura básica del accionar de una posición

Como se puede observar en la imagen el accionar de una posición consta en total de: tres contactos normalmente abiertos, seis operaciones de comparación, un bloque de set/reset, una salida y la función que se va a realizar.

En el caso de la acción de “sentar” podemos ver al principio los dos botones de activación (el físico y el virtual), al ser presionado cualquiera de estos dos inmediatamente el bloque entra en el modo “set” lo cual provoca que la salida adquiera el valor lógico “1” y, por consecuencia, se cierra el contacto normalmente abierto de la parte baja de la estructura y a su vez activa la función de “levantar”. Esta estructura se repite en cada una de las cuatro acciones básicas.

En el anexo “A” se muestran las imagenes con todas las variables que se utilizaron en el PLC, desde las más representativas del programa hasta las que sirvieron única y exclusivamente para llevar a cabo ciertas operaciones del programa.

Una vez que se asignaron las variables en el PLC, se llevo a cabo la programación de cada uno de los movimientos establecidos del animatronic, para ello se muestra un diagrama de flujo que explica el comportamiento de la automatización del sistema. como se muestra a continuación.

Comportamiento de programacion en modo manual.

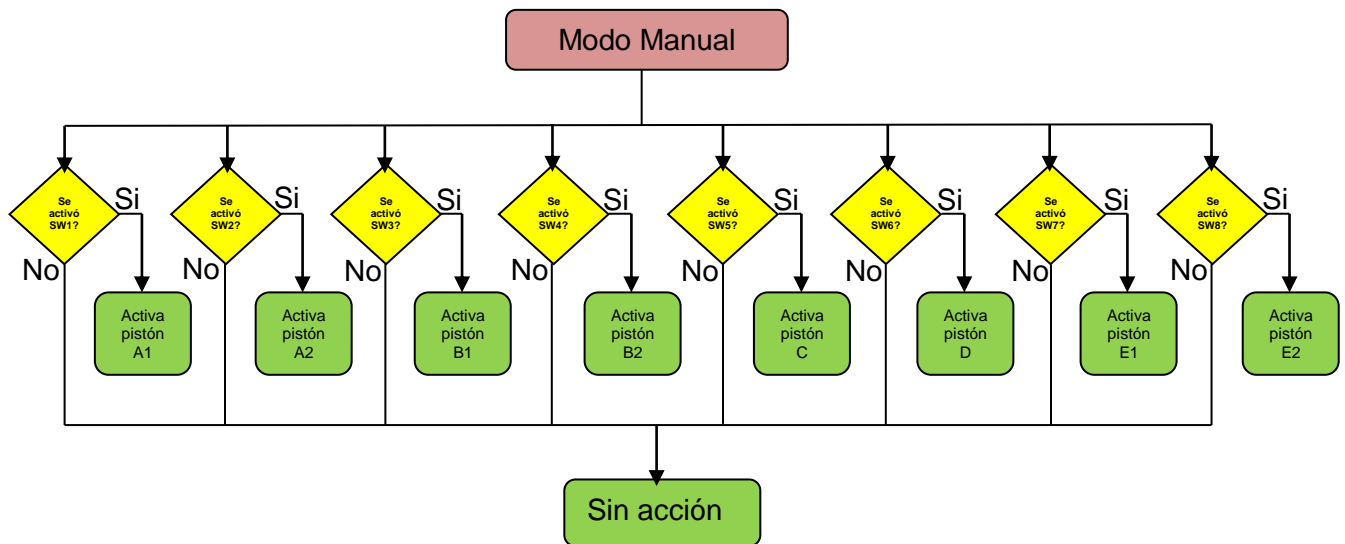


Figura 4.50 Diagrama de flujo de la programación en modo manual

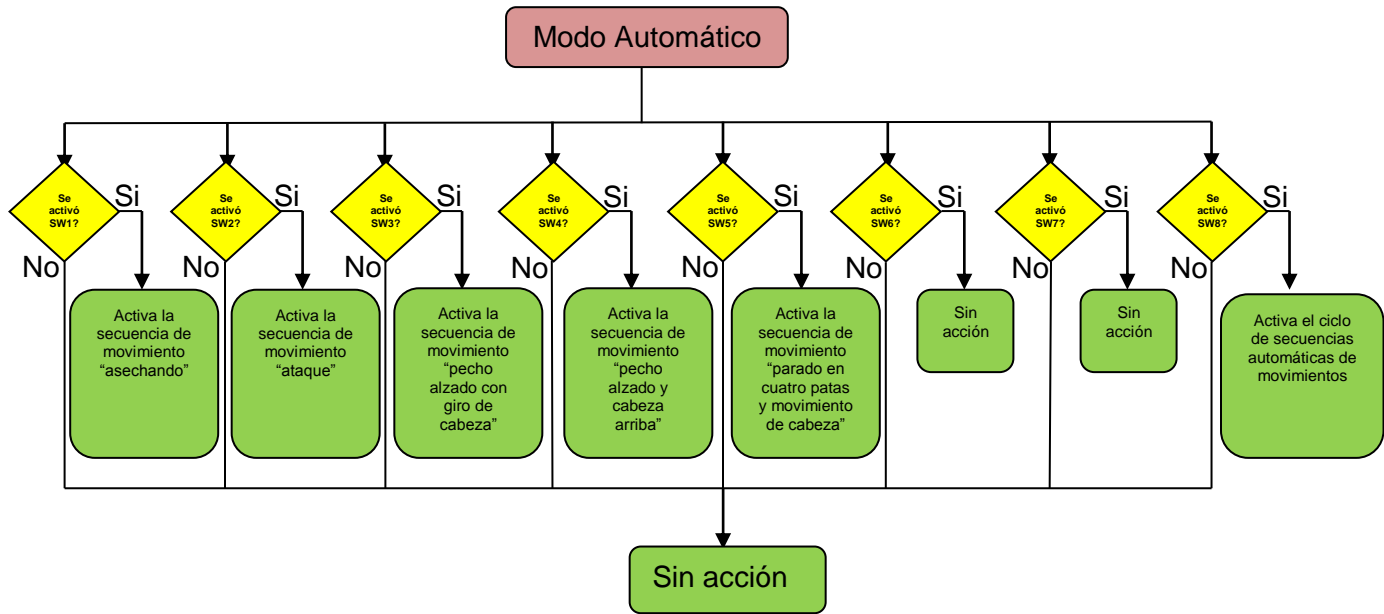


Figura 4.50 Diagrama de flujo de la programación en modo automático

En el anexo B, se muestra más detalladamente los bloques de programación para cada uno de los movimientos controlados mediante el PLC.

CAPÍTULO V RESULTADOS

En base a todos los pasos con anterioridad se cubrieron todos los movimientos que se plantearon y el Animatronic responde correctamente a todos los movimientos para el que fue programado.

Este Animatronic se colocó sobre una pequeña caja de madera en la cual está incluida la parte de control del sistema neumático que dieron movimiento al Jaguar. Se le colocó musgo natural para un mejor aspecto y naturalidad, al igual que el cuerpo y cara se pintaron con colores característicos de la especie.

Además efectuó todos los comandos que estaban planeados que hiciera, la parte negativa fue que debido a problemas en el diseño mecánico del animatronic, algunos movimientos (como los de las patas delanteras) se realizaban a un ritmo demasiado lento (al momento de agacharse).

El Animatronic será usado para promocionar la especialidad de Mecatrónica de la carrera de Ingeniería en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por lo cual resulta sumamente satisfactorio el aporte a la comunidad, al ser el primer Animatronic de la carrera en ser implementado en la institución.

Hay mejoras que pueden considerarse a un pequeño, mediano y largo plazo en el proyecto, pero este recorrido sienta las bases de lo que podría ser la expansión de la especialidad en nuestra comunidad, exhortando a los alumnos a comprometerse con su desarrollo estudiantil y profesional y respetando los diferentes perfiles de egreso que un Ingeniero en Mecatrónica necesita al final de su vida académica.



Figura 5.1 Animatronic en la posición de ataque y cabeza hacia la izquierda



Figura 5.2 Animatronic en la posición de parado en cuatro patas y cabeza hacia la derecha



Figura 5.3 Animatronic en posición de agazapado (se puede observar el pistón trasero alzado)



Figura 5.4 Animatronic en posición de acostad

CONCLUSIONES

Al inicio del proyecto, se enumeraron diversos objetivos a cubrirse durante la Residencia Profesional los cuales lograron llevarse a cabo.

Algo que se tuvo claro desde el inicio del proceso, fue que se carecía parte de conocimientos, por ejemplo modelado 3D, diseño mecánico, para ser partícipes de un proyecto de esta índole, pero con actitud proactiva, trabajo en equipo y constancia se lograron obtener dichos conocimientos y llevara a buen término esta residencia.

Se logró desarrollar un animatronic Jaguar con las siguientes características: se desarrolló un animatronic a escala 1:3, con movimiento lateral y vertical en el cuello, así como el movimiento vertical en las piernas. Además se desarrolló un nivel de dominio intermedio en el software Solidworks, utilizando las técnicas de superficies y ensamblés.

Igualmente se obtuvo la experiencia de trabajar con manufactura aditiva al realizar el diseño del exoesqueleto y el recubrimiento mediante impresión 3D y se integró un sistema de control automatizado mediante un sistema lógico programable (PLC).

La visión que se tenía, ahora tiene cambios significativos debidos en gran manera al conocer otra parte de la Electrónica y Mecatrónica, la cuál será útil para nuestra vida profesional.

Se sugiere dar continuidad a este proyecto para generar una línea de desarrollo en la parte de robótica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] ASTUDILLO, C Y LOPEZ, H. (2012). El cine y la tecnología: Animatronics. Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional.
- [2] <http://amrproducciones.blogspot.mx/2013/03/animatronics.html>
- [3] Fernández, E. (2013). El cine y la tecnología: Animatronics. Neoteo. Available <http://www.neoteo.com/el-cine-y-la-tecnologia-animatronics>
- [4] Hernández, C. (2012). Animatrónica, una aproximación a partir de su diseño y construcción. Licenciatura. San Buenaventura University.
- [5] <http://www.stratasys.com/mx/materiales>
- [6] <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/72584-manufactura-3d-retos-y-tendencias>
- [7] <http://www.stratasys.com/mx/impresoras-3d/technologies/fdm-technology>
- [8] <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>
- [9] https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/plm/cad.shtml
- [10] CAD/ diseño asistido por computadora consultado de https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/plm/cad.shtml
- [11] Solidworks consultado de <http://www.solidworks.es/>
- [12] <https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Software-para-la-ingenieria-de-materiales-compuestos-FiberSIM-83632.html>
- [13] Información general de NX consultado de https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/products/nx/for-design/
- [14] <http://www.softwareseleccion.com/seat+design+environment+sde-p-2897>
- [15] Solid Edge Overview Brochure consultado de https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/products/solid-edge/
- [16] <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Software-para-la-produccion-de-aviones-SyncroFIT-83633.html>
- [17] <http://www.solidworks.es/sw/products/3d-cad/advanced-surface-design.htm>
- [18] Diseño gráfico en 3D consultado de <http://www.horizonteweb.com/biblio/disenio3d.htm>
- [19] Impresión 3D consultado de <http://www.r3ald.com/que-es-la-impresion-3d>
- [20] Huntington, J. (2007). *Control Systems for Live Entertainment*. Focal Press.
- [21] Wesner, J. W. (2014). *Entertainment Engineering*. ETC Press 2013.

[22] <http://www.barrameda.com.ar/animales/jaguar.htm>
Antecedente

[1] Fernández, E. (10 de Agosto de 2013). *Neoteo*. Obtenido de <http://www.neoteo.com/el-cine-y-la-tecnologia-animatronics>

[2] Jacko, J. A. (2011). *Human-Computer Interaction: Interaction Techniques and Environments*. Orlando, Florida: Springer.

ANEXOS

Anexo A

Variables del PLC

En la siguiente tabla se encuentran los nombres de las variables, su tipo de dato, su accesibilidad y visibilidad en una HMI y la descripción de cada una de ellas.

Nombre	Path	Data Type	Logical Addr	Hmi Visible	Hmi Accessible	Descripción
SentarF	Tabla de vari	Bool	%I0.0	True	True	Botón físico para "sentar"
AgazaparF	Tabla de vari	Bool	%I0.1	True	True	Botón físico para "agazapar"
LevantarF	Tabla de vari	Bool	%I0.2	True	True	Botón físico para "levantar"
AcostarF	Tabla de vari	Bool	%I0.3	True	True	Botón físico para "acostar"
CabezaM	Tabla de vari	Bool	%I0.4	True	True	Botón físico para "cabeza en medio"
SPDB	Tabla de vari	Bool	%I1.0	True	True	Sensor que detecta posición B del pistón delantero
SPDA	Tabla de vari	Bool	%I1.1	True	True	Sensor que detecta posición A del pistón delantero
Rugido	Tabla de vari	Bool	%I1.2	True	True	Sensor que activa el rugido
VariableF	Tabla de vari	Byte	%IB0	True	True	Variable que monitorea el estado de los botones físicos
PDA	Tabla de vari	Bool	%Q0.1	True	True	Salida para la extensión del pistón delantero
PDB	Tabla de vari	Bool	%Q0.2	True	True	Salida para la contracción del pistón delantero
PTA	Tabla de vari	Bool	%Q0.3	True	True	Salida para la extensión del pistón trasero
PTB	Tabla de vari	Bool	%Q0.4	True	True	Salida para la contracción del pistón trasero
CD	Tabla de vari	Bool	%Q0.5	True	True	Salida para mover la cabeza a la derecha
CI	Tabla de vari	Bool	%Q0.6	True	True	Salida para mover la caveza a la izquierda
CB	Tabla de vari	Bool	%Q0.7	True	True	Salida para mover el cuello hacia abajo
CA	Tabla de vari	Bool	%Q1.0	True	True	Salida para mover el cuello hacia arriba
Levanta C	Tabla de vari	Bool	%M1.0	True	True	Marca para activar la función "levantar"
Cabeza	Tabla de vari	Bool	%M1.1	True	True	Marca para activar la función "cabeza en medio"
Agacha C	Tabla de vari	Bool	%M1.2	True	True	Marca para activar la función "acostar"
Levanta A	Tabla de vari	Bool	%M1.3	True	True	Marca para activar la función "agazapar"
Levanta	Tabla de vari	Bool	%M1.4	True	True	Marca para activar la función "sentar"
S0	Tabla de vari	Bool	%M2.0	True	True	Bloque set/reset
S1	Tabla de vari	Bool	%M2.1	True	True	Bloque set/reset
S2	Tabla de vari	Bool	%M2.2	True	True	Bloque set/reset
S3	Tabla de vari	Bool	%M2.3	True	True	Bloque set/reset
S4	Tabla de vari	Bool	%M2.4	True	True	Bloque set/reset
SentarV	Tabla de vari	Bool	%M3.0	True	True	Botón virtual para "sentar"
AgazaparV	Tabla de vari	Bool	%M3.1	True	True	Botón virtual para "agazapar"
LevantarV	Tabla de vari	Bool	%M3.2	True	True	Botón virtual para "levantar"

AcostarV	Tabla de vari	Bool	%M3.3	True	True		Botón virtual para "acostar"			
CabezaMV	Tabla de vari	Bool	%M3.4	True	True		Botón virtual para "cabeza en medio"			
Cabeza D	Tabla de vari	Bool	%M4.0	True	True		Botón virtual para mover la cabeza a la derecha			
Cabeza I	Tabla de vari	Bool	%M4.1	True	True		Botón virtual para mover la cabeza a la izquierda			
VariableV	Tabla de vari	Byte	%MB3	True	True		Variable que monitorea el estado de los botones virtuales			
MPDA	Tabla de vari	Bool	%M4.4	True	True		Marca que activa la extensión del pistón delantero			
MPDB	Tabla de vari	Bool	%M4.5	True	True		Marca que activa la contracción del pistón delantero			
MPTA	Tabla de vari	Bool	%M4.6	True	True		Marca que activa la extensión del pistón trasero			
MPTB	Tabla de vari	Bool	%M4.7	True	True		Marca que activa la contracción del pistón trasero			
MD	Tabla de vari	Bool	%M4.2	True	True		Marca que guarda un estado cuando la cabeza se mueve a la derecha			
MI	Tabla de vari	Bool	%M4.3	True	True		Marca que guarda un estado cuando la cabeza se mueve a la izquierda			
Rugido M	Tabla de vari	Bool	%M5.1	True	True		Marca que activa el rugido			
Cuello	Tabla de vari	Bool	%M5.0	True	True		Marca que activa y desactiva ambas posiciones del cuello			
Tag_1	Tabla de vari	Bool	%M0.0	True	True					
Tag_2	Tabla de vari	Bool	%M0.1	True	True					
Tag_3	Tabla de vari	Bool	%M0.2	True	True					
Tag_4	Tabla de vari	Bool	%M0.3	True	True					
Tag_5	Tabla de vari	Bool	%M0.4	True	True					
Tag_6	Tabla de vari	Bool	%M0.5	True	True					
Tag_7	Tabla de vari	Bool	%M0.6	True	True					
Tag_8	Tabla de vari	Bool	%M0.7	True	True					
Tag_9	Tabla de vari	Bool	%M5.2	True	True					
Tag_10	Tabla de vari	Bool	%M5.3	True	True					
Tag_11	Tabla de vari	Bool	%M5.4	True	True					
Tag_12	Tabla de vari	Bool	%M5.5	True	True					
Tag_13	Tabla de vari	Bool	%M5.6	True	True					

Tabla 4.2

Anexo B

Para hablar específicamente de la acción de levantar tenemos que entrar dentro del bloque de programación de la función de levantar la cual se compone de la siguiente manera:

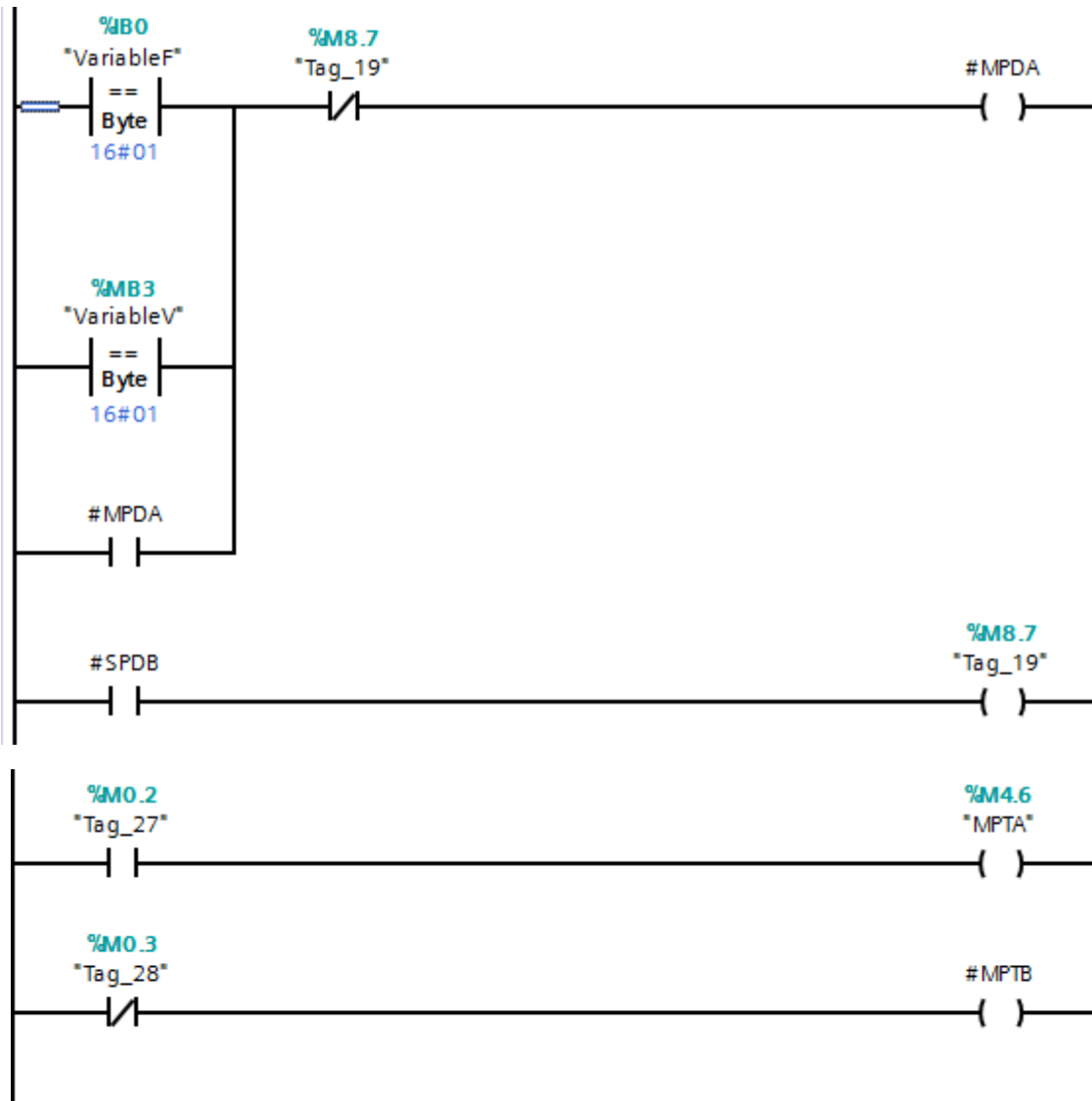


Figura 4.50 Detalles del bloque sentar

Como se puede observar en el bloque de la función “sentar” al principio vemos dos operaciones de comparación los cuales tienen el propósito de lograr que el pistón delantero se desactive una vez que el sensor que detecta la extensión del pistón se active, esto se tuvo que programar así debido al diseño mecánico del animatronic. Siguiendo el progreso de la función vemos como en la parte baja, con ayuda de dos marcas, una que desactiva la marca que acciona la contracción del pistón trasero y otra que activa la extensión del mismo pistón, se logra la posición de “sentado” jaguar

Para la posición de “agazapar” se utilizó la misma estructura que se mostró en la imagen 1.0 solamente que se cambió la programación de los pistones como se muestra a continuación:

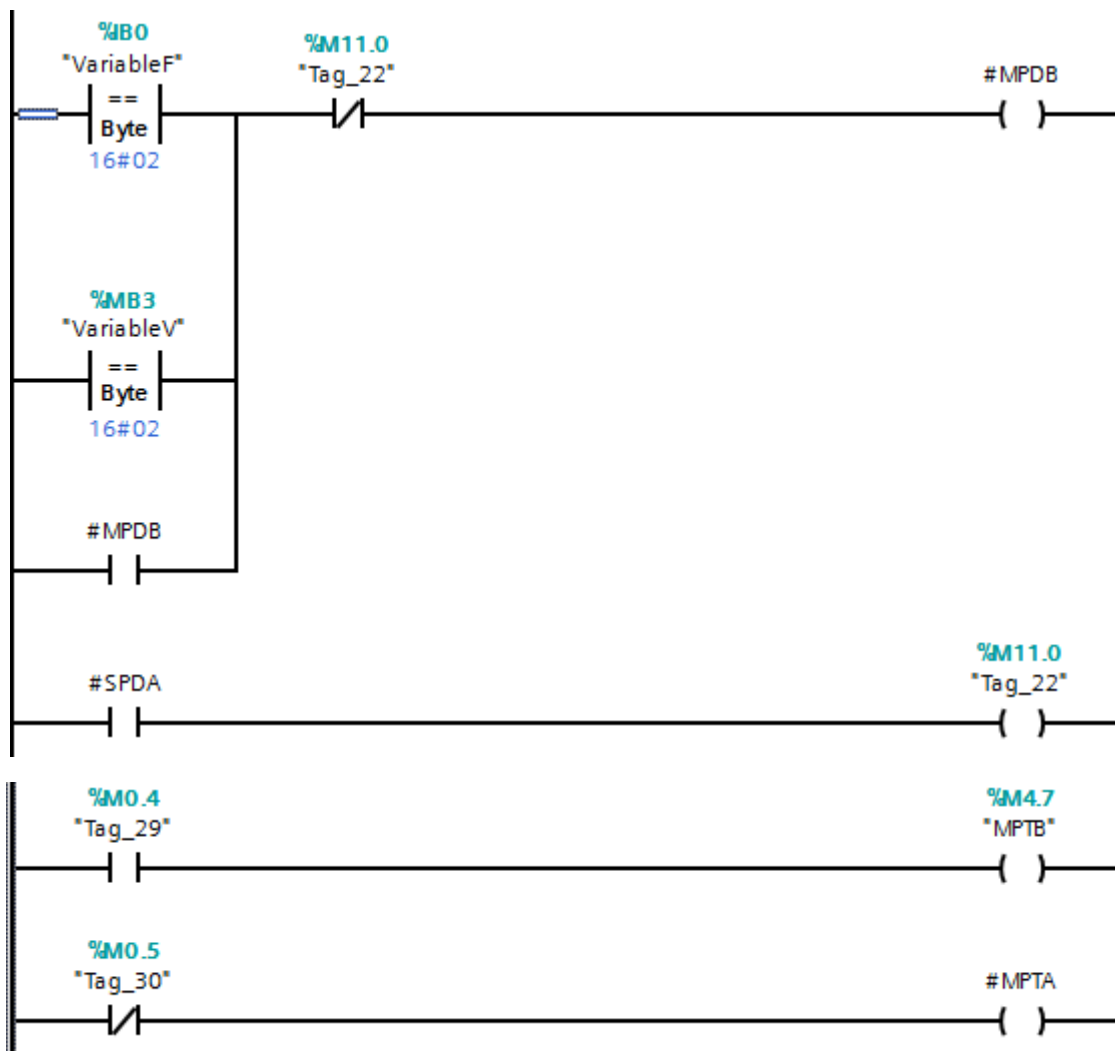


Figura 4.51 Detalles del bloque agazapar

Como se puede observar en el bloque de la función “sentar” al principio vemos dos operaciones de comparación los cuales tienen el propósito de lograr que el pistón delantero se desactive una vez que el sensor que detecta la contracción del pistón se active, esto se tuvo que programar así debido al diseño mecánico del animatronic. Siguiendo el progreso de la función vemos como en la parte baja, con ayuda de dos marcas, una que desactiva la marca que acciona la contracción del pistón trasero y otra que activa la extensión del mismo pistón, se logra la posición de “agazapado” jaguar

Para la posición de “levantar” se utilizó la misma estructura que se mostró en la imagen 1.0 solamente que se cambió la programación de los pistones como se muestra a continuación:

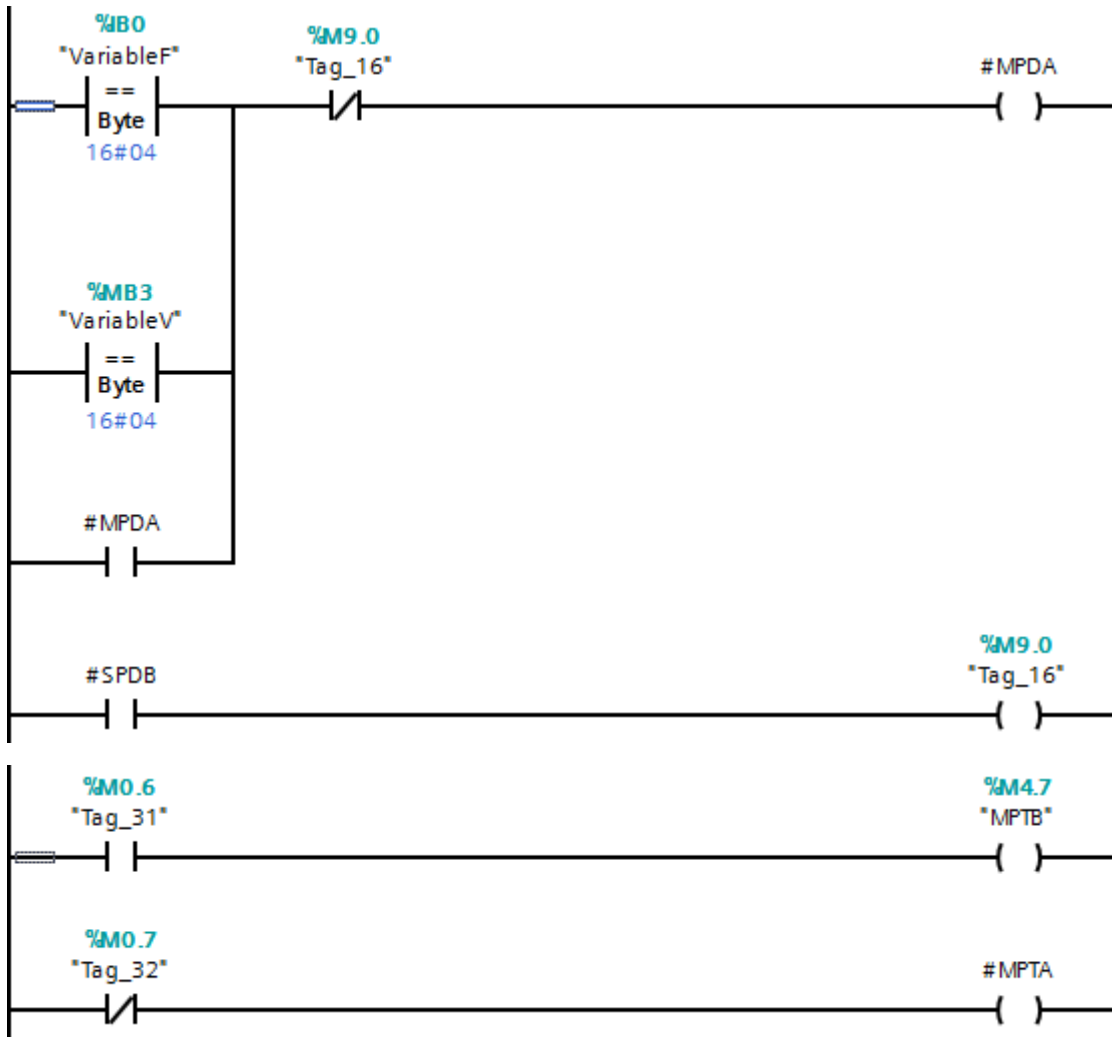


Figura 4.52 Detalles del bloque levantar

Como se puede observar en el bloque de la función “levantar” al principio vemos dos operaciones de comparación los cuales tienen el propósito de lograr que el pistón delantero se desactive una vez que el sensor que detecta la extensión del pistón se active, esto se tuvo que programar así debido al diseño mecánico del animatronic. Siguiendo el progreso de la función vemos como en la parte baja, con ayuda de dos marcas, una que desactiva la marca que acciona la contracción del pistón trasero y otra que activa la extensión del mismo pistón, se logra la posición de “agazapado” jaguar.

Para la posición de “acostar” se utilizó la misma estructura que se mostró en la imagen 1.0 solamente que se cambió la programación de los pistones como se muestra a continuación:

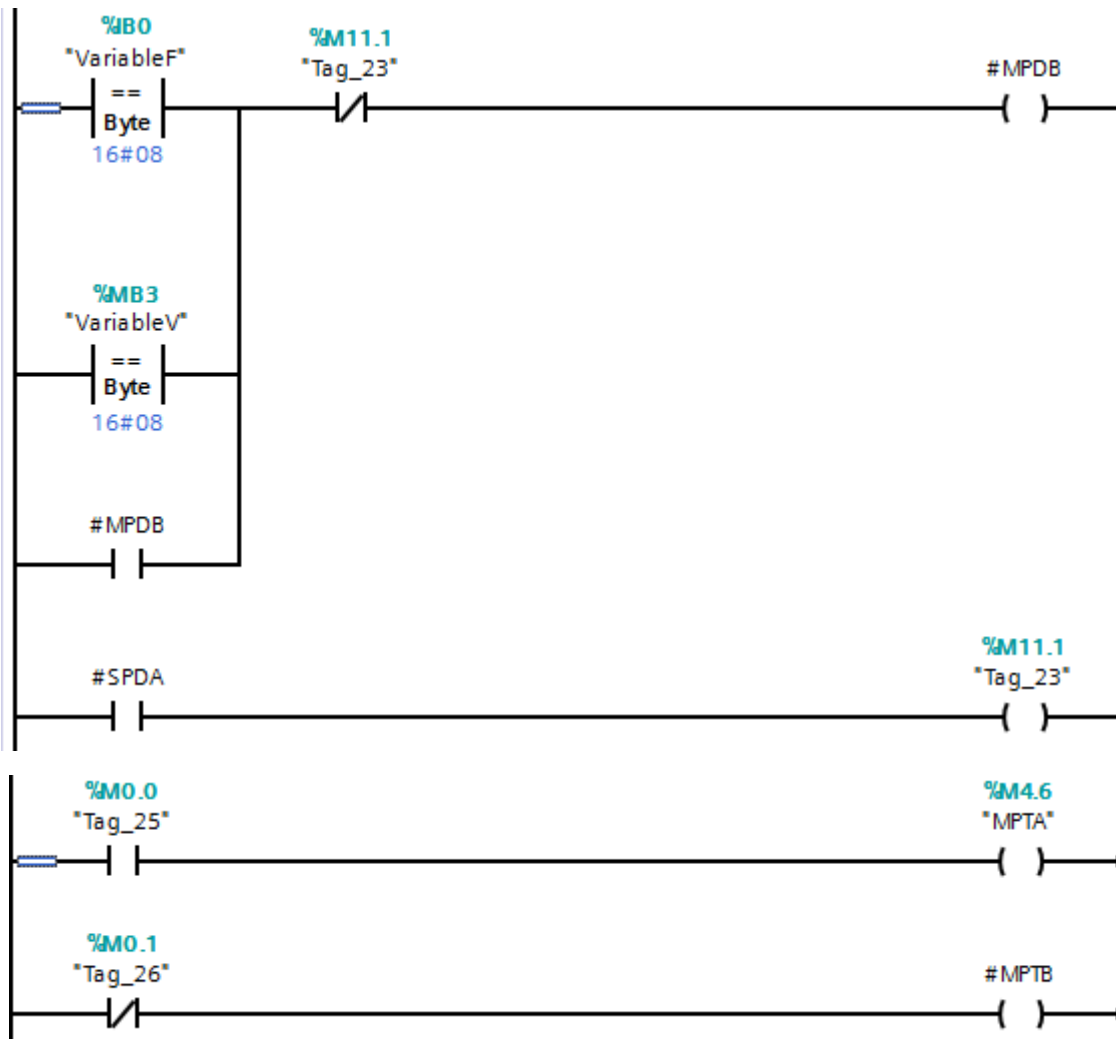


Figura 4.53 Detalles del bloque acostar

Como se puede observar en el bloque de la función “levantar” al principio vemos dos operaciones de comparación los cuales tienen el propósito de lograr que el pistón delantero se desactive una vez que el sensor que detecta la contracción del pistón se active, esto se tuvo que programar así debido al diseño mecánico del animatronic. Siguiendo el progreso de la función vemos como en la parte baja, con ayuda de dos marcas, una que desactiva la marca que acciona la extensión del pistón trasero y otra que activa la contracción del mismo pistón, se logra la posición de “agazapado” jaguar.

Aparte de las cuatro posiciones básicas, el animatronic cuenta con otros movimientos adicionales los cuales son: mover la cabeza hacia la derecha, mover la cabeza hacia la izquierda, poner la cabeza en medio, levantar el cuello y bajar el cuello.

Para los movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha de la cabeza no se programaron bloques de función como en las cuatro posiciones básicas, sino que se programaron de la siguiente manera:

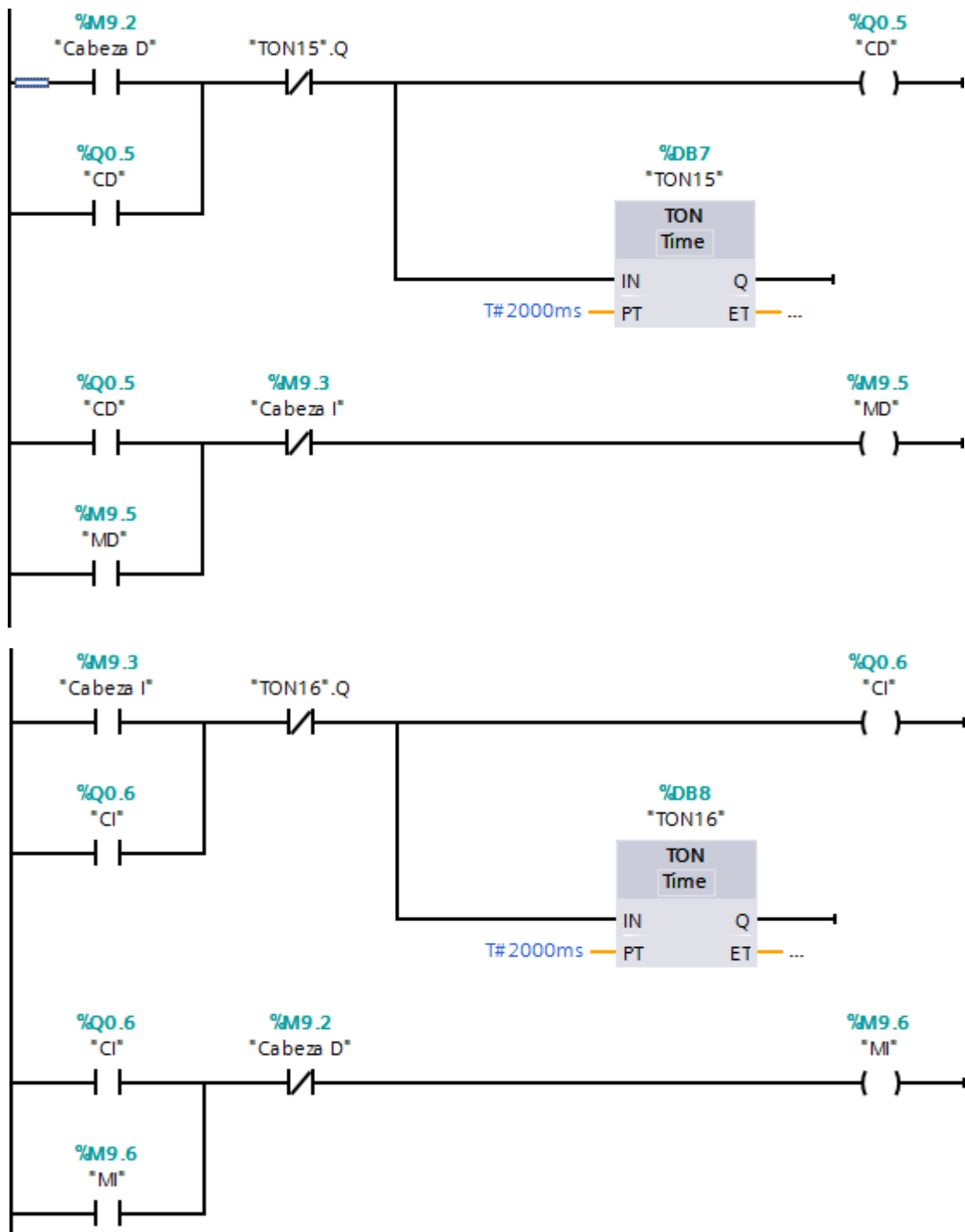


Figura 4.54 Programación de los movimientos de la cabeza

Como se puede observar en la imagen la activación del actuador de la cabeza está temporizado debido a la falta de sensores, la explicación de la programación es la siguiente: primero el programa espera a que se presione cualquiera de los dos botones virtuales para mover la cabeza, en caso de ser hacia la derecha inmediatamente la cabeza empezará a girar hacia ese sentido durante dos segundos hasta su desactivación, una vez que se desactive la cabeza no regresará a su posición anterior, sino que permanecerá en la

derecha, al mismo tiempo se activará una marca que guardará el estado de la cabeza “MD”, ahora si la cabeza se quiere mover hacia la izquierda deberá presionarse el botón virtual para que la cabeza empiece a girar hacia ese sentido durante dos segundos hasta que ese tiempo se agote y al mismo tiempo se activará una marca que guardará el estado de la cabeza “MI”. Estas marcas (“MD” y “MI”) sirven para poder regresar la cabeza al medio. Para la programación de esta posición de la cabeza se tuvo que utilizar un bloque de función el cual se muestra en la siguiente imagen:

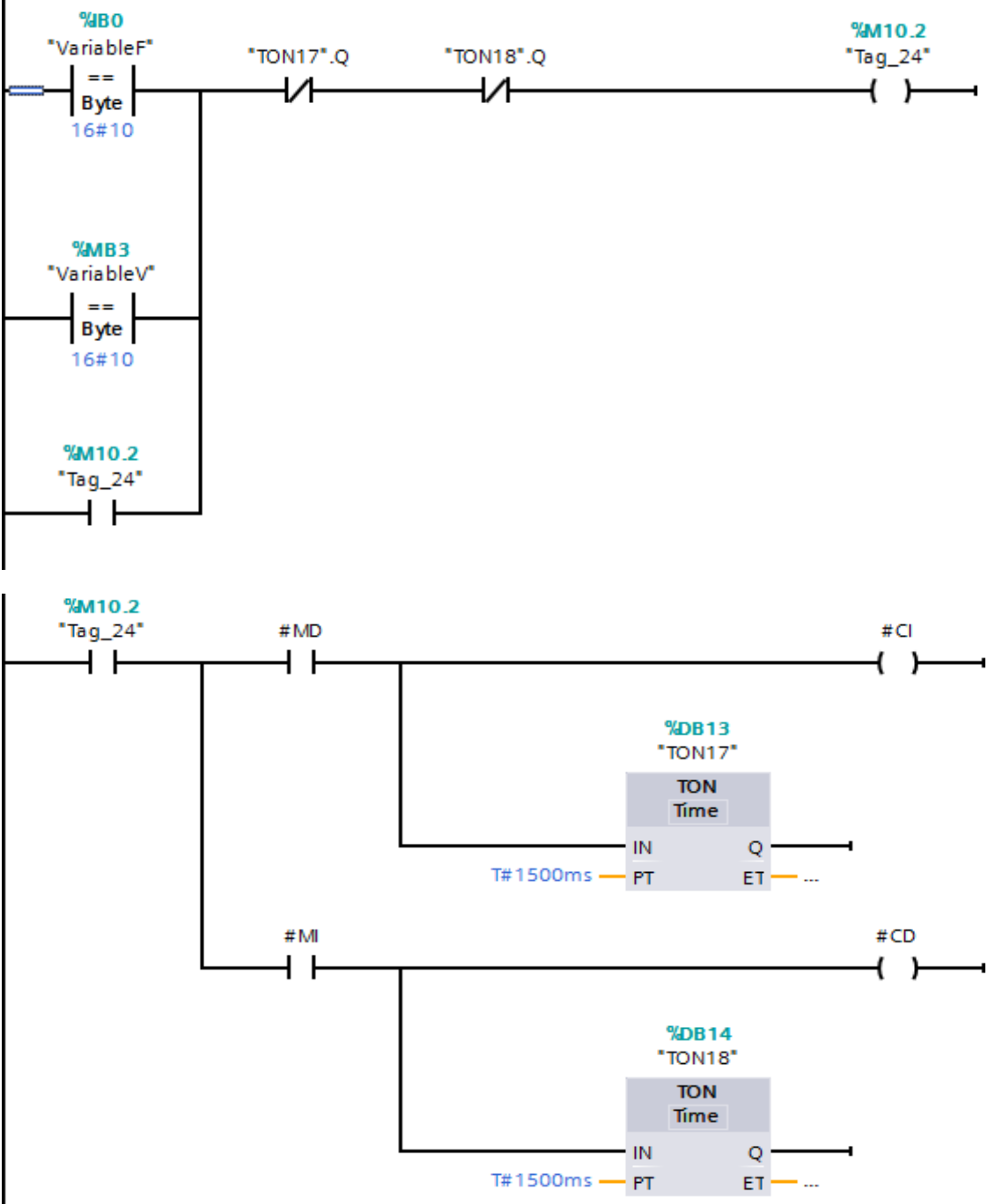


Figura 4.55 Detalles del bloque cabeza en medio

Para poder regresar la cabeza a la posición de en medio el programa utiliza las marcas “MI” y “MD” para saber la posición actual de la cabeza y en base a eso activar una de las dos entradas del actuador, en caso de que la marca “MI” fuese la que esté activada quiere decir que la cabeza está en la izquierda y, por lo tanto se debe activar la entrada que mueve la cabeza hacia la derecha, esta vez por un segundo y medio que es el tiempo que se requiere para que la cabeza regrese a la posición de en medio. La estructura de la posición de la cabeza de en medio es la misma que la de las cuatro posiciones básicas.

Para el movimiento del cuello se realizó una programación muy sencilla que no requiere de bloques de función. Sabiendo que el cuello solamente puede estar en posición alta y en posición baja se destinó la siguiente programación:

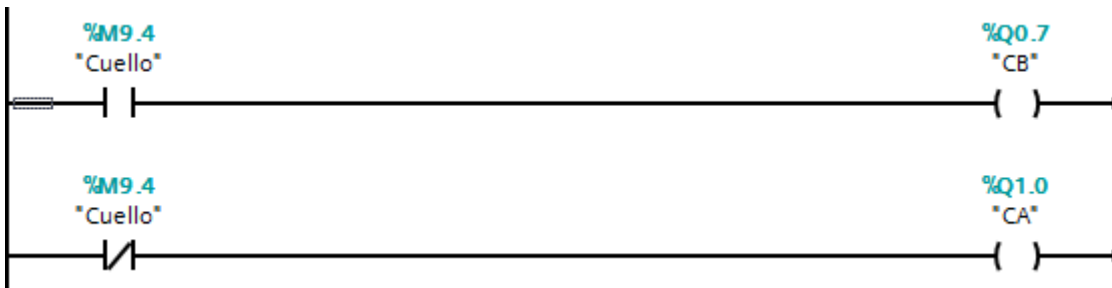


Figura 4.56 Programación del cuello

Como se observa en la imagen, solo se utilizó un botón virtual para la posición del cuello, si este está presionado el cuello estará en la posición baja mientras que si no está presionado este se cambiará a la posición de arriba.

En las siguientes dos páginas se anexa una imagen con todas las variables que se utilizaron en el PLC, desde las más representativas del programa hasta las que sirvieron única y exclusivamente para llevar a cabo ciertas operaciones del programa.

