

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
INGENIERÍA EN DISEÑO DE PRODUCTOS
VALPARAÍSO – CHILE



CRABOT, DESIGN AND AESTHETICAL PERSONALITY

CRISTIAN RAFAEL OSORIO MENDEZ
MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN DISEÑO DE PRODUCTOS
PROFESOR GUÍA: DR. PABLO PRIETO CABRERA
OCTUBRE 2017

Índice

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
1 CAPÍTULO 1.....	7
1.1 FONDECYT PROJECT	8
1.1.1 Fondecyt Project, definición y funcionamiento del proyecto.	8
1.1.2 Desarrollo y avances del proyecto hasta hoy.....	9
2 CAPÍTULO 2.....	12
2.1 BREVE HISTORIA DE LA ROBÓTICA.....	13
Aplicaciones	15
Industria.....	15
Aplicación de transferencia de material	16
Carga y descarga de máquinas.	16
Operaciones de procesamiento.	17
Otras Operaciones de proceso	17
Laboratorios	18
Manipuladores cinemáticos.....	18
Agricultura	19
Espacio.....	19
Vehículos submarinos.....	20
Educación.....	21

INFLUENCIA DE LA ROBOTICA EN LA SOCIEDAD.....	22
ROBOTICA SOCIAL.....	23
<i>Los Robots como interfaces.....</i>	<i>25</i>
<i>La interacción con los robots</i>	<i>26</i>
<i>Personalidad estética</i>	<i>30</i>
CAPÍTULO 3.....	33
PROYECTO CRABOT	34
<i>Diseño plataforma robótica</i>	<i>34</i>
<i>Componentes de Hardware</i>	<i>36</i>
<i>Algoritmos de movimiento.....</i>	<i>38</i>
<i>Procesamiento de imágenes.....</i>	<i>38</i>
<i>Control y manejo de la plataforma robótica</i>	<i>39</i>
<i>Funcionamiento y aplicabilidad</i>	<i>39</i>
CAPÍTULO 4.....	40
INDUMENTARIA	41
MAKERBOT.....	41
MATERIALES.....	45
DESARROLLO DE PARTES	51
<i>Modulo constructor de la base.</i>	<i>51</i>
<i>Contenedor de la Batería.</i>	<i>56</i>
<i>Sistema de Montaje y desmontaje del contenedor de batería.</i>	<i>59</i>
<i>Pierna.</i>	<i>61</i>

<i>Segmento 1.....</i>	<i>61</i>
<i>Segmento 2.....</i>	<i>63</i>
<i>Segmento 3 (Codo/Rodilla).....</i>	<i>65</i>
<i>Segmento Final (Pata).</i>	<i>67</i>
<i>Modulo constructor Cubierta.....</i>	<i>71</i>
<i>Sistema de Ventilación.....</i>	<i>74</i>
<i>Mecanismo Rotación cámara.....</i>	<i>75</i>
<i>Mecanismo Inclinación cámara.....</i>	<i>78</i>
<i>Integración de sensores en el proceso de impresión.....</i>	<i>80</i>

AGRADECIMIENTOS

Agradecer principalmente al proyecto Fondecyt N° 1130674 por darme la gran oportunidad de desarrollarme y crecer tanto personal como académicamente. Al profesor guía de esta investigación Dr. Pablo Prieto, quien pacientemente colaboró en la orientación y concepción del tema a desarrollar a través de sus sugerencias y observaciones.

Especial reconocimiento merecen las colaboraciones recibidas en cuanto a la motivación, a mi amiga y compañera Jennyfer Campos por el ánimo infundido.

Y por supuesto un agradecimiento especial a mi familia por confiar en mí en todo momento y acompañarme durante este gran y satisfactorio recorrido.

A todos ellos, gracias.

RESUMEN

A medida que avanza el tiempo, la necesidad del mundo actual presionan el uso de la robótica en la automatización de procesos productivos para realizarlos de manera más eficiente. Producto de esto, también ha aumentado la interacción del público normal con la robótica, ya que la evolución tecnológica cada vez genera soluciones automatizadas para hacer la vida del público más fáciles y agradables.

Es esta misma evolución tecnológica la que ha influenciado a la sociedad y cada vez más gana un lugar en ella. Donde uno de sus usos sociales más comunes, es la de interfaces. Esto producto de complejidad que poseen, complejidad que muchas veces pasa desapercibida debido al nivel de familiaridad que poseemos con ellos lo que nos lleva a la personificación de estos y muchas veces hasta la generación de lasos afectivos. Una vez que sucede esto, se vuelve natural la adjetivación de dichos objetos, convirtiéndose en molestos, lindos, bonitos, etc.

Con el objetivo de aprovechar esta cercanía y diseñar con el objetivo llegar de la forma más eficiente a un contexto específico, se usa la información recopilada y la investigación desarrollada en el Proyecto Fondecyt, en el que producto de la identificación de conceptos estéticos y como estos se construyen geométricamente, se puede mejorar la comunicación estética entre el robot y su usuario. Lo que se logra identificando el contexto asociado al desempeño del objeto y en función de este contexto, se asocian conceptos estéticos que lo adaptarían estéticamente de mejor forma a este, por ejemplo, un robot el cual se usara para reconocimiento y medición en cavernas. En este contexto, el robot debe proyectar seguridad y hasta agresividad.

Dentro de este marco, se trabaja con “CRABOT”, un proyecto asociado a la actual “Iniciativa estudiantil de robótica e innovación”, ideado por Oscar Silva en el año 2012. Este desarrollo, está enfocado en el diseño de un vehículo robotizado multifunción

para la exploración de terrenos, la que se espera pueda ser extendida al desarrollo de cualquier actividad. El diseño del vehículo contempla la utilización de seis brazos robóticos, que tengan la capacidad de ser usadas en las tareas de movimiento o aplicarlas en algún trabajo, como el transporte de cargas o toma de muestras. Su desplazamiento y cumplimiento de tareas se verá facilitado por el uso de una gama de instrumentos electrónicos que permitirán el correcto control del robot; tales como sensores de proximidad, sensores de tacto o presión, un acelerómetro y un giroscopio, los que no deberán aumentar el volumen de la estructura, y que permitirán el manejo de la inclinación de Crabot. Se integra también un sistema que permitan la generación de mapas tridimensionales del entorno explorado, tarea que estará a cargo de una cámara que deberá, poder inclinarse y rotar. Estando todo el desarrollo de la solución limitado por la impresión 3D ligada una impresora 3D específica (Makerbot Replicator).

1 CAPÍTULO 1

1.1 FONDECYT PROJECT

Para comenzar a contextualizar el proyecto, es que en este capítulo se explicará la investigación asociada al proyecto Fondecyt y como se han generado los avances que se han realizado en el hasta ahora.

1.1.1 Fondecyt Project, definición y funcionamiento del proyecto.

FONDECYT 2013, N° 1130674.

“The development of a new CAD tool to assist designers on the process of shape development”. 2013-2015.

El proyecto Fondecyt tiene como principal objetivo el desarrollo de una metodología aplicada a una herramienta CAD que asista al diseñador en las alternativas del proceso creativo y la búsqueda de conceptos asociados a las formas a la hora de diseñar.

En este sentido con el proyecto se pretende poner a disposición del diseñador

una nueva herramienta flexible y personalizable para el desarrollo de formas, que permita la exploración de una gama de soluciones formales, mediante la aplicación de "modificadores geométricos".

1.1.2 Desarrollo y avances del proyecto hasta hoy.

Inicialmente entonces, se busca asociar geometrías y características estéticas identificables a conceptos estéticos conocidos y utilizados por la sociedad actual. La primicia nace con la hipótesis de que la geometría y forma de un objeto guarda relación directa con la personalidad que se le quiera otorgar al producto, personalidad que se vincula directamente con algún concepto que se le asocie previamente.

Existe además un levantamiento de información relacionado con la competencia

del proyecto FONDECYT 1130674. La información e hipótesis se validará de acuerdo a como las personas captan la asociación entre formas y conceptos a través de la realización de encuestas tanto en Chile como en países de habla inglesa, italiana e hispana en general.

El resultado de estas encuestas entrega entonces las correspondientes limitaciones geométricas de formas asociadas a los conceptos, para que estos conceptos sean reflejados y percibidos por los usuarios de la manera esperada. Concluyendo de estos resultados, además se formulará con los datos obtenidos geometrías parametrizables que reflejen y se interpreten de manera directa y de la manera más óptima los conceptos trabajados. Generándose luego vinculaciones entre un concepto y otro para saltar de una personalidad a otra según se desee.

Por otra parte en la publicación desarrollada por los académicos Pablo Prieto,

Gualtierio Fantoni y Ricardo Campolmi, (On product Shapes and Personalities, Prieto et al 2013) se muestran los resultados preliminares de la primera etapa de una investigación de largo plazo que apunta a sistematizar la tarea de diseño de productos con una personalidad deseada.

Los conceptos que en esta memoria se trabajan son: Adorable, Elegante, Agresivo, Seguro, Tosco, Inestable.

Dentro de los primeros Avances del proyecto hasta hoy se tienen 2 proyectos de aplicación generados por tesistas de Ingeniería en Diseño de Productos.

Primero, el proyecto de Fabiola Villagrán donde se desarrolla una herramienta de soporte CAD generadora de “Texturas Expresivas”, la cual está situada en el escenario del Diseño de Interiores. *“Esta herramienta está confeccionada bajo los principios del diseño paramétrico, con el fin de*

lograr transiciones de formas relacionadas a un concepto, por medio del control de parámetros. Cabe destacar que, el software está realizado en base al cambio de forma que se genera al pasar de un concepto agresivo a uno amable.

Por otro lado, las texturas obtenidas a partir de la herramienta, son aplicadas en tres nuevos productos, siendo estos: filtro de luz, revestimiento 2D y panel luminoso” [i] (ver Imagen 1)



Imagen 1: EJEMPLIFICACIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO “TEXTURAS EXPRESIVAS”/FABIOLA VILLAGRÁN.

En segundo lugar, el proyecto de Gabriel Caviedes, cuyo proyecto se focalizó en el “estudio y el desarrollo de una herramienta de software y hardware para que sean integrados proporcionando nuevas técnicas que permitan darle a un usuario común herramientas para diseñar sus propios anteojos, estos se ajustarán tanto antropométricamente como una geometría conceptual del antejo que sea concordante con la personalidad que se quiere representar” (ver Imagen 2). [ii]

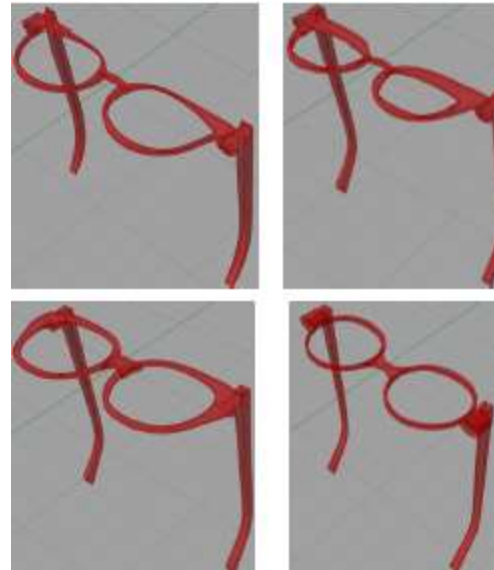


Imagen 2: PROYECTO “DISEÑO PARAMÉTRICO DE ANTEOJOS” /GABRIEL CAVIEDES.

2 CAPÍTULO 2

Robótica - Contexto

2.1 Breve historia de la robótica.



Imagen 3: ILUSTRACIÓN DE CÓMO SE VERÍAN UN PAR DE AUTÓMATAS DEL ANTIGUO EGIPTO. [ILUSTRACION]. Recuperado de <http://roboticaudem.blogspot.es>

Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imiten las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses (ver Imagen 3). Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicos, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron contruidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots.

Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII (History of Computers and Computing, 2016). Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.



Imagen 4: THE "DRAUGHTSMAN-WRITER"
AUTOMATON BY HENRI MAILLARDET.
[FOTOGRAFIA]. Recuperada de
https://en.wikipedia.org/wiki/Maillardet's_automaton

En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como “el programa” para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones

mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época (ver Imagen 4). Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil (Maillardet's Automaton, s.f.).

Con el paso del tiempo, el desarrollo tecnológico llevo a generar dispositivos donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y junto a la tecnología en sensores, que han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

No obstante, las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal. Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

La morfología y mecanismo del robot depende de la tarea para la que este ideado y el contexto en el que este inserto. Es por esto, que podemos categorizarlos en función de su aplicación.

Aplicaciones

Los robots son utilizados en una diversidad de aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clases, robots soldadores en la industria automotriz, hasta brazos teleoperados en el transbordador espacial.

Cada robot lleva consigo su problemática propia y sus soluciones afines;

no obstante mucha gente considera que la automatización de procesos a través de robots está en sus inicios.

Industria



Imagen 5: BRAZO ROBOTICO REALIZANDO LABORES DE SOLDADO. [FOTOGRAFIA].
Recuperado de <https://www.robots.com/applications>

Los robots son utilizados por una diversidad de procesos industriales como lo son: la soldadura de punto y soldadura de arco (ver Imagen 5), pinturas de spray, transportación de materiales, molienda de materiales, moldeado en la industria plástica, máquinas-herramientas, y otras más.

A continuación se hará una breve explicación de algunas de ellas.

Aplicación de transferencia de material



Imagen 6: “GAKUSHU” EL ROBOT QUE APRENDE, REALIZANDO TAREAS DE DESPLAZAMIENTO DE CARGA. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://robot.fanucamerica.com/robotics-articles/industrial-robots-reducing-cycle-time.aspx>

Las aplicaciones de transferencia de material se definen como operaciones en las cuales el objetivo primario es mover una pieza de una posición a otra. Se suelen considerar entre las operaciones más sencillas o directas de realizar por los robots. Las aplicaciones normalmente necesitan un robot poco

sofisticado, y los requisitos de enclavamiento con otros equipos son típicamente simples (ver Imagen 6).

Carga y descarga de máquinas.



Imagen 7: BRAZO ROBOTICO USADO PARA SERVIR A UNA MÁQUINA DE PRODUCCIÓN TRANSFIRIENDO PIEZAS DESDE LAS MÁQUINAS. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://roboticacamilacardenas.blogspot.cl>

Estas aplicaciones son de manejos de material en las que el robot se utiliza para servir a una máquina de producción transfiriendo piezas a/o desde las máquinas (ver Imagen 7).

Operaciones de procesamiento.

Además de las aplicaciones de manejo de piezas, existe una gran clase de aplicaciones en las cuales el robot realmente efectúa trabajos sobre piezas. Este trabajo casi siempre necesita que el efector final del robot sea una herramienta en lugar de una pinza.



Imagen 8: BRAZO ROBOTICO USANDO UNA HERRAMIENTA DE MEDICION DE ALTA PRESICION. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://roboticacamilacardenas.blogspot.cl/>

Por tanto la utilización de una herramienta para efectuar el trabajo es una característica distinta de este grupo de aplicaciones (ver Imagen 8).

Otras Operaciones de proceso

Además de la soldadura por punto, la soldadura por arco, y el recubrimiento al spray existe una serie de otras aplicaciones de robots que utilizan alguna forma de herramienta especializada como efector final. Operaciones que están en ésta categoría incluyen:

Taladro, acanalado, y otras aplicaciones de mecanizado. Rectificado, pulido, desbarbado, cepillado y operaciones similares.

Remachado, Corte por chorro de agua, taladro y corte por láser.

Laboratorios



Imagen 9: ROBOT ARTICULADO MANIPULANDO MUESTRAS BIOLÓGICAS. [FOTOGRAFÍA]. Recuperado de <http://www.directindustry.es/prod/ab-controls-inc/product-66230-1315015.html>

Los robots están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios. Llevan a cabo con efectividad tareas repetitivas como la colocación de tubos de pruebas dentro de los instrumentos de medición. En ésta etapa de su desarrollo los robots son utilizados para realizar procedimientos manuales automatizados. Un típico sistema de preparación de muestras consiste de un robot y una estación de

laboratorio, la cual contiene balanzas, dispensarios, centrifugados, racks de tubos de pruebas, etc (ver Imagen 9).

Manipuladores cinemáticos

La tecnología robótica encontró su primera aplicación en la industria nuclear con el desarrollo de tele operadores para manejar material radiactivo. Los robots más recientes han sido utilizados para soldar a control remoto y la inspección de tuberías en áreas de alta radiación (ver Imagen 10).



Imagen 10: MANIPULADOR CINEMÁTICO DISEÑADO PARA LA INSPECCIÓN DE TUBERÍAS DE ALTA RADIACIÓN. [FOTOGRAFÍA]. Recuperado de <https://sites.google.com/site/tgadeadoc/3-tercera-unidad/d-uso-de-la-robotica>

Agricultura

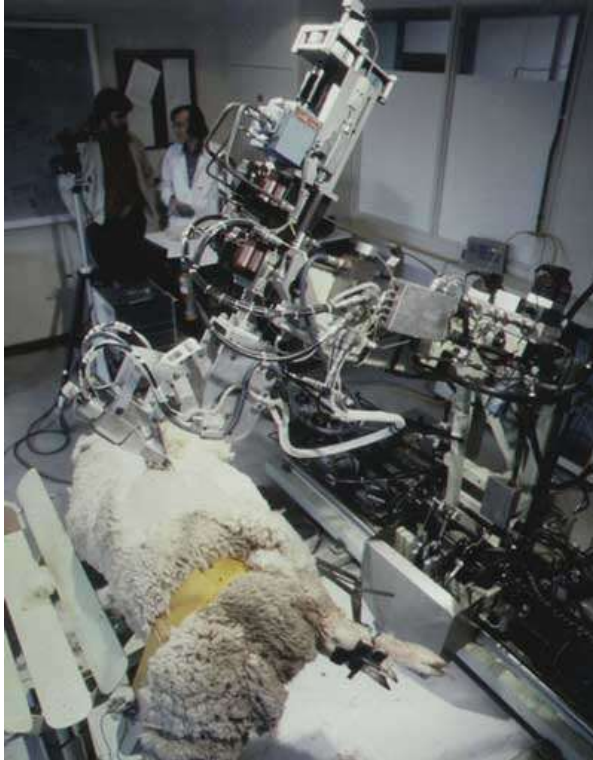


Imagen 11: ROBOT ORACLE ESQUILANDO UNA OVEJA. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://www.vetsoft.com.eg/article/ArticleData.aspx?ID=230>

Para muchos la idea de tener un robot agricultor es ciencia ficción, pero la realidad es muy diferente; o al menos así parece ser para el Instituto de Investigación Australiano, el

cual ha invertido una gran cantidad de dinero y tiempo en el desarrollo de este tipo de robots. Entre sus proyectos se encuentra una máquina que esquila a las ovejas (ver Imagen 11).

Por su parte en Francia se hacen aplicaciones de tipo experimental para incluir a los robots en la siembra, y poda de los viñedos, como en la pizca de la manzana.

Espacio

La exploración espacial posee problemas especiales para el uso de robots. El medio ambiente es hostil para el ser humano, quien requiere un equipo de protección muy costoso tanto en la Tierra como en el Espacio. Por lo que se volvió necesario el uso de Robots para continuar con los avances en la exploración espacial; llevando el desarrollo de la robótica en este campo a nuevas fronteras, no solo como herramientas de asistencia en construcción o

reparación, sino en la exploración de otros planetas y el espacio profundo (ver Imagen 12).

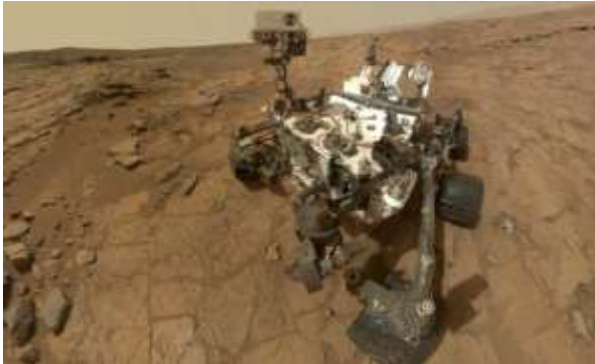


Imagen 12: CURIOSITY ROVER DE LA NASA EN MARTE. [FOTOGRAFIA]. Recuperada de http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2013/09/manned_space_exploration_cyborgs_and_finding_the_next_earth.html

Vehículos submarinos

En la actualidad muchos de estos vehículos submarinos se utilizan en la inspección y mantenimiento de tuberías que conducen petróleo, gas o aceite en las plataformas oceánicas; en el tendido e

inspección del cableado para comunicaciones, para investigaciones geológicas y geofísicas en el suelo marino (ver Imagen 13).

La tendencia hacia el estudio e



Imagen 13: BRAZO DE UN VEHICULO OPERADO REMOTAMENTE EN EL DERRAME DE PETROLEO DEL DEEPWATER HORIZON EN EL GOLFO DE MEXICO. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de

http://www.nola.com/news/gulf-oil-spill/index.ssf/2010/07/undersea_robots_are_heroes_of.html

investigación de este tipo de robots se incrementará a medida que la industria se interese aún más en la utilización de los robots, sobra mencionar los beneficios que se obtendrían si se consigue una tecnología

segura para la exploración del suelo marino y la explotación del mismo.

Educación

Los robots están apareciendo en los salones de clases de tres distintas formas. Primero, los programas educativos utilizan la simulación de control de robots como un medio de enseñanza. Un ejemplo palpable es la utilización del lenguaje de programación del robot Karel, el cual es un subconjunto de Pascal; este es utilizado por la introducción a la enseñanza de la programación.

El segundo y de uso más común es el uso del robot tortuga en conjunción con el lenguaje LOGO para enseñar ciencias computacionales. LOGO fue creado con la intención de proporcionar al estudiante un medio natural y divertido en el aprendizaje de las matemáticas (Robotica, s.f.).

En tercer lugar está el uso de los robots en los salones de clases, donde se busca

promover experiencias de aprendizaje donde los estudiantes adquieran y desarrollen habilidades para resolver problemas concretos que les permitan adquirir nuevos conocimientos y dar respuestas al entorno cambiante del mundo actual.



Imagen 14: ESTUDIANTES DE COLEGIO PROGRAMANDO UN ROBOT ARMABLE BASICO.
[FOTOGRAFIA]. Recuperado de
https://grupoeducativa.blogspot.com/2011_01_01_archivo.html

No se intenta alfabetizar a los estudiantes en la disciplina de la robótica, sino aprovechar la multidisciplinariedad que la

compone como ciencia, para activar procesos cognitivos y sociales que propicien un aprendizaje significativo y fomenten el desarrollo del pensamiento (ver Imagen 14).

INFLUENCIA DE LA ROBOTICA EN LA SOCIEDAD.

Para empezar tenemos que reconocer que con el pasar de los días, la tecnología ha tenido un avance significativo, dentro de ella la robótica y la automatización del ser humano han sido de gran importancia, pues en este momento en muchas empresas y hogares se están adecuando los robots para que cumplan el mismo y hasta un mejor desempeño que los seres humanos, y como dejar a un lado toda esta tecnología, cuando nuestro mundo se está sistematizando, para entenderlo de otra mejor manera no hay un mejor ejemplo que la película WALL-E (ver Imagen 15) donde lo único que tiene existencia son dos pequeños

robots, mientras los seres humanos están “embobados” con la tecnología (Stanton, 2008).



Imagen 15: ESCENA DE LA PELICULA WALL-E DONDE SE PUEDE APRECIAR EL EMOBAMIENTO DE LAS PERSONAS POR LA TECNOLOGIA.

[IMAGEN]. Recuperado de <https://jonnegroni.com/2015/04/15/the-humans-of-wall-e-were-probably-better-off-without-him/>

Pero, para no ir tan lejos las tecnologías de información y comunicación son una muestra de lo que nuestro mundo se está convirtiendo, en una serie de instrumentos y procesos para intercambiar y presentar información por medios electrónicos y automáticos; y como dejar a un lado la globalización aquella palabra que ha causado tanto debate a nivel mundial, pues como su nombre lo indica debemos ingresar al mundo tecnológico, donde el ser humano debe hacer un mínimo esfuerzo, donde todo lo necesario

puede estar a su alcance, y ¿cómo no estar de acuerdo en que todo se nos haga?, ¿que no tengamos que hacer esfuerzos?. Para algunas personas esto es absurdo, pues de esta manera se está dejando a un lado el ser humano, no se están explotando las mejores capacidades de cada uno, pero en cambio para otras es otra forma de vida, otra forma de ver el mundo, un cambio radical en donde no tendrán que sufrir ni por el más mínimo esfuerzo.

El tema de la robótica, es uno de los más controversiales en este momento, porque con la nueva tecnología que llega desde tantas partes del mundo, se quieren implementar nuevos robots que faciliten las labores caseras.

ROBOTICA SOCIAL

La tecnología evoluciona de una manera muy similar a la evolución de los seres vivos planteada por Darwin, los celulares

japoneses son ampliamente distinguibles en su diseño e interacción de los celulares nórdicos, cada uno está adaptado a su medio ambiente y al entorno donde va a desempeñarse, Trevor Pinch define a este fenómeno como la flexibilidad interpretativa, es decir, el valor simbólico que tiene cada objeto de acuerdo a la sociedad donde se ubica (Pinch, Trevor, 1987). Por ejemplo, los robots sociales son bien aceptados por la sociedad japonesa, casi como mascotas o



Imagen 16: AIBO, EL ICONO DE LOS ROBOTS MASCOTA DESARROLLADO POR SONY. [FOTOGRAFIA].

Recuperado de

<http://gizmodo.com/286812/new-aibo-in-the-works-could-be-ps3-compatible>

amigos (ver Imagen 16), mientras que por la sociedad norteamericana éstos son vistos como meras herramientas, extensiones de las capacidades humanas de acuerdo con

producto que interviene al ser parte del proceso de su evolución y adaptación.

En este proceso evolutivo, los objetos se hacen cada vez más complejos y se

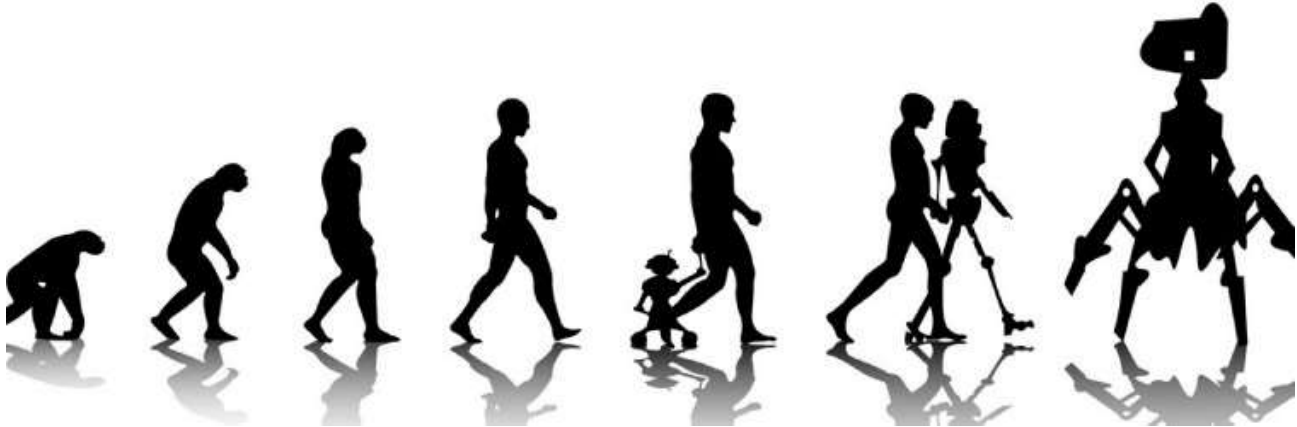


Imagen 17: EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA. [IMAGEN]. Recuperado de <http://ellisfreemantech.blogspot.cl/2013/11/the-evolution-of-technology-over-years.html>

Bartneck (Bartneck, 2005).

Bajo este concepto de flexibilidad interpretativa y la analogía con la evolución de los seres vivos donde hace su aparición el diseñador interactivo, no como el Gran Creador, en la teoría pseudocientífica del Diseño inteligente sino como un bloque genético más en la cadena del ADN del

incrementan en número, como una población viva, permitiendo que una parte considerable de la población mundial tenga a su alcance computadoras personales, teléfonos celulares e internet; los autos se vuelven cada vez más sofisticados, las lavadoras, las planchas también y los pilotos automáticos de los aviones hacen los viajes más seguros.

Pronto tendremos a nuestra disposición animación digital casera, ropa inteligente, interfaces no visuales y muchas cosas más que se incorporarán a nuestra vida como los robots caseros; el progreso tecnológico es imparable, muchas personas se preguntan ¿Qué efectos tendrán en nuestras vidas todos estos artefactos? Es difícil predecirlo, en ninguna revolución tecnológica se ha podido predecir acertadamente qué sucederá.

Los Robots como interfaces

Donald Norman afirma que los objetos de nuestra vida cotidiana tienden a volverse más complejos la gran mayoría está incorporando microprocesadores (Donald, 2017) o incluso tienen computadoras completas embebidas en su funcionamiento y pasan desapercibidas cuando interactuamos con ellas. Junto con este incremento en la complejidad de los objetos viene una



Imagen 18: PERSONIFICACION DEL CONJUNTO DE COMPARTIMENTO DE LENTES E ILUMINACION DE CABINA DE AUTO, PREVIO A LA ADJETIVIZACION. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://www.playbuzz.com/katewalker10/53-times-objects-tried-to-be-people>

personificación de los mismos y le damos adjetivos a nuestros objetos: tenemos un despertador molesto, un carro latoso, una computadora linda, un celular bonito o un minicomponente de audio potente y tendemos a crear lazos afectivos con ellos; nos traen recuerdos, nos enojamos o nos hacen felices, todo esto es causado por los procesos cognitivos que llevamos a cabo con ellos (ver Imagen 18), procesos diferentes a los que se dan cuando usamos

una silla del parque o nos acostamos en la cama. Esto es un área de estudio de las ciencias cognitivas, poco a poco, la psicología ha empezado a reconocer el papel esencial de los sentimientos en el pensamiento (Coleman, 2011) y esto es aprovechado por el diseño para generar nuevos y mejores productos analizando los cambios emocionales de los usuarios. Previo a los argumentos de Norman, tenemos los del filósofo Jean Baudrillard en su libro “El sistema de los objetos”, donde nos da a entender que los objetos llegan a ser como mascotas en nuestra vida (Boudrillard, 1999). Hablamos sobre ellos y a veces incluso nos dirigimos a ellos, a veces de manera cariñosa y a veces de manera furibunda, tenemos anécdotas con nuestros objetos y nos entristecemos cuando los perdemos y ofrecemos recompensas para recuperarlos. Convirtiéndose en cúmulos de información que se dispone gracias a un proceso de aprendizaje o a la experiencia, haciendo que pasen a ser objetos o artefactos cognitivos. Bajo estos argumentos los robots

tienen una retórica muy convincente para introducirse a la vida diaria de las personas. Ya que no son objetos que se les da una personalidad, sino la personificación misma de un objeto diseñado para tal fin.

La interacción con los robots

A diferencia de las computadoras, los robots son artefactos cognitivos tangibles, las computadoras están embebidas en ellos y no crean los conflictos cognitivos de las interfaces visuales de las PC o los teléfonos celulares disminuyendo las cargas cognitivas. Su naturaleza tangible hace que sean ideales para actividades humanas como la educación o algún tipo de adquisición de información. Al parecer, la gente interactúa de manera más eficiente y placentera con objetos tangibles a los que pueda sujetar, saludar o entablar conversaciones como si estuviera con otro ser vivo que con artefactos con los cuales la interacción es por medio de interfaces más.

Uno de los primeros estudios referentes a la interacción Humano Robot fue

hecho por Mori, un investigador japonés quien planteo en 1970 una gráfica donde se

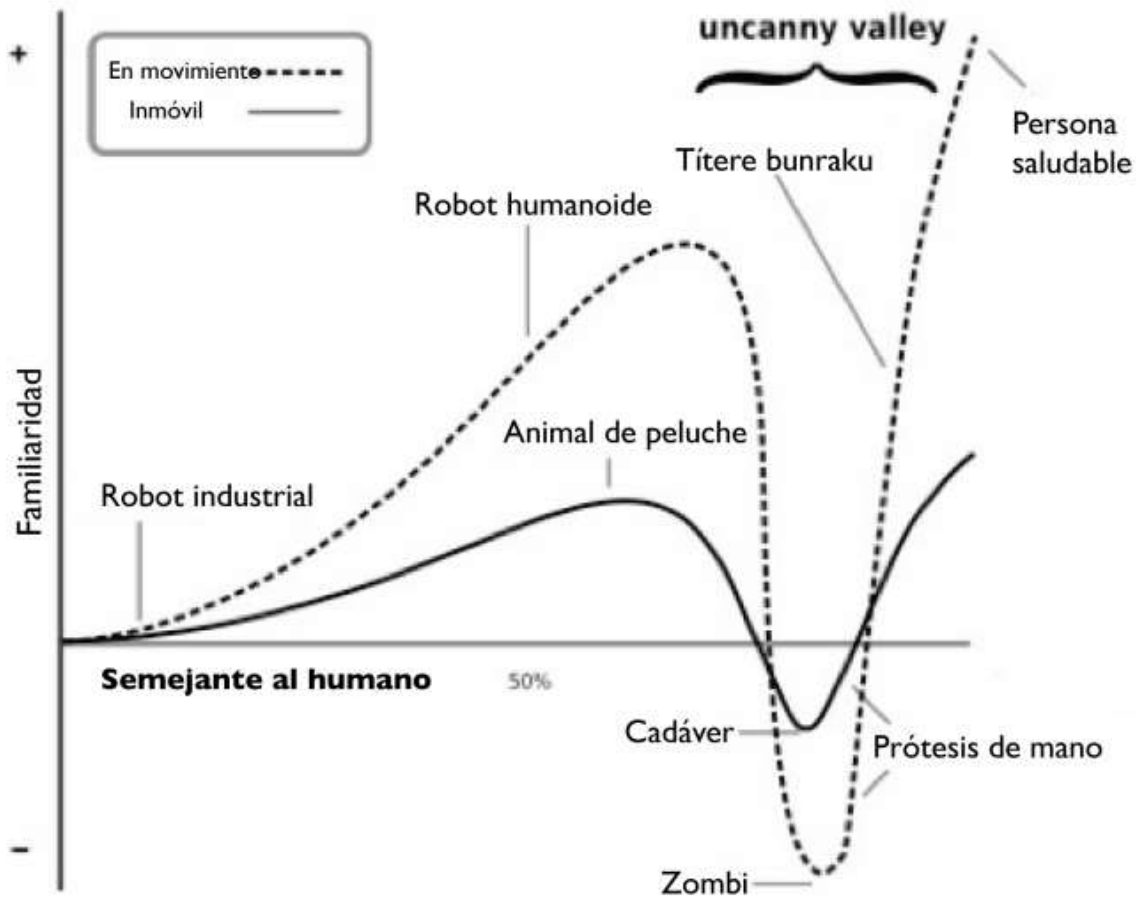


Imagen 19: GRÁFICA DEL VALLE INEXPLICABLE, EN REFERENCIA A LA ACEPTACIÓN QUE TIENEN LAS PERSONAS DE LOS ROBOTS. LA LÍNEA CONTINUA DESCRIBE LA ACEPTACIÓN AL MIRAR Y LA PUNTEADA AL PONER AL SUJETO EN CONTACTO CON EL ENTE EN MOVIMIENTO. [GRAFICO]. Recuperado de <http://robots-argentina.com.ar/not/12/072501.htm>

muestra The uncanny valley traducible al español como El valle inexplicable (ver Imagen 19), a través del cual se describe que las personas tienen un rango de aceptación de la “humanización” de los robots, después de cierto punto éstos son rechazados e incluso la gente siente repulsión por ellos, pero hay que considerar que numerosos investigadores cuestionan su confiabilidad en este momento, puesto que los desarrollos tecnológicos que se encuentran en los robots son muy superiores a los que tenían en la época en que Mori describió su curva.

En esta gráfica, Mori describe la aceptación de la gente por diversos tipos de objetos antropomorfos, comparando su parecido humano en el eje X contra la familiaridad en el eje Y, la curva toma su nombre debido a que cambia radicalmente su tendencia al acercarse a seres como los cadáveres o los “zombis” y este cambio empieza justamente con los robots

humanoides que imitan torpemente a los seres humanos (The Uncanny Valley, s.f.).

Relacionado con esta teoría Baudrillard afirmaba que: Si el robot muestra tan claramente su carácter de prótesis mecánica (su cuerpo es metálico, sus gestos son discontinuos, a sacudidas, inhumanos) es sin duda para fascinar. Si fuese el doble del hombre hasta en la suavidad y la armonía de los gestos, nos provocaría angustia (Boudrillard, 1999). Esta postura resulta interesante ya que lo dijo en 1968; dos años antes que Mori lo comprobara científicamente con su prótesis de mano. Sin embargo, hay algo de preocupante en esta cita, ya que muchos de los esfuerzos actuales en la creación de robots, se enfoca precisamente en tratar de emular de la manera más exacta la apariencia y movimientos humanos para evitar esta angustia citada por Baudrillard. En este punto valdría la pena redefinir en términos de la posmodernidad, lo que es un robot. La gran mayoría de la gente tiene idea de lo que es con solo ver distintas máquinas

puede distinguir entre lo que es un robot y lo que no lo es. La definición de robot propuesta por Eduardo B. Sandoval es: Un robot es un dispositivo de naturaleza mecatrónica, con inspiración biónica y cierto grado de autonomía manifestada como inteligencia artificial o un algoritmo para toma de decisiones (Benítez Sandoval, 2012). A grosso modo, se entiende por Biónica la disciplina que estudia los sistemas vivos para posteriormente darles una aplicación tecnológica (biónica, s.f.). Por Mecatrónica entendemos que es la combinación sinérgica de diversas ramas de la ingeniería como el control, la electrónica y la mecánica (mecatrónica, s.f.) para llevar a cabo análisis y diseño de productos manufacturados. La autonomía sería implementada por diversos algoritmos computacionales basados en técnicas del Aprendizaje automático o Machine Learning, Inteligencia Artificial, Automatas Programables, Visión Artificial, Lógica Difusa, Redes Neuronales, Teoría de Control, Cibernética y algunas disciplinas

más. Es cierto que los robots empezaron como herramientas industriales, sin embargo, se prevé en el libro blanco de la robótica editado en España que los robots se incorporen a nuestra vida diaria de manera habitual para el año 2020. Sin embargo, en este momento ya ha habido exitosos experimentos con robots sociales.

Personalidad estética

Producto de esto, podemos vislumbrar el carácter social que posee cada robot. Indistintamente del sentido o propósito para el que fue creado, todo robot debe interactuar en cierto nivel con una persona, ya sea directa o indirectamente. Esto dependerá netamente del contexto en el que se desenvuelva y el objetivo que cumpla.

Imaginemos un robot, cualquiera, digamos un robot hexápodo como un cangrejo cuya función sea solo caminar e interactuar con las personas que se le acerquen. Ahora démosle un contexto, en uno debe invitar a niños a acercarse al lugar donde está transitando y en el otro, debe impedir que se acerquen al lugar. ¿Cómo es posible que logre esto?

El hecho de poseer una forma basada en un animal, lo convierte en un artefacto cognitivo, por lo que podemos darle una personalidad, lo que permite que las personas interactúen más fácilmente con este. Esta

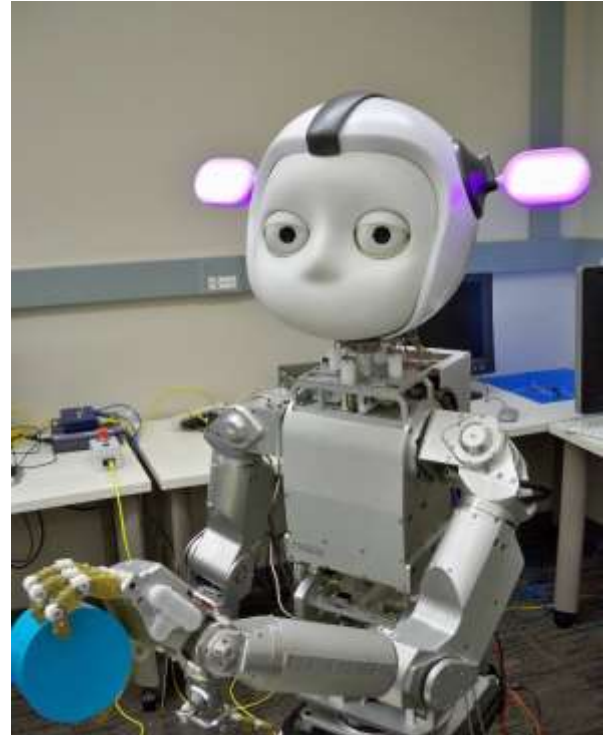


Imagen 20: SIMON, EL ROBOT SOCIAL QUE PUEDE APRENDER Y ADAPTARSE A LOS HUMANOS. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://www.zdnet.com/article/meet-simon-the-social-robot-that-can-learn-and-adapt-to-humans/>

personalidad está definida por cómo se construye visualmente la forma del robot.

La personalidad estética imbuida a este objeto cognitivo por la forma general de este, está asociada a que concepto estético se desea representar con el diseño de la

estructura. En el caso de que nuestro hexápodo deba proyectar cercanía y ser aceptado de forma agradable por los niños, se busca un concepto asociado al diseño de la estructura externa del robot más cercano a lo adorable, mientras que si lo que se busca es repeler a los niños, o generar un cierto grado de rechazo, en función del contexto, se busca que el concepto asociado al diseño de la estructura sea más cercano a lo agresivo.

Para poder definir como se construye geométricamente cada uno de los conceptos estéticos, fue necesario descomponer a 2 bits las imágenes de 100 artrópodos, al menos para este caso específico, con el motivo de estudiar su silueta. El proceso consistió en la abstracción progresiva de la forma inicial hasta la mínima expresión significativa de la forma inicial (ver Imagen 21), y después de un proceso de encuestas, se podía evaluar a que concepto estético pertenecía la forma original.

Una vez asociada la abstracción a un concepto estético, se puede analizar cómo cada serie de abstracciones se construye

geométricamente, permitiéndome de esta forma usar la construcción geométrica para diseñar formas con un concepto estético asociado (A method for aesthetic product design).

La descripción de cómo se construye cada uno de estos conceptos estéticos, corresponde a:

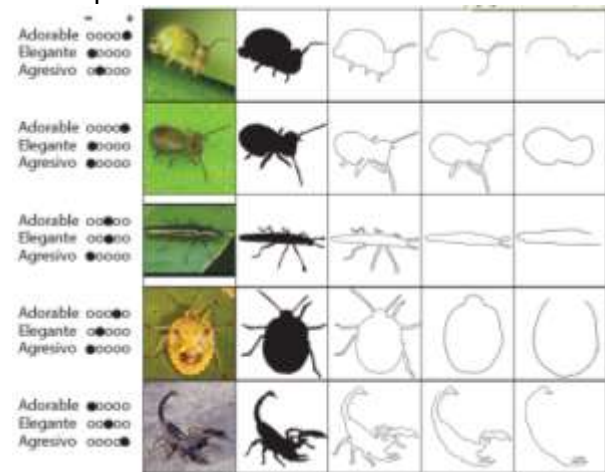


Imagen 21: SECUENCIA DE ABTRACCIONES DE ARTROPODOS. [ILUSTRACION].

Adorable: Se define como aquello con atractivo visual placentero, con predominio de formas sinuosas que constantemente cambian de dirección de

manera fluida y que encierran un todo compacto.

Agresivo: Se define como aquello que evoca violencia, principalmente posee curvas amplias que tienden a rectas y que forman puntas afiladas que se proyectan hacia el exterior. El todo es bien definido y geométrico.

De esta misma forma, podemos describir la construcción geométrica de otros conceptos estéticos que nos pueden ser útiles para el desarrollo de otras personalidades estéticas asociadas al contexto y propósito del robot, como lo son:

Seguro: Se define como aquello que proyecta estabilidad y confianza, el todo se construye por rectas y/o curvas amplias, posee proporciones equilibradas y bases generosas.

Inseguro: Se define como aquello que proyecta fragilidad y ensimismamiento. Esta forma se construye con curvas suaves que tienden a cerrarse hacia un centro común,

formando un todo poco denso que se auto contiene.

CAPÍTULO 3

Proyecto Crabot-Funcionamiento

Proyecto Crabot



Imagen 22: IMAGEN DE LA PRIMERA VERSIÓN DE LA PLATAFORMA ROBÓTICA CRABOT. [FOTOGRAFIA]

Introducción

El diseño y construcción de plataformas robóticas con extremidades tiene un gran potencial si el objetivo es cursar terrenos complejos y de difícil acceso para los cuales se vuelve inútil el uso de plataformas que utilizan ruedas para su desplazamiento.

En la actualidad son variados los modelos de plataformas robóticas con extremidades que pueden encontrarse, tales

como bípedos parecidos a los seres humanos y cuadrúpedos, hexápodos u octópodos parecidos a animales o insectos, pero el uso de sus extremidades solo se ha explotado solo con objetivos de desplazamiento. Es por esto que se plantea adicionar características a cada una de las extremidades de la plataforma robótica, permitiendo que estas puedan ser utilizadas como herramientas de trabajo destinadas a manipulación de objetos, recolección de muestras de terreno y otras variadas interacciones que se pueden realizar con el entorno físico por el cual se pretende transitar.

Diseño plataforma robótica

Características Estructurales

Con el objetivo de realizar una plataforma robótica multipropósito con las características mencionadas anteriormente, se plantea la construcción de un robot hexápodo, de seis extremidades, tipo

cangrejo. La razón del número de extremidades elegido en su diseño es poder darle a la plataforma la capacidad de utilizar sus extremidades como herramientas de trabajo, al igual que lo haría un cangrejo en la naturaleza, por lo que a cada extremidad se le agregó al extremo de cada sección final, una punta de material flexible. Esta punta permitiría que el robot pudiera interactuar con el entorno que le rodea, manipulando objetos, recogiendo muestras, entre otros.

Gracias a las características antes mencionadas la plataforma robótica podría tomar una posición de trabajo apoyando su peso en cuatro o cinco de sus extremidades y utilizar dos o una ellas que quede libre para distintas tareas.

En la Imagen 22 puede apreciarse una imagen de CRABOT aún sin las puntas en cada una de sus extremidades.

Cada una de las extremidades antes mencionada está compuesta por cuatro grados de libertad (ver Imagen 23). Los

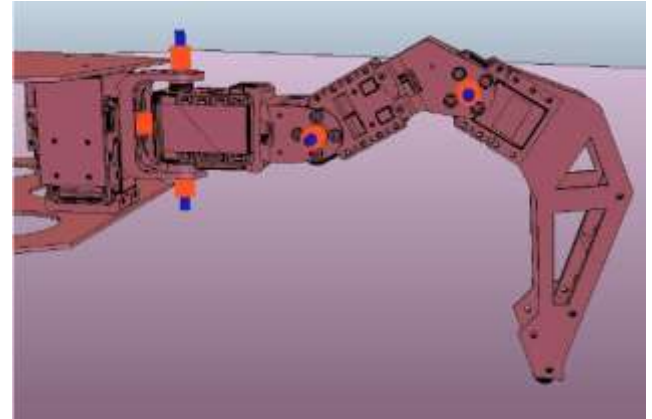


Imagen 23: EN LA IMAGEN SE PUEDE APRECIAR CON BASTONES NARANJOS LOS EJES O GRADOS DE LIBERTAD DE UNA DE LAS EXTREMIDADES DEL ROBOT. [IMAGEN].

últimos tres grados de libertad que comprenden cada extremidad son los encargados de proporcionar la movilidad para el desplazamiento de la plataforma por el espacio, y son suficientes para permitir una buena movilidad por cualquier terreno. El grado de libertad restante se encuentra adosado al tronco central de la plataforma y es el encargado de dar la movilidad extra necesaria para la manipulación de objetos, funcionando a modo de hombro rotatorio para cada extremidad.

Componentes de Hardware

Actuadores móviles

Cada una de las extremidades, como



Imagen 24: DYNAMIXEL MX-64T ROBOT ACTUATOR FROM ROBOTIS. [FOTOGRAFIA].

se hablaba anteriormente, se componen de 4 grados de libertad, los cuales se implementan con Smart servos de la familia Dynamixel, específicamente el modelo MX-64At (ver

Imagen 24) en la última versión (Actuator, s.f.), con un torque máximo de 7.3 [Nm]. Como lo dice su nombre, Smart servos, son servomotores inteligentes debido a que internamente poseen un controlador que maneja el motor y además provee de variada información, como por ejemplo la temperatura interna del motor, la corriente que está consumiendo, el torque que está realizando, entre otros. Además internamente poseen una caja de reducción que le permiten al motor generar altos niveles de torque mecánico necesarios para el correcto funcionamiento de la plataforma robótica.

Sensores

Muy importantes son las herramientas de medición que le permiten al robot captar señales y variables del medio por el que se desplaza e información de su propio comportamiento. Estas herramientas son los sensores que el robot posee, tales como la unidad de medición inercial (IMU) la cual entrega información de la inclinación absoluta

del robot y su aceleración en los tres ejes coordenados. Otro de los sensores que posee CRABOT es una cámara RGB y sensor de proximidad Asus Xtion Pro Live (ver Imagen 25), del cual se hablará más adelante, que permitirá realizar reconstrucciones de los terrenos a explorar por la plataforma.



Imagen 25: XTION PRO DEVELOPER SOLUTION TO MAKE MOTION-SENSING APPLICATIONS AND GAMES. [FOTOGRAFIA]. Recuperado de https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion_PRO_LIVE/

Además están los ya mencionados sensores que vienen incorporados internamente en los actuadores Dynamixel, los que permiten conocer el comportamiento de cada uno de los actuadores al interactuar con el medio, como por ejemplo la fuerza que realizan al ejecutar una determinada tarea, las

corrientes promedio y máximas que consumen, la carga que soportan, entre otras mediciones. Junto con una serie de sensores de presión ubicados en los extremos de cada una de las patas con el motivo de monitorear la presión que se ejerce en cada uno de estos puntos. Dentro de estos extremos, también va inserta una IMU, la que monitorea la posición relativa de cada punto de contacto entre el robot y la superficie junto con trazar su movimiento.

Controladores y minicomputadores

Nada de lo hablado anteriormente podría funcionar por si solo sin contar con la ayuda del hardware computacional que lo maneja. En ese punto toma juego clave el trabajo del microcontrolador que es capaz de manejar todas las instrucciones para permitir el movimiento del robot y obtener información a través de los sensores mencionados.

Aún más importante es el minicomputador ubicado en el robot, ya que es prácticamente el cerebro central de la máquina. El minicomputador es el encargado de correr el programa principal que coordina el funcionamiento de todo el robot junto a la interacción con el usuario que lo manipula.

Algoritmos de movimiento

Variadas son las acciones necesarias para una persona, animal o insecto para realizar todos los movimientos necesarios para desplazarse e interactuar con el medio, al igual que lo debe ser para una plataforma robótica en donde hay que recrear todas estas acciones, tales como caminar, girar, subir y bajar el nivel de su centro de masa e inclinar su cuerpo, entre las más importantes.

Para todas las acciones que debe realizar la plataforma existe un factor común que debe resolverse, la cinemática directa e inversa.

Procesamiento de imágenes

El trabajo relacionado con el procesamiento de imágenes busca hacer lo que se denomina como "Mapeo 3D con una cámara de color y distancia". Como se indica, lo que se debe conseguir es tomar las imágenes suficientes de modo de lograr elaborar un mapa tridimensional del entorno del robot. Este problema es denominado SLAM (Simoultaneous Localization and Mapping) en documentación técnica.

Las herramientas necesarias para solucionarlo son una cámara RGB-D (Color y distancia), como la Asus Xtion Pro Live (ver Imagen 25), y una plataforma giratoria montada bajo dicha cámara. Dado que esta cámara permite obtener tanto información de color (cámara de color de 640x480 píxeles) como de profundidad (imagen de distancia de 640x480 píxeles, que permite detección de objetos entre 30 centímetros a tres metros de distancia).

Control y manejo de la plataforma robótica

Con el objetivo de un fácil control y manejo del robot de forma remota e inalámbrica es que fue diseñada una interfaz web desde donde pueden monitorearse variados aspectos técnicos de la plataforma y a la vez entregarle todas las instrucciones necesarias para su funcionamiento (ver Imagen 26). Esta interfaz es alcanzable a través de la red wifi a la cual se encuentra conectado el robot y por lo tanto a esta se puede acceder a través de cualquier dispositivo conectado a esta misma red, teniendo disponible algún browser que le permita navegar por internet.



Imagen 26: INTERFAZ WEB PARA EL CONTROL DE CRABOT. [ILUSTRACION]

Funcionamiento y aplicabilidad

Gracias a todo el exitoso trabajo realizado anteriormente, se han abierto las puertas para poder abarcar nuevos temas, como es el caso de la inteligencia artificial, redes neuronales y neuroevolución. Estos nuevos tópicos permitirán a “CRABOT” expandir sus capacidades a otro nivel en lo que es la robótica móvil.

CAPÍTULO 4

Desarrollo del Proyecto

Indumentaria

Makerbot

Makerbot Industries es una compañía con sede en Brooklyn, Nueva York fundada en enero de 2009 por Bre Pettis, Adam Mayer y Zach Smith cuya finalidad es producir impresoras 3D basadas en tecnología de modelado por deposición fundida o FDM.

Actualmente en las dependencias de Ingeniería en diseño de Productos, se encuentran disponibles para el uso de los alumnos, dos tipos de prototipadoras producidas por Makerbot. Esta tecnología permite acercar los modelos realizados en etapas anteriores para esta memoria e investigación a la producción y tangibilidad de los mismos, por ello, con la utilización de esta maquinaria se pudo analizar, conocer y resolver problemáticas de las etapas de los procesos realizados anteriormente (All3DP, s.f.).

MAKERBOT - REPLICATOR 2X

La impresora 3D Replicator 2x Se diferencia de las otras por su cama caliente, doble extrusor y compartimiento cerrado. Esto permite imprimir con diferentes materiales como PLA, ABS, Nylon, flexibles entre otros, tiene un volumen de impresión de 24.6 L x 15.2 W x 15.5 H cm. Su resolución es de 100 micrones (Replicator 2X, s.f.).

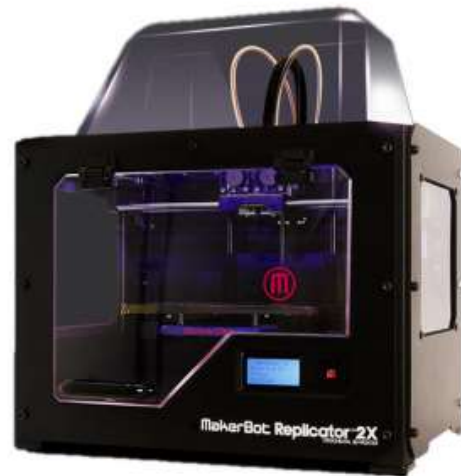


Imagen 27: MAKERBOT REPLICATOR 2X.
[FOTOGRAFIA]. Recuperado de <http://www.3Ders.org>.

MAKERBOT REPLICATOR - FIFTH GENERATION

La REPLICATOR es un nuevo modelo de la Quinta Generación de Makerbot, especializado en impresión de PLA. Posee un extrusor inteligente que la hace más confiable y segura al momento de realizar impresiones largas, debido a que se pausa automáticamente el proceso de impresión en caso de que el filamento usado como materia

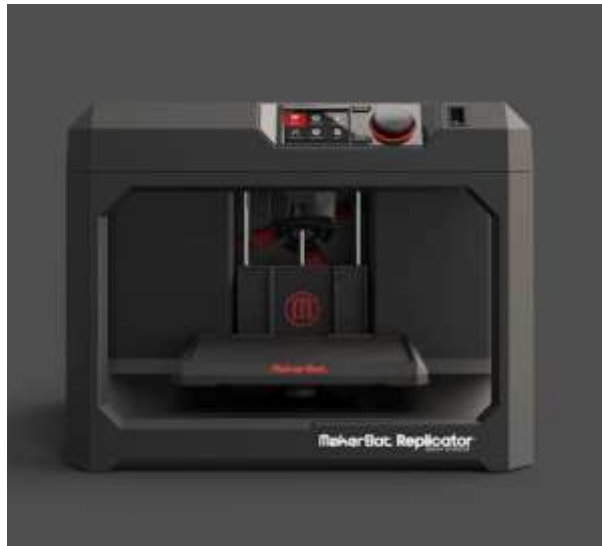


Imagen 28: MAKERBOT 5TH GENERATION.
[FOTOGRAFIA]. Recuperada de <http://www.3ders.org>.

prima se acabe o se atasque por algún motivo. Su superficie permite realizar impresiones de 25.2H x 19.9 x 15.0 cm con un máximo de resolución de 100 Micrones, tiene conectividad Wi-Fi, USB stick, USB cable y Ethernet (Replicator 5th, s.f.)

MAKEBOT – REPLICATOR 2

La MakerBot Replicator 2 es una impresora 3D que imprime modelos de alta calidad con una resolución de hasta 100 Micrones por capa. Esta impresora 3D ha sido optimizada para imprimir solo PLA en una plataforma más grande que su predecesora (MakerBot Replicator), por lo que es capaz de imprimir una mayor cantidad de partes por impresión. Su volumen de impresión corresponde a un cubo de 28.5L x 15.3W x 15.5H cm y solo posee conexión USB cable y lector de tarjetas SD (Makerbot Replicator 2, s.f.).

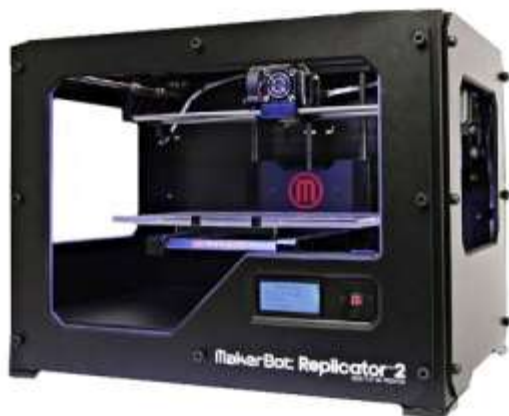


Imagen 29: MAKERBOT REPLICATOR 2.
[FOTOGRAFIA]. Recuperado de
<http://www.toptenreviews.com/computers/3d-printers/best-3d-printers/replicator-2-review/>

Esta impresora sufrió una modificación para poder imprimir FilaFlex además de los materiales normalmente usados. El componente modificado es parte del sistema de extrusión, específicamente el “Hot-End”, el que consta de un Termistor, una termocupla y un tubo PTFE (ver Imagen 30).



Imagen 30: DETALLE DEL HOTEND DE RECREUS.
[FOTOGRAFIA]. Recuperado de
<http://blog.electrofunltd.com/2014/11/extrusor-de-recreus-un-extrusor-muy.html>

Junto con la reconfiguración física de la impresora, también se debe realizar un nuevo perfil de impresión, el que debe tomar en cuenta una nueva temperatura para el extrusor y un cambio considerable tanto en las velocidades de impresión, como en el grosor del filamento.

Debido a que en la página del proveedor del material FilaFlex (RECREUS EXTRUDERS, s.f.) no se entrega un perfil de impresión para MakerBot, solo se entregan rangos de velocidades y temperaturas, se

debe generar uno en base a la experiencia y el ensayo y error del uso de este material.

Los rangos entregados por el proveedor son:
Temperatura: 225 a 260°C y velocidad de impresión: de 20 a 110 mm/s.

Luego de la experimentación con variadas temperaturas y múltiples velocidades, se obtiene la siguiente configuración:

Temperatura de 240°C

Velocidades:

Bridges: 20mm/s.

First Layer: 18mm/s.

Esta velocidad corresponde a la velocidad con la que se imprime la primera capa del modelo sin Raft, posee una velocidad levemente inferior a los 20mm/s, para asegurar la adhesión a la superficie de impresión de la totalidad de la primera capa. Debido a que a los 20mm/s en ocasiones quedaban partes sin adherirse.

First Layer Raft: 20mm/s.

Floor Surface Fills: 20mm/s.

Infill: 20mm/s.

Insets: 20mm/s.

Outlines: 15mm/s.

Esta velocidad es considerablemente más baja, debido a que es con la que se mueve el extrusor mientras se deposita la capa exterior de las murallas que construyen el modelo, la que por consecuencia, es la responsable del acabado superficial de este mismo, por lo que con esta disminución conseguimos una última capa lo más uniforme posible; por ello a su vez una calidad superficial más óptima.

Raft: 20mm/s.

Raft Base: 10mm/s.

Roof Surface Fills: 20mm/s.

Sparse Roof Surface Fills: 20mm/s.

A modo de nota, las velocidades de la impresión de Raft, también se ven modificadas, pero no es recomendable su uso, debido a que es un gasto de material innecesario, ya que, con el resto de las configuraciones la adhesión del modelo y el material de soporte, están aseguradas. En caso de que esto no sea así, es producto de

una des nivelación de la plataforma de impresión.

Cabe destacar, que también se modificó la distancia de retracción del material de los 1,3 mm por defecto a 1,6 mm. Este parámetro se modifica con el motivo de evitar que se formen “hilos” entre un punto de impresión y otro que está alejado mientras el extrusor se desplaza. Este parámetro está dentro de la viñeta “Extrusor” dentro del perfil de configuración.

El hecho de que el material se retracte, no significa que se genere una presión negativa dentro del extrusor succionando material por la boquilla hacia adentro, sino que esta solo disminuye la presión sobre el área en la que se derrite el material y por consecuencia al moverse de un área de impresión a otra, disminuye considerable la creación de filamentos entre áreas de impresión mientras el extrusor se mueve.

MATERIALES

En este proyecto se usaron 3 materiales diferentes debido a las necesidades de los prototipos, los que corresponden a:

- ABS.
- PLA.
- FilaFlex.

ABS.



Imagen 31: ROLLO DE ABS. [FOTOGRAFIA].
Recuperado de <https://3dfactory.mx/producto/esun-abs-black/>

El Acrilonitrilo Butadieno Estireno o ABS es un plástico muy resistente al impacto,

utilizado especialmente en la industria de la automoción, pero en ocasiones también en la doméstica.

El ABS se considera un termoplástico amorfo. Un termoplástico es un plástico que, sometido a la exposición de temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible llegando incluso a derretirse, mientras que cuando se enfría lo suficiente, se endurece.

Se le suele llamar plástico de ingeniería porque su elaboración y procesamiento es algo más compleja que en los plásticos comunes.

El ABS es un polímero compuesto por tres bloques, acrilonitrilo, butadieno y estireno por lo que se le denomina terpolímero.

Cada uno de los tres bloques aporta características distintas. El acrolonitrilo rigidez, resistencia a ataques químicos, dureza y estabilidad a las altas temperaturas. El butadieno, tenacidad a la temperatura cuando ésta es especialmente baja y resistencia a

impacto; y el estireno, resistencia mecánica, rigidez, brillo, dureza.

Esta mezcla de propiedades hace que el producto final sea de gran aplicación en la fabricación de equipos pesados y aparatos electrónicos.

El ABS es un ejemplo de compuesto de materiales que con la unión de las propiedades de estos, busca ser una alternativa al desarrollo de materiales nuevos.

Este material 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. Además, el ABS absorbe poca agua y es fácilmente recubierto con capas metálicas pues es muy receptivo a los baños de metales.

El ABS es opaco y puede ser de color oscuro o marfil. Puede pigmentarse en la mayoría de los colores obteniéndose un buen acabado y no es tóxico, por ello que podemos encontrarlo presente en la mayoría de las piezas plásticas de los bloques de Lego o Bandai.

Este termoplástico puede ser extruido, moldeado mediante inyección, solapado y prensado. No es altamente inflamable aunque mantiene la combustión. En caso de aplicarle un retardante de llama, el ABS puede ser incombustible.

En nuestro entorno diario, el ABS está presente en múltiples objetos rutinarios tales como carcasas de televisores, radios, ordenadores y equipos informáticos, así como en grapadoras o carpetas.

El ABS también se puede utilizar en aleaciones con otros plásticos, como por ejemplo el PVC, de cuya unión se obtiene un plástico de alta resistencia utilizado en la fabricación de televisores.

También se le puede añadir PTFE (teflón) para reducir su coeficiente de fricción, o compuestos halogenados para aumentar su resistencia al fuego.

Uno de los inconvenientes del ABS es su precio. No ser capaces de disminuir el coste de este material es lo que está haciendo que en los últimos años en algunos países de América Latina y EEUU, esté siendo sustituido por el Poliestireno de alto impacto.

-ABS EN LA IMPRESIÓN 3D:

En el mundo de la impresión 3D, el ABS es uno de los materiales que en la actualidad más se utiliza para llevar a cabo los procesos de impresión. El ABS convive con otros materiales sustitutivos como el PLA y aunque sus aplicaciones son muy parecidas, uno es más indicado que otro según el objetivo.

El ABS está más indicado cuando se busca la fuerza en el resultado o cuando lo que se va a imprimir va a quedar expuesto a temperaturas extremas. Está disponible en un

abánico más amplio de colores sobre todo por la buena tolerancia de éste a la pigmentación de sí mismo, aunque su precio es más elevado que el PLA. Algunos usuarios consideran que el ABS es más difícil de utilizar pero eso, es cuestión de opiniones.

PLA

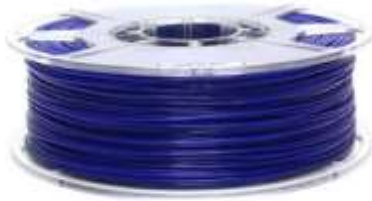


Imagen 32: ROLLO DE PLA. [FOTOGRAFIA].
Recuperado de <https://3dfactory.mx/producto/esun-pla-skin-copiar/>

El PLA (Ácido Poliláctico) es un polímero biodegradable que podemos encontrar en el mercado de comercialización de plásticos desde 1990. Es uno de los

plásticos en mayor estudio y desarrollo por sus múltiples aplicaciones en el mercado.

Este interesante polímero tiene su origen en el almidón proveniente de vegetales como: maíz, yuca, trigo, remolacha o caña de azúcar, lo que facilita su fuente de extracción alejándola de los procesos de transformación de los hidrocarburos que caracterizan la obtención de otros polímeros.

Al ser biodegradable, este poliéster termoplástico, se descompone lentamente en moléculas más simples al entrar en contacto con compuestos como el agua u óxidos de carbono. De esa forma se asegura una reinserción natural a lo largo de su ciclo de vida, al contrario que plásticos derivados de hidrocarburos como el ABS.

La facilidad de acceso a la materia prima para obtención del PLA (almidón) hace que cada región pueda tener su fuente de almidón propia debido a sus cultivos geográficos, en cambio, los polímeros derivados de hidrocarburos han de tener un suministro externo de este tipo de materia

prima. Fue incluido en la lista de plásticos de la FDA (Food and Drug Administration) por sus aplicaciones en el campo de la biomedicina y la alimentación.

Sus propiedades, como material, son igual de interesantes:

Tiene una densidad aproximada de 1.27 g/cc, lo que lo convierte en un material más pesado que el ABS.

Su dureza Shore (escala que mide la dureza de los plásticos) es de grado 63.5, siendo mayor que la del ABS. Lo que lo convierte en un plástico más duro que el anterior.

Es más rígido que el ABS, teniendo un módulo de elasticidad de 3.63 GPa, lo cual dificulta su deformación ante cargas y lo hace un material menos elástico.

Menor resistencia ante impactos que el ABS. Tiene propiedades mecánicas similares al PET.

FILAFLEX.



Imagen 33: ROLLO DE FILAFLEX DE RECREUS.
[FOTOGRAFIA]. Recuperado de
<http://recreus.com/en/filaflex-filaments/58orange-filaflex-175mm.html>

De este material no hay mucha información disponible sobre su composición, solo que es un TPE (elastómero termoplástico) con base de poliuretano y ciertos aditivos para hacerlo imprimible.

Filaflex tiene una gran elasticidad y te permite imprimir piezas elásticas (Filaflex, s.f.).

Posee una dureza shore de 82A y se estira un 700% hasta la rotura, es resistente a la gasolina, disolventes y acetona. Aunque no es toxico, no es food-friendly o recomendado para su uso médico. En lo que a impresión respecta, producto de su composición, no necesita ni cinta kapton, ni cinta adhesiva, ni laca o plataforma caliente para que el material se adhiera a la superficie de trabajo. También cabe destacar que se puede combinar con PLA o ABS, si es que el equipo de impresión lo permite, para crear nuevas impresiones híbridas y/o nuevas funcionalidades.

Desarrollo de Partes



Imagen 34: ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO CRABOT. [IMAGEN].

Modulo constructor de la base.

Inicialmente se identifican las necesidades de la base, las que son: la equidistancia entre los 6 servos iniciales que vinculan las piernas con el cuerpo central (base), el gran tamaño de los servos y la limitante por el tamaño de la plataforma de impresión de la impresora 3D existente en el ex Centro de Robótica y actual centro de Innovación y Robótica Estudiantil de la USM,

que en este caso es una Makerbot Replicator 2x.

Motivo de esto, es que se comienza a trabajar con la geometría referencial de un hexágono usando los puntos medios de cada cara de este polígono como punto de anclaje para cada servo. Una vez definido el tamaño de la base, se decide construir esta de forma modular, con esto me refiero a que se diseña una pieza que al repetirse 6 veces y que al vincularse unas con otras se completa la forma hexagonal de la base. (ver Imagen 35)

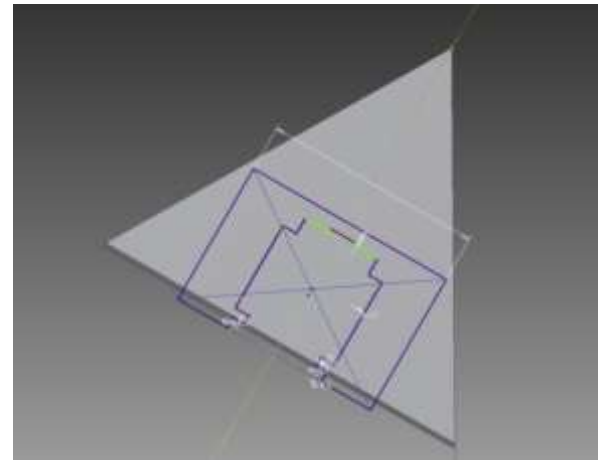


Imagen 35: FORMA BASE DEL MODULO QUE CONSTRUIRA LA BASE DE CRABOT. [IMAGEN]

Al usarse el punto medio de cada cara como el punto de anclaje de un servo, se divide el hexágono base en 6 partes, usando como parámetro de corte una línea entre cada arista y el centro del centro del polígono, formando 6 figuras geométricas iguales similares a un triángulo. A partir de esta figura se inicia el modelado del módulo que conforma la base del cuerpo de Crabot.

Una vez obtenida la forma bruta extruida de la figura geométrica descrita anteriormente, se comienza por el diseño del receptáculo del servo, el que consiste en crear las paredes de anclajes del servo, las que serán las encargadas de mantener el servo en su lugar y aportar con la estructura y forma externa a la base (ver Imagen 36).

Estas paredes más 2 paredes adicionales, forman una caja rectangular con una abertura en la parte superior para la entrada del servo y una ranura guía que permite el paso de la rueda dentada del servo.

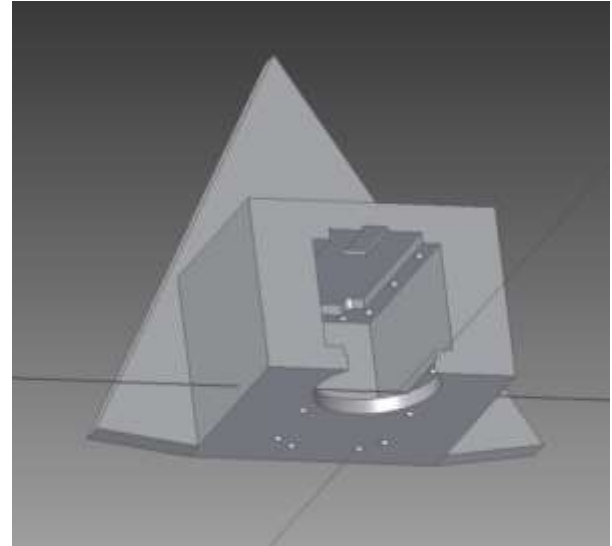


Imagen 36: DISEÑO DEL RECEPTACULO DEL SERVO EN LA BASE DEL MODULO TRIANGULAR.
[[IMAGEN]]

Y tomando en cuenta la dificultad que presenta este diseño al desmontaje de dicho servo, se reemplaza el piso de esta caja rectangular con un sistema simple de elevación, que permite empujar el servo desde el exterior sin la necesidad de una mayor intervención, debido a que la cara superior del servo queda hacia abajo, también se realiza

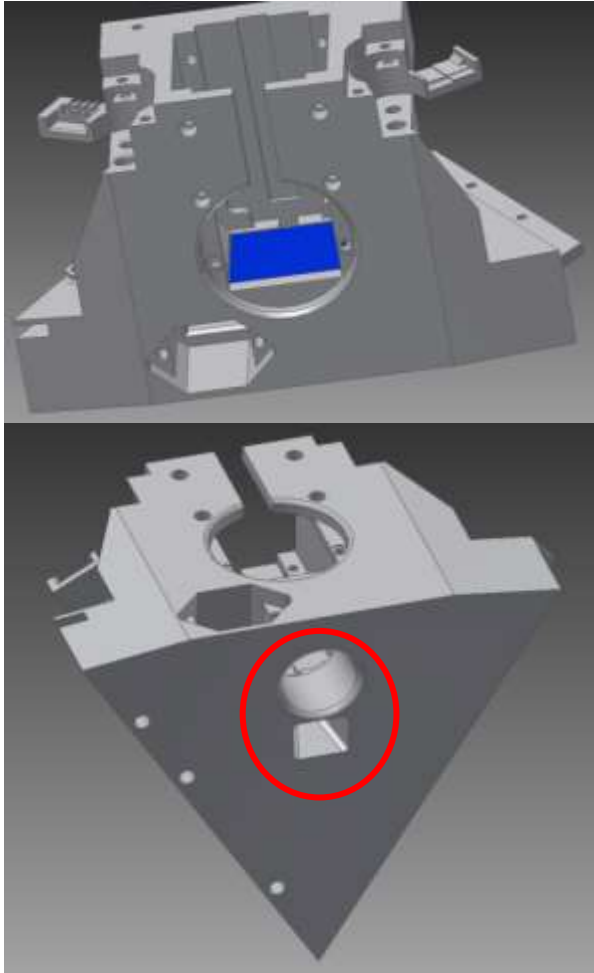


Imagen 37: INTEGRACION DEL SISTEMA DE ELEVACION DEL SERVO Y CAVIDAD PARA LA VISUALIZACION DEL LA LUZ DE ESTADO DE ESTE. [IMAGEN].

un ducto para que desde el exterior sea posible visualizar la luz de funcionamiento de este (ver Imagen 37).

Ya diseñado el anclaje del servo, se procede a diseñar el sistema de anclaje entre los módulos que conforman la base, el que consiste simplemente en una proyección rectangular en la parte inferior derecha de la cara inferior del módulo, en forma de “aleta”, junto a su contraparte ubicada en la cara opuesta, a forma de negativo. Para mantener fijas las aletas de anclaje se hacen perforaciones coincidentes en ambos lados, mientras que en el lado que posee el negativo de la aleta, posee un receptáculo de forma hexagonal sobre la perforación con el motivo de contener, impedir el giro y mantener fija la tuerca de los tornillos de anclaje. (ver Imagen 40 e Imagen 39)

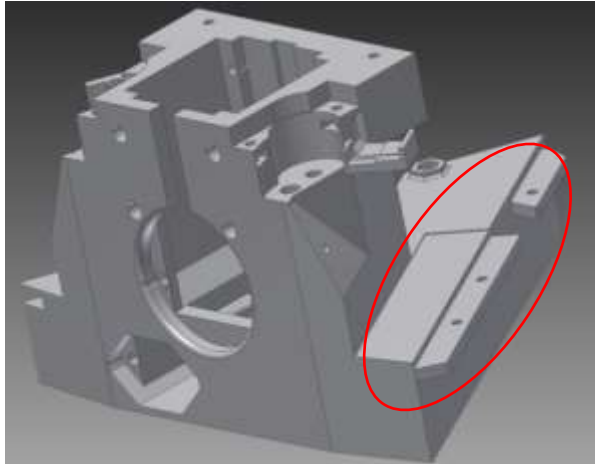


Imagen 39: ALETA DE ANCLAJE ENTRE MODULOS.
[IMAGEN].

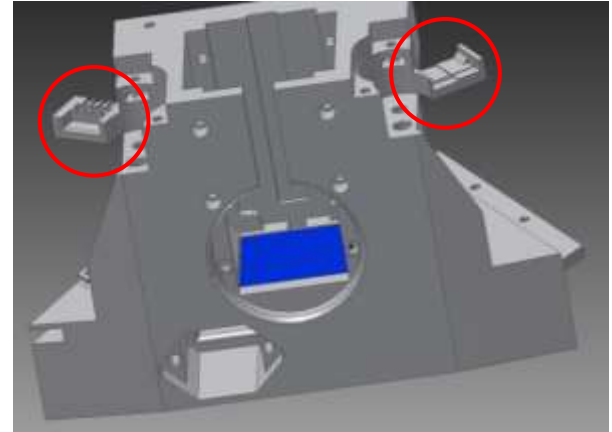


Imagen 38: RECEPTACULOS DE LOS CONECTORES
QUE RECIBIRAN SUS CONTRAPARTES DEL
MODULO DE BATERIA. [IMAGEN]

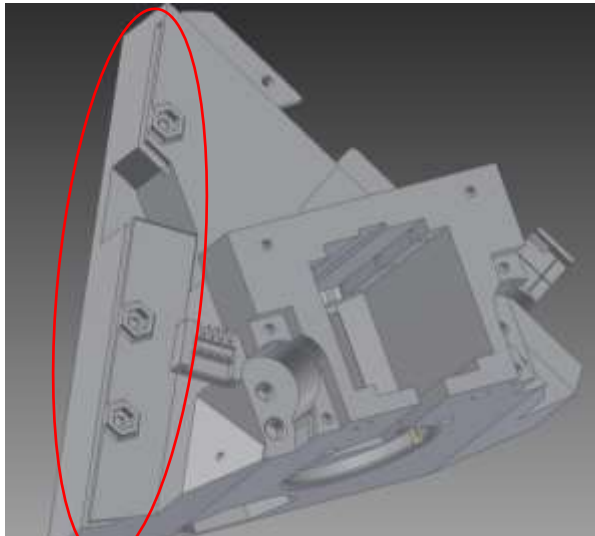
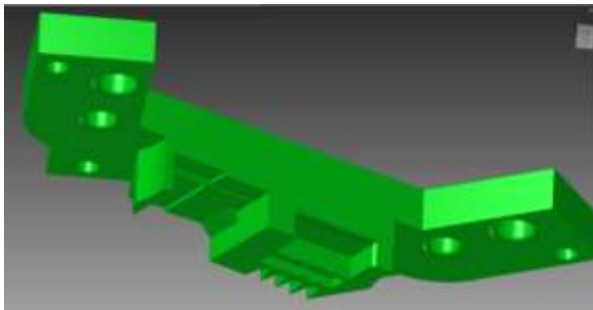


Imagen 40: CONTRAPARTE DE LA ALETA DE
ANCLAJE Y RECEPTACULOS DE TUERCAS.
[IMAGEN]

Una vez anclados 2 módulos se aprecia claramente el espacio presente entre estos, por lo que se vislumbra la posibilidad de usar este espacio para crear el canal guía y sistema de anclaje para los módulos de las baterías. Usando el sólido del contenedor de batería como herramienta de corte sobre este espacio se genera el canal guía, el que se interviene para modelar y alinear las contrapartes de los conectores del módulo de batería, conector de balance y de poder. Al hacer esto, el panel de conectores hembras queda dividido, compartiendo un conector

para cada uno de los lados del módulo base (ver Imagen 38).

A modo de reforzar la unión entre módulos que conforman la base y facilitar el montaje de los conectores, se separa el panel de conectores nombrado anteriormente separándolo de forma que la parte inferior sea parte del módulo de la base, mientras que las partes superiores se unen para formar una tapa que cumplirá la función de mejorar la unión entre módulos (ver **Error! Reference source not found.** e **Error! Reference source not found.**), dar un soporte más rígido al panel de conectores y a su vez mantener fijo



el sistema de desmontaje de los módulos de batería.

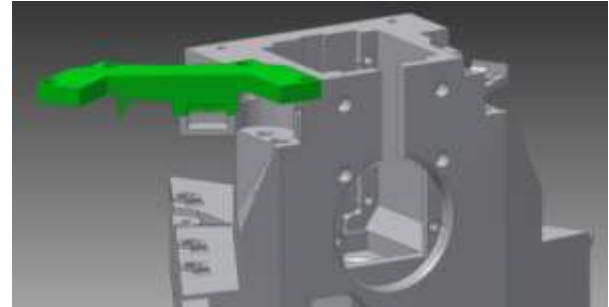


Imagen 42: UBICACIÓN DE LA PARTE SUPERIOR DEL PANEL DE CONECTORES. [IMAGEN]

Para culminar el sistema de anclaje de la batería en el módulo de la base, se realiza una leve hendidura esférica en una de las caras anguladas del canal guía para las baterías, la que encaja con una protuberancia esférica presente en la contraparte del contenedor de la batería (ver Imagen 43).

La última intervención en el módulo de la base es un ducto que vincula el exterior e interior del cuerpo base y cuya función es

Imagen 41: PARTE SUPERIOR DEL PANEL DE CONECTORES Y REFUERZO VINCULANTE ENTRE LOS MODULOS DE LA BASE. [IMAGEN].

contener un conector RJ-45 que ubicado en la parte exterior y el canal que lo une al interior por el cual pasa un cable de red (ver Imagen 44). Esto con el único motivo de hacer más expedita la comunicación entre los sensores de la pata y el interior.

Contenedor de la Batería.

El contenedor se diseña usando como

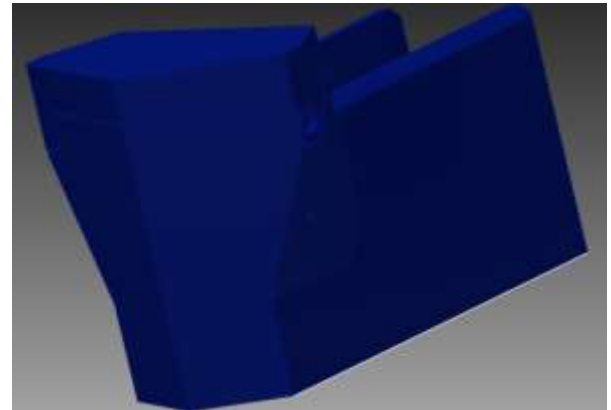
Imagen 43: UBICACIÓN Y FORMA DE LA ENDIDURA DE ANCLAJE DE LA BATERIA. [IMAGEN]

forma base un rectángulo, el que corresponde a la forma básica de la batería. Se diseña un



Imagen 44: CAVIDAD DISEÑADA PARA CONTENER Y ANCLAR EL CONECTOR RJ-45 QUE CONECTA EL EXTERIOR CON EL INTERIOR DE CRABOT. [IMAGEN]

contenedor en forma de caja rectangular sin la tapa superior y la trasera, a la que se le incluye un tope de mediana altura con el motivo de mantener la batería en su lugar (ver Imagen 48), dentro del contenedor, y en el caso de la expansión de esta, hay un espacio vacío en todas las direcciones entre la batería y el



contenedor, pero en mayor magnitud en la parte frontal interna del contenedor producto

de que en este espacio están ubicados los cables de la batería (ver Imagen 46).

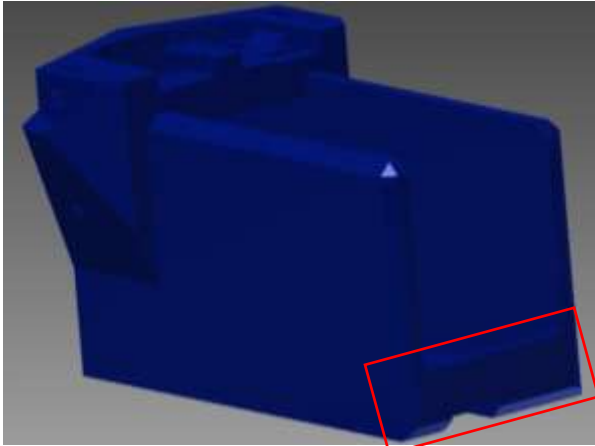


Imagen 46: TOPE DE MEDIA ALTURA INCLUIDO CON EL MOTIVO DE MANTENER LA BATERIA EN SU LUGAR. [IMAGEN].

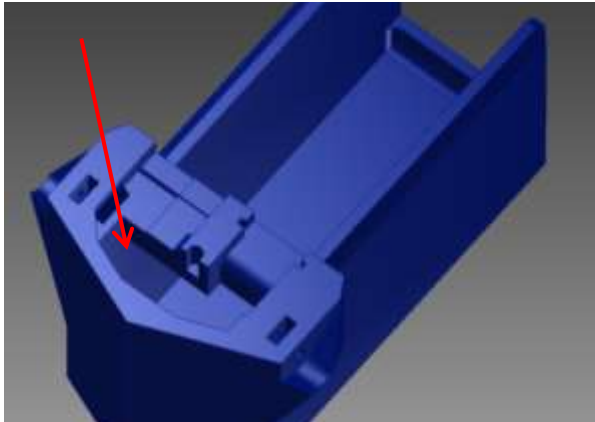


Imagen 48: ESPACIO DISEÑADO PARA CONTENER Y GUIAR LOS CABLES DE LA BATERIA. [IMAGEN].

Una vez definida la forma base del contenedor, se diseña el soporte y anclaje de los conectores de la batería. Se modela un puente en el extremo superior externo que hará de base para la mitad inferior del anclaje de los conectores y permitirá el montaje con sus contrapartes presentes en la base (ver Imagen 47).

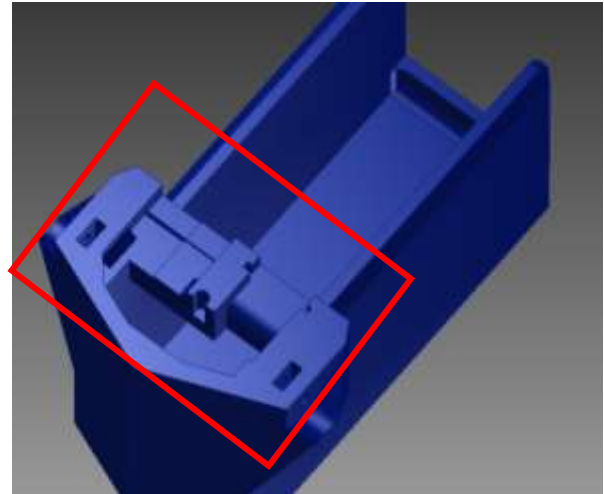


Imagen 47: SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS CONECTORES DE LA BATERIA (PODER Y BALANCE). [IMAGEN].

La mitad superior del anclaje de los conectores se extiende un poco para contener

los tornillos para fijar ambas partes (ver Imagen 51 e Imagen 49).

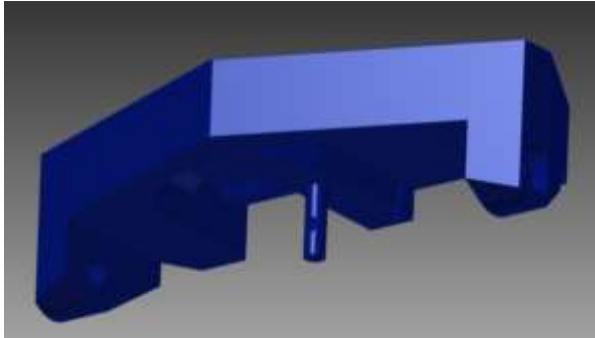


Imagen 50: TAPA DE FIJACION Y CONTRAPARTE DEL SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS CONECTORES DE LA BATERIA. [IMAGEN].

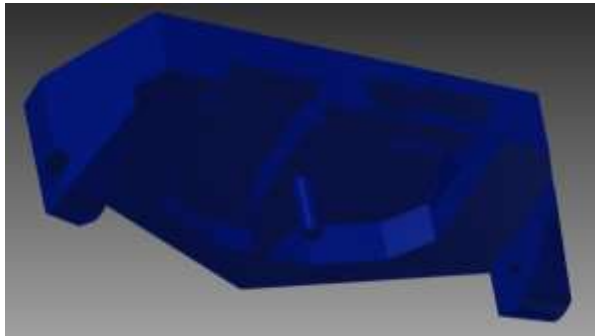


Imagen 51: TAPA DE FIJACION Y CONTRAPARTE DEL SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS CONECTORES DE LA BATERIA. [IMAGEN].

se incluye una guía en la superficie externa inferior del contenedor, las que en conjunto con las salientes que contienen las tuercas usadas para el anclaje entre los módulos de las bases, crean una útil guía para el movimiento del contenedor de las baterías (ver Imagen 50).

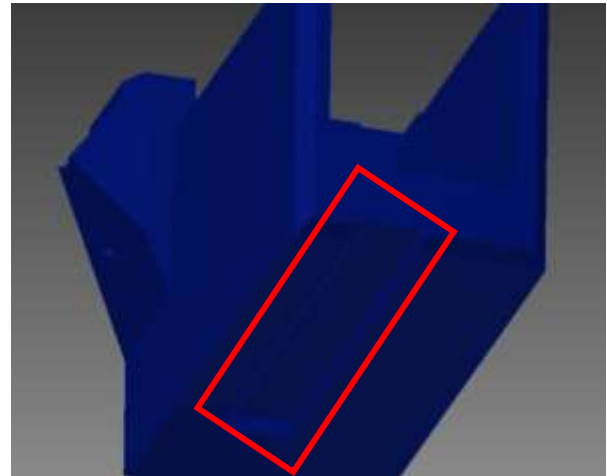


Imagen 49: RIEL GUIA UTILIZADO PARA EL DESPLAZAMIENTO DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN].

Con el motivo de hacer la entrada y salida del contenedor de la batería más fácil,

Sistema de Montaje y desmontaje del contenedor de batería.

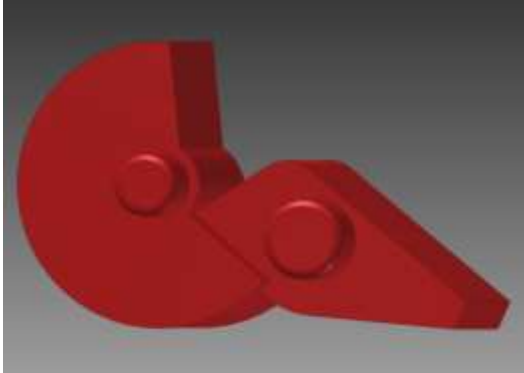


Imagen 52: MECANISMO RESPONSABLE DE LA LIBERACION DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN].

Este sistema está compuesto de 2 partes. La primera, es el sistema que opone resistencia a la salida del contenedor manteniéndolo en su lugar, acción que se logra al incluir una pequeña protuberancia semiesfera de forma simétrica en ambas paredes anguladas externas del contenedor de la batería, las que encajaran a la perfección en las cavidades semiesféricas ubicadas en las paredes anguladas opuestas ubicadas en cada módulo de la base, debido a que ambas, protuberancia y cavidad, están alineadas en la

posición de inserción del contenedor de la batería (Imagen 53 e Imagen 54).



Imagen 53: PROTUBERANCIA SEMIESFERICA QUE PERMITE MANTENER EN SU LUGAR EL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN]

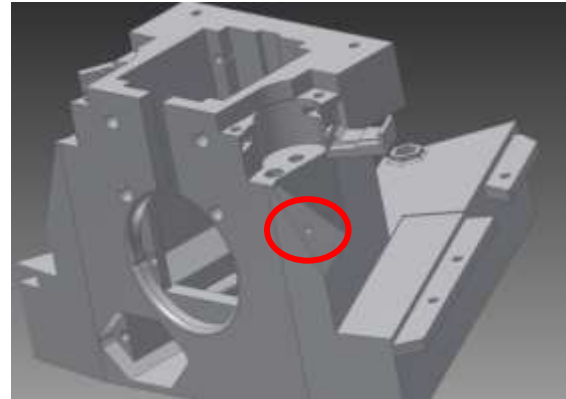


Imagen 54: CONTRAPARTE DE LA PROTUBERANCIA SEMIESFERICA PRESENTE EN EL MODULO QUE PERMITE MANTENER EL MODULO DE BATERIA EN SU LUGAR UNA VEZ INSERTO. [IMAGEN]

La segunda, consiste en el sistema de liberación de la batería, en la que se toma el movimiento natural de ejercer presión con 2 dedos opuestos de una misma mano, índice y pulgar, y producto de una conversión mecánica lo transforma en el empuje necesario para vencer el anclaje descrito en el párrafo anterior junto con la resistencia presentada por la desconexión de los conectores, y la saca lo suficiente como para que sea posible retirar la batería con la mano (Error! Reference source not found. e Error! Reference source not found.).

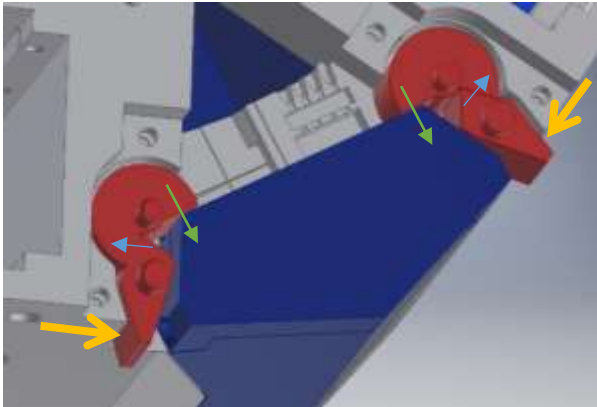


Imagen 55: FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DE LIBERACION DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN]

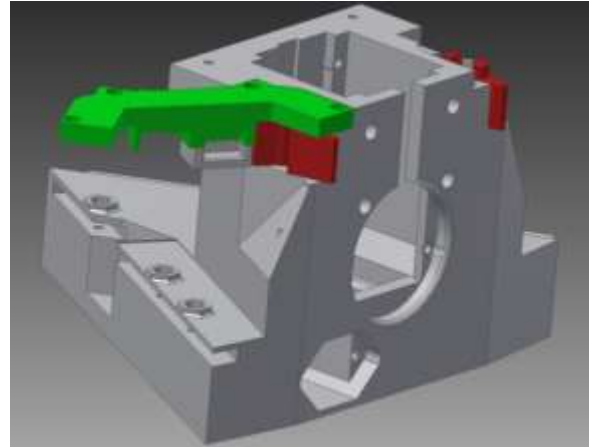


Imagen 56: MECANISMO MONTADO, INCLUIDA LA TAPA QUE ASEGURA LOS CONECTORES Y EL MECANISMO. [IMAGEN]

Pierna.

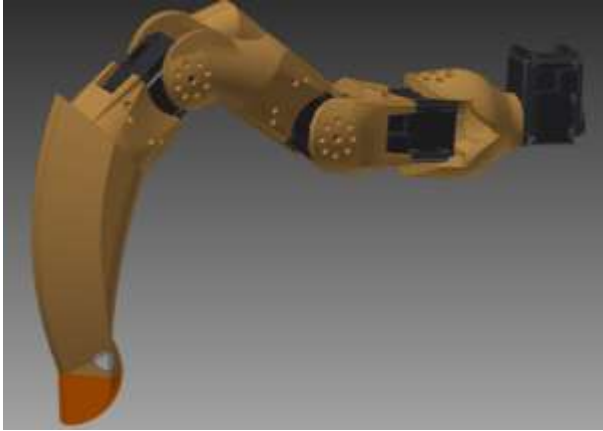


Imagen 57: PIERNA COMPLETA DE CRABOT.
[IMAGEN]

Segmento 1.

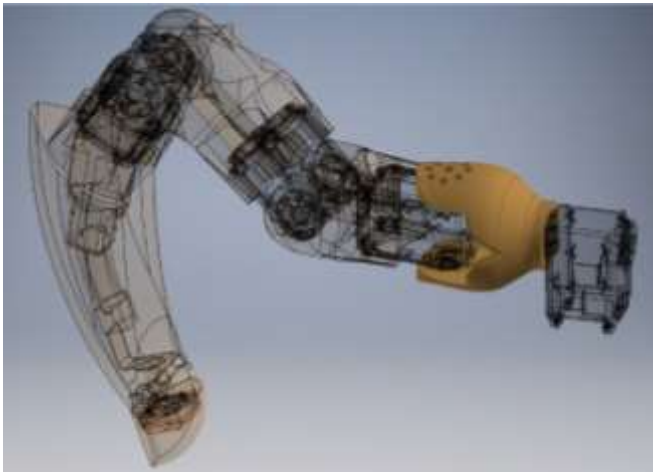


Imagen 58: UBICACION SEGMENTO 1. [IMAGEN]

El segmento 1 corresponde al primer frame o marco vinculante entre servos que posee la pierna de Crabot, su función principal es vincular toda la pierna con el cuerpo central. Se diseña pensando en una extensión de las partes de los servos que vincula, en este caso en particular, corresponde al disco de giro del primer servo con los del segundo, al ser 2 estructuras circulares y con el motivo de realizar el tamaño más reducido posible pero sin sacrificar resistencia se obtiene esta forma circular de curvas suaves y leves rectas, que responden directamente en proporción y abstracción de silueta al concepto que se busca. Este componente que posee más curvas que rectas aporta a la visión general del concepto, junto con la proporción, que desapercibidamente suaviza la forma (Imagen 60).



Imagen 60: VISTA EN PERSPECTIVA DEL SEGMENTO 1 DONDE SE DEJA EN EVIDENCIA LA GUIA Y CALCE DEL DISCO DE GIRO PERTENECIENTE AL SIGUIENTE SERVO. [IMAGEN]

Se diseña el frame para que el disco de giro del primer servo se ancle a la base de este y se deja una abertura circular en el centro del área de anclaje para que una vez asegurado el disco, ambos puedan ser fijados a la rueda dentada del servo (Imagen 59).

Mientras que la parte del frame que está encargada de anclar los discos de giro del segundo servo, se diseña de forma que estos se deslicen dentro hacia la posición de anclaje en la que se deben alinear las perforaciones

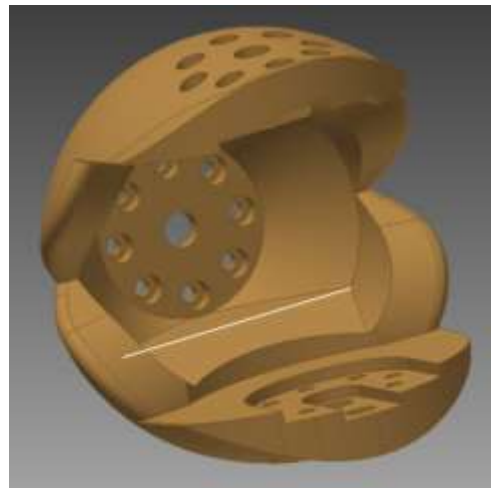


Imagen 59: VISTA EN PERSPECTIVA DEL SEGMENTO 1 EN LA QUE SE DEJA EN EVIDENCIA LA CAVIDAD DE CALCE CON EL SERVO DEL CUERPO Y SU PERFORACION DE ASISTENCIA PARA EL FACILITAR EL MONTAJE. [IMAGEN]

del frame con las de los discos (Imagen 60), para facilitar esta tarea, se sacrifica una perforación de anclaje haciéndola un poco más grande para que al momento de alinear las perforaciones, esta permita girar el disco ya ubicado en la cavidad de anclaje (Imagen 61).

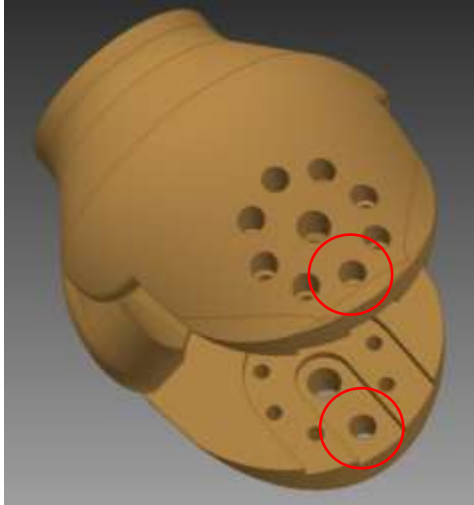


Imagen 61: PERFORACIONES DE ASISTENCIA PARA LA ALINEACION DE LOS DISCOS DE GIRO. [IMAGEN]

Segmento 2.

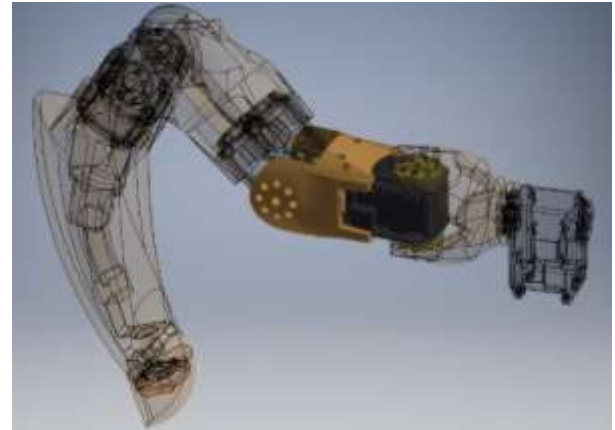


Imagen 62: UBICACION SEGMENTO 2. [IMAGEN]

El segundo frame vincula la base del segundo con los discos de giro del tercer servo. Este frame se diseña con el mismo principio básico que el anterior, como una extensión de las partes de los servos que vinculan, en este caso, la base del segundo servo y los discos de giro del tercero. Por lo que el extremo vinculado con la base del segundo servo usa solo los 4 últimos puntos de anclaje de cada lado para fijarse al frame (Imagen 63). Se usan solo estos últimos cuatro puntos, debido a que al extender las

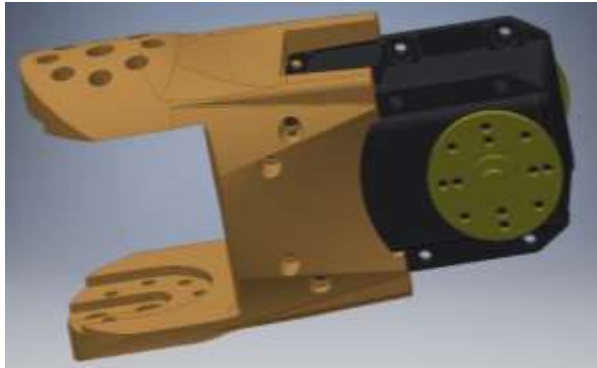


Imagen 63: VINCULACION ENTRE EL SERVO 2 Y SEGMENTO 2. [IMAGEN]

aristas de soporte, estas se hacen sumamente frágiles por lo que deben ser tratadas con mucho cuidado.

Este frame al ser una extensión de la base del segundo servo, usa las líneas rectas pertenecientes a este y las lleva gradualmente a las curvas del extremo opuesto (Imagen 64), el que al estar vinculado con los discos de giro del tercer servo en su forma externa predominan las curvas.



Imagen 64: CONVERSION GRADUAL DE LAS LINEAS RECTAS A CURVAS, DE UN EXTREMO A OTRO. [IMAGEN]

Con motivos prácticos, se diseña un ducto a través del frame para ser como canal de paso para el cableado entre servos y el cable de red que comunica los sensores del segmento final con el cuerpo central (Imagen 65).

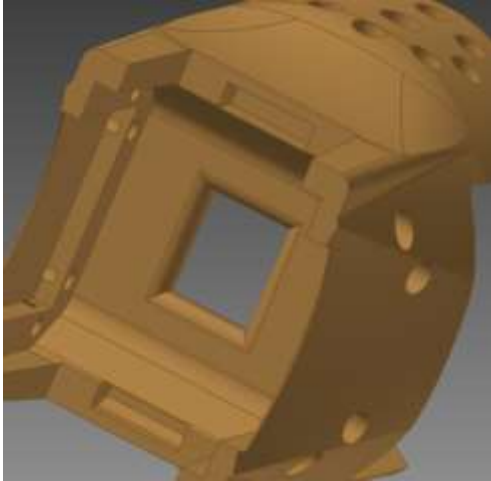


Imagen 65: CANAL DE CABLEADO ENTRE SERVOS.
[IMAGEN].

Segmento 3 (Codo/Rodilla).

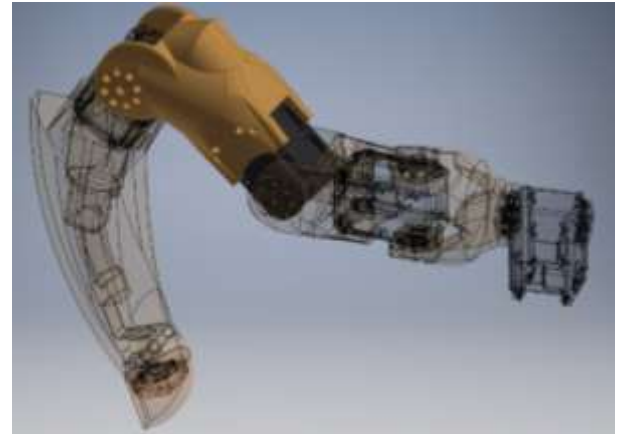


Imagen 66: UBICACION SEGMENTO 3. [IMAGEN]

Este segmento vincula, al igual que el anterior, la base del servo anterior con los discos de giro del siguiente servo, intentando lograr el mismo objetivo estético del anterior (Imagen 67).

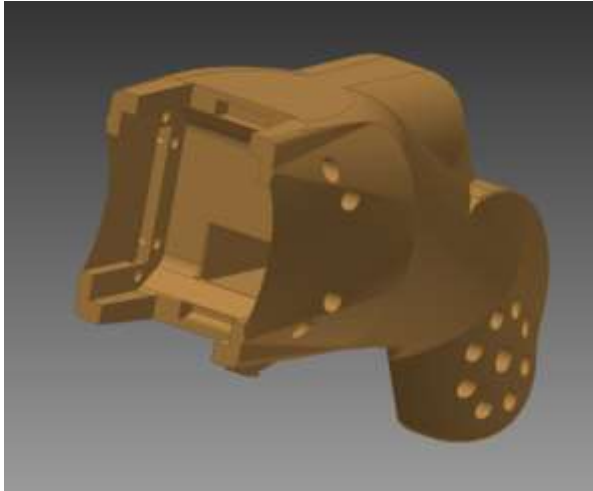


Imagen 67: CONVERSION GRADUAL DE LAS LINEAS RECTAS A CURVAS Y VINCULO ENTRE SERVOS. [IMAGEN]

La particularidad de este segmento es que no vincula el tercer y cuarto servo manteniéndolos en línea, sino que en este, el extremo vinculante con los discos de giro del cuarto servo esta desplazado hacia abajo y en un ángulo de 60° , debido a que este extremo es el vínculo estético entre la linealidad del resto de la pierna con la curvatura del extremo final y también se convierte en la base de la forma que obtendrá el segmento final (Imagen 68).

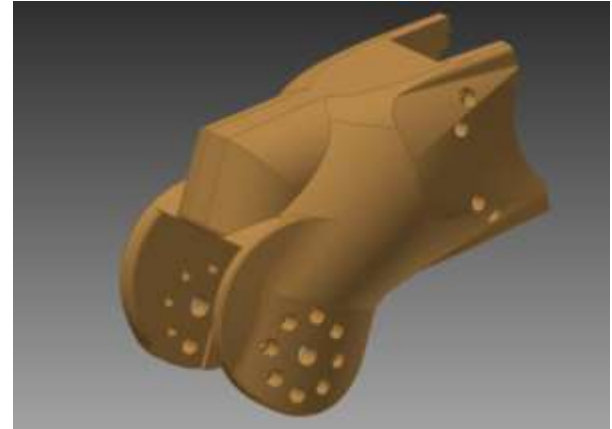


Imagen 68: VINCULO ESTETICO ENTRE LA LINEALIDAD DE LOS SEGMENTOS PREVIOS Y LA CURVATURA DE EL SEGMENTO FINAL. [IMAGEN].

Este frame también posee un ducto de comunicación en su interior, que permite el paso del cableado (Imagen 69).

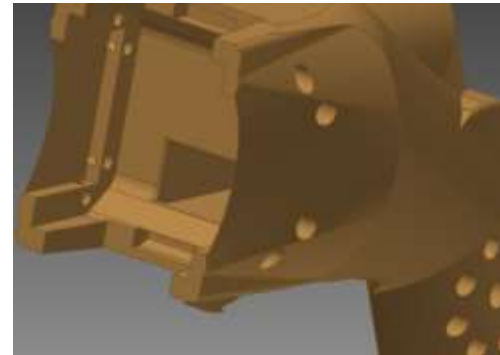


Imagen 69: DUCTO DE COMUNICACION PARA EL CABLEADO. [IMAGEN].

Segmento Final (Pata).

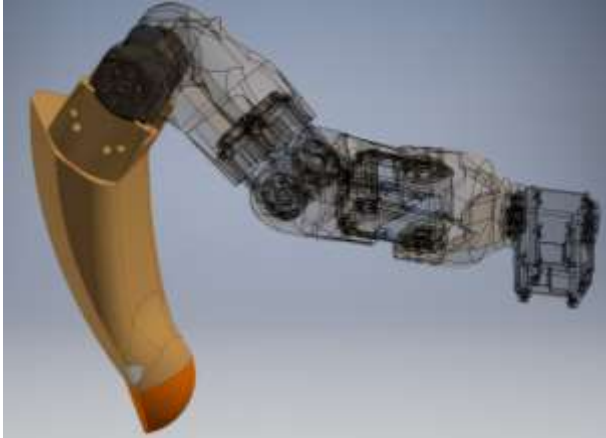


Imagen 70: UBICACION SEGMENTO FINAL.
[IMAGEN]

El segmento final está compuesto de dos partes, el Cuerpo y la Bota (Imagen 71).

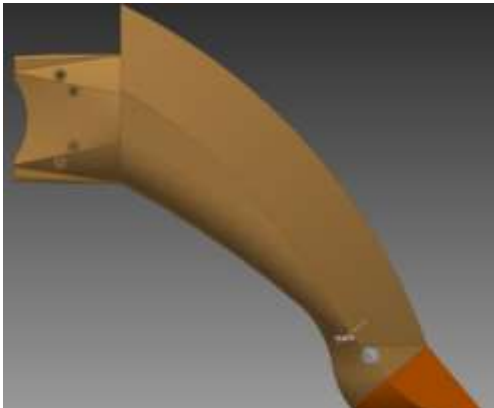


Imagen 71: PARTES DEL SEGMENTO
FINAL. [IMAGEN].

El Cuerpo, está anclado a la base del cuarto servo, por lo que al inicio continúa esta misma línea, siendo interrumpida por el plano que da inicio a la amplia curva que conformará el cuerpo de este segmento (Imagen 72).



Imagen 72: PASO DE LA CAVIDAD DE
ANCLAJE AL SERVO PREVIO HACIA LA
CURVATURA DEL CUERPO. [IMAGEN]

La forma del diseño del segmento final busca, producto de su gran tamaño y protagonismo en relación con el cuerpo general, es estilizar la pierna y aportar a la

visión general de Crabot las curvas necesarias para lograr el concepto estético.

Ya al llegar al extremo final del cuerpo, se aprecia una notoria reducción del diámetro de este, el que culmina en un plano en el que se puede apreciar una perforación circular (Imagen 73), cuyo propósito es servir de guía para introducir el cilindro guía de la bota.

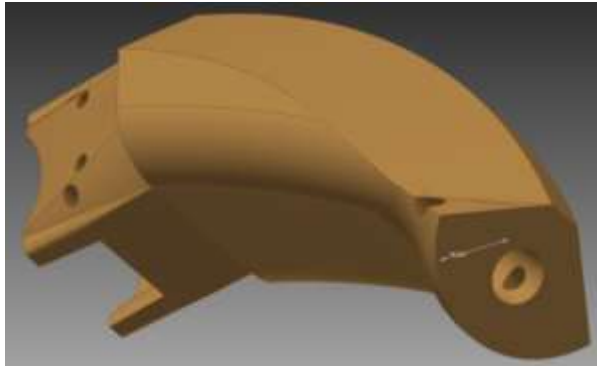


Imagen 73: QUEDA EN EVIDENCIA LA CAVIDAD CIRCULAR QUE SERA USADA COMO GUIA PARA EL ANCLAJE DE LA BOTA. [IMAGEN]

A esta misma altura, se incluyó también una perforación cilíndrica que atraviesa de un lado a otro el cuerpo del segmento final con el motivo de que una vez introducida la bota en la guía previamente

nombrada, se use un pasador que atraviesa a ambos, cuerpo y bota para mantenerlos anclados.

Mientras, la Bota está construida de forma compuesta, formada por dos piezas y dos materiales diferentes. Esta sigue la misma curva interna de la forma del cuerpo, pero en lo que a las líneas externas respecta, posee un cambio de angulación drástico.

El cuerpo interno de la bota está construido del mismo material rígido que el cuerpo del segmento final (Imagen 74), mientras que la cobertura de este, está construido de un material altamente flexible (Filaflex) (Imagen 75).



Imagen 74: CUERPO INTERNO DE LA BOTA, CONSTRUIDO DE ABS. [IMAGEN]

Para la vinculación de estas dos partes, se desarrolla un sistema de auto-anclaje, este consiste en dotar al cuerpo interno rígido de la bota con salientes simétricamente ubicadas en la parte superior del sector rectangular.

Y a su contraparte, la cobertura de material flexible, con salientes en forma de aletas que cubran de forma parcial la parte

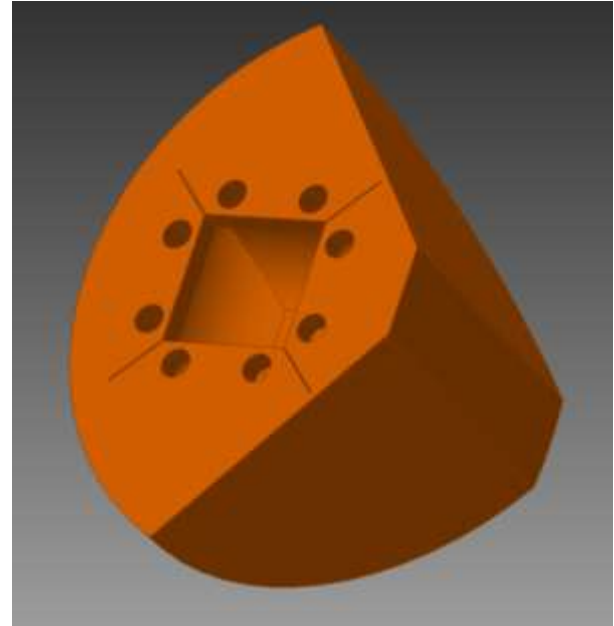


Imagen 75: COBERTURA DEL CUERPO INTERIOR DE LA BOTA, CONSTRUIDA DE FILAFLEX. [IMAGEN]

superior de la cavidad que contiene al cuerpo rígido. Estas aletas poseen perforaciones que están alineadas a las salientes existentes en el cuerpo rígido, por lo que al momento de anclar uno con otro, solo es necesario presionar el cuerpo rígido dentro de la cavidad del material flexible, debido a que el material es altamente flexible, al deformarse la cavidad por la presión ejercida hacia abajo, las aletas

sobresaldrán ubicándose sobre el sector rectangular que posee las salientes, y estas al estar alineadas con las perforaciones de las aletas se anclaran (Imagen 76).

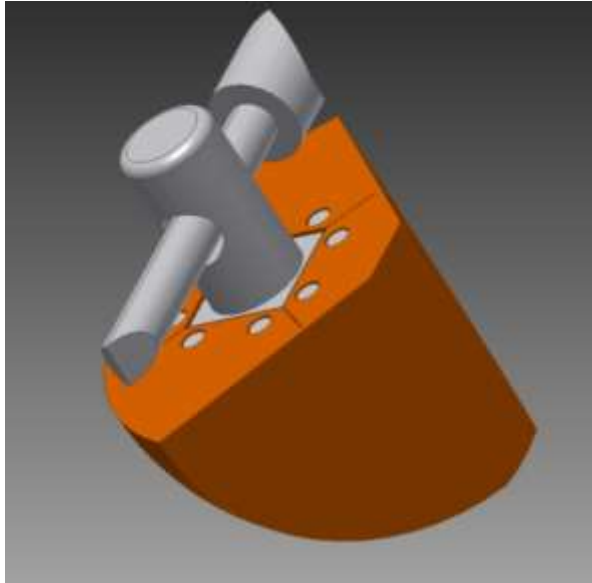


Imagen 76: BOTA COMPLETAMENTE ARMADA, INCLUIDO SU SISTEMA DE ANCLAJE AL CUERPO DEL SEGMENTO FINAL. [IMAGEN]

Hay que tener en cuenta algunos factores al momento de manufacturar la cobertura de material flexible, en este caso en una Makerbot Replicator 2 modificada para la extrusión de este material, debido a que la

cantidad de material de llenado afecta de manera considerable la capacidad de deformación del material y la cantidad de capas externas determina la resistencia que opone la pieza a deformarse. Después de experimentar con bastantes combinaciones, se concluyó que el óptimo para esta pieza en específico son 2 capas de muralla y un llenado de 15%.

En una visión general, este segmento final busca emular la forma y funcionalidad de la pata de un arácnido. Lo anteriormente explicado cubre la forma, mientras que funcionalmente se busca emular el funcionamiento de la pata de un invertebrado, los que usan un sistema de tendones para extender y contraer segmentos de su cuerpo. En este segmento final se busca emular esto pero a menor escala, por lo que se mezclan materiales y se secciona en 2 partes. El hecho de que se seccione en dos partes, responde al hecho de que la flexibilidad del material que cubre la bota aporta con una leve pero eficiente amortiguación, junto con un aumento

en la fricción en el punto de apoyo, lo que es esencial para disminuir el esfuerzo en los servos al momento del desplazamiento del robot y cuando esta estático, es se logra producto de la deformación controlada del material flexible, ya que una vez que a medida que se va haciendo más presión sobre un punto de apoyo específico, la superficie de contacto aumenta y por consecuente aumenta el agarre producto de la fricción en ese punto de apoyo.

Modulo constructor Cubierta.

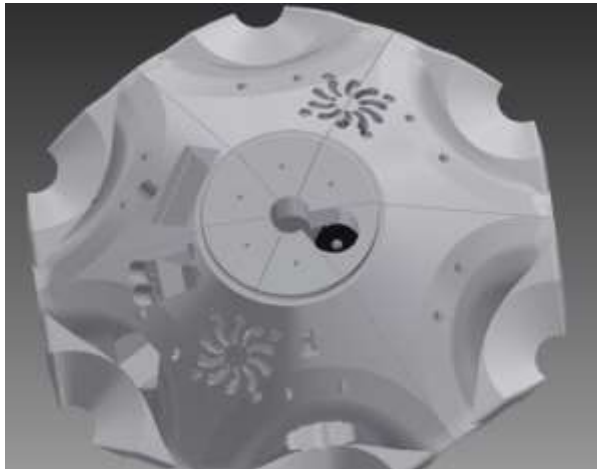


Imagen 77: CUBIERTA COMPLETA

Al igual que la base está construida por la vinculación de piezas modulares, la cubierta comparte este mismo sistema de construcción, al menos en lo que al modelo base de diseño respecta. Debido a que Crabot requiere puertos de distinta índole que vinculen la electrónica con el exterior (USB, Hdmi y Rj-45), por lo que no todos los módulos poseen las mismas cavidades para inserción



Imagen 78: MODULO CONSTRUCTOR DE LA CUBIERTA, DONDE SE APRECIAN CAVIDADES PARA EL ANCLAJE DE PUERTOS USB HEMBRAS (PARTE SUPERIOR IZQUIERDA DEL MODULO) Y LA CAVIDAD DE ANCLAJE PARA UN PUERTO RJ-45 HEMBRA. [IMAGEN]

y anclaje de tales puertos (Imagen 78-Imagen 79).

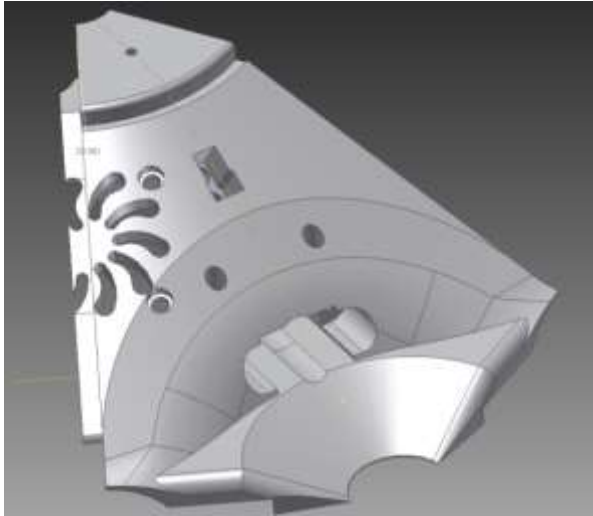


Imagen 79:MODULO CONSTRUCTOR DE LA CUBIERTA, DONDE SE APRECIA UNA CAVIDAD PARA EL ANCLAJE DE UN PUERTO HDMI HEMBRAS (PARTE CENTRAL INFERIOR), LA CAVIDAD DE ANCLAJE PARA UN CONECTOR DE PODER HEMBRA (PARTE SUPERIOR CENTRAL) Y A LA IZQUIERDA LA VENTILACION. [IMAGEN]

Este módulo se construye tomando principal cuidado en conservar la línea estética de la base y suavizarlas un poco, aportando con más curvas suaves (Imagen 80).

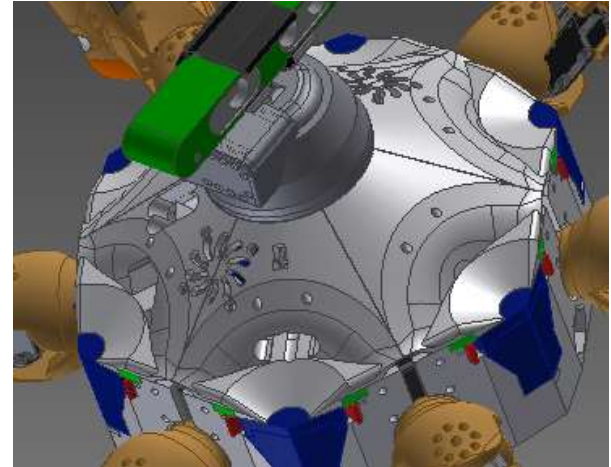


Imagen 80: EN LA IMAGEN SE MUESTRAN DE FORMA GENERAL COMO CADA MODULO APORTA A LA CONSTRUCCION DE LAS CURVAS DE LA CUBIERTA. [IMAGEN]

En lo que a construcción respecta, una de las primeras cosas que se toma en cuenta es el hecho de que deben estar desfasadas en 30° de los módulos de la base, para que no se debilite estructuralmente esta, esto hace que el centro del módulo de la cubierta quede alineado con el centro del contenedor de la batería, por lo que se extrae una porción circular en esta ubicación para que al momento de extraer la batería deje espacio para el dedo gordo de la mano y de esta forma

el gesto natural de extraer la batería sea más natural y cómodo (Imagen 81).

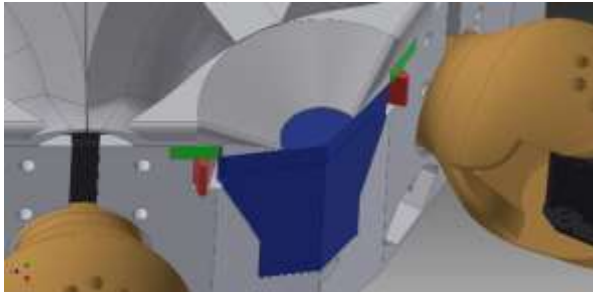


Imagen 81: DEPRESION DISEÑADA PARA DAR AL PULGAR UN MEJOR ACCESO A LA PARTE SUPERIOR DEL MODULO DE LA BATERIA. [IMAGEN]

Los puertos que deben vincular la electrónica y el exterior son dos USB hembra, un conector RJ-45, un HDMI y un conector de poder. Junto con ellos también están la salida y entrada de aire del sistema de ventilación opuesta en posición, una en cada extremo de la cubierta, junto con los respectivos puntos de anclaje de sus ventiladores.

En la parte superior del módulo, se modela una sección plana con el motivo de generar una superficie en la que se pueda anclar el soporte base del sistema de giro de

la cámara y en la periferia de esta superficie se genera un canal que sirve de guía para el engranaje perimetral encargado de mover la plataforma de la cámara. Esta superficie de soporte está compuesta por solo cinco de los seis módulos, debido a que uno de estos está encargado de soportar el servo culpable de girar el engranaje que mueve el engranaje perimetral. Este módulo posee una perforación circular (Imagen 82), que es el canal por el cual pasa el eje del engranaje que

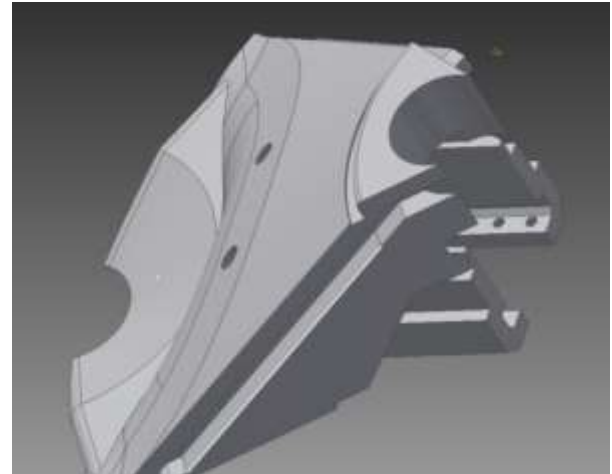


Imagen 82: MODULO DE CUBIERTA QUE SOPORTA EL SERVO ENCARGADO DE HACER GIRAR EL MECANISMO DE GIRO DE LA CAMARA. [IMAGEN]

está anclado al disco de giro del servo (Imagen 83).



Imagen 83: MÓDULO DE CUBIERTA QUE SOPORTA EL SERVO ENCARGADO DE HACER GIRAR EL MECANISMO DE GIRO DE LA CÁMARA. [IMAGEN]

El sistema de vinculación entre módulos, funciona similar al de los módulos que construyen la base, con la única diferencia que los puntos de anclajes ya no están en las salientes de los lados, sino en el cuerpo del módulo, sino que en la parte baja cercana al exterior y en la parte alta cercana al interior.

Sistema de Ventilación.

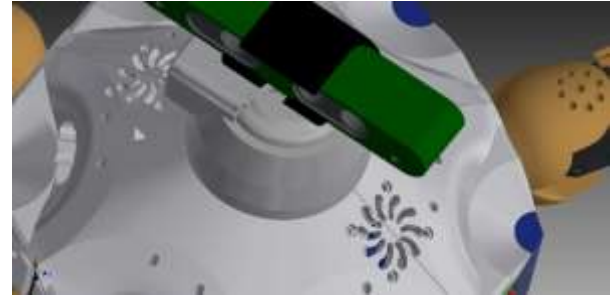


Imagen 84: SISTEMA DE VENTILACIÓN. [IMAGEN]

Este sistema está constituido por dos ventiladores, ambos anclados a la parte interna de la cubierta. Debido al tamaño de la cavidad donde está ubicada la electrónica y las posiciones de los componentes, se diseña un ducto que es el encargado de guiar el aire de la toma de ingreso hacia el suelo de la cavidad, de esta forma mejoraría el flujo de aire dentro de la cavidad (Imagen 85).

El ducto está vinculado al ventilador con un acople de material flexible para que

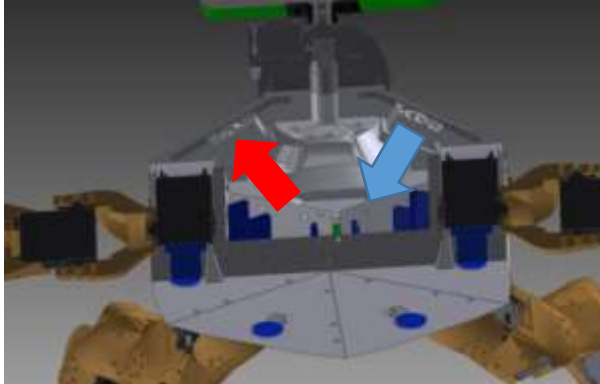


Imagen 85: CORTE TRASVERSAL DE CRABOT DONDE SE GRAFICA LA ENTRADA Y SALIDA DE AIRE. [IMAGEN]

sea más fácil el montaje y no haya escapes de aire.

Mecanismo Rotación cámara.

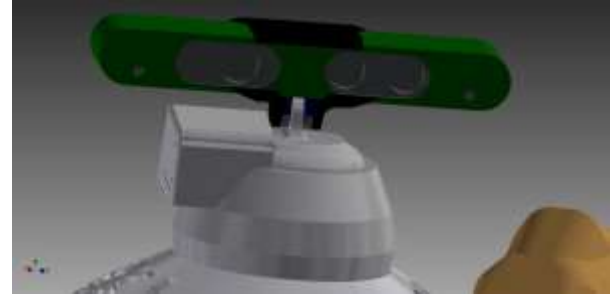


Imagen 86: MECANISMO DE ROTACION DE LA CAMARA. [IMAGEN]

Este mecanismo consta de tres partes, dos móviles y una estática.

Una de las partes móviles es el engranaje que por un extremo está anclado al servo alojado en uno de los módulos de cubierta previamente nombrado y el otro extremo posee unas guías circulares que mantienen el eje de giro estático (**Imagen 87**).

La parte estática es la base que por un lado posee la contraparte de la guía previamente nombrada (Imagen 88) y una cavidad que contiene parcialmente el volumen de los dientes del engranaje anclado al servo,

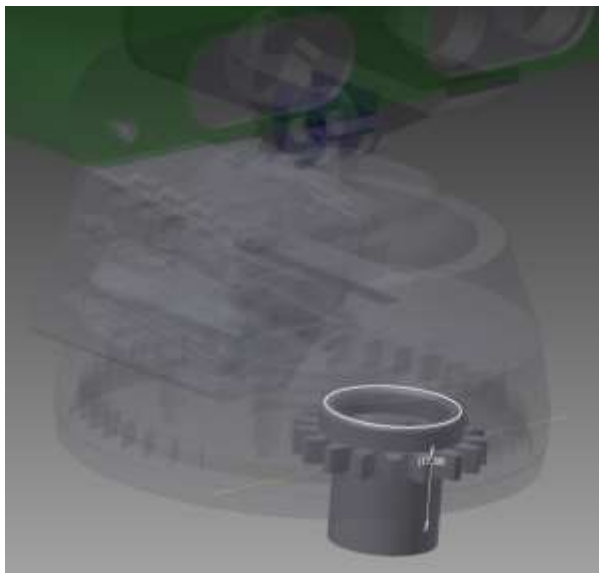


Imagen 87: ENGRANAJE ENCARGADO DE HACER GIRAR EL MECANISMO. [IMAGEN]

dejando fuera del cuerpo estático solo un poco más de un par de dientes, que son los encargados de hacer girar el engranaje perimetral y por consiguiente la plataforma de la cámara.

La otra cara de la parte estática, posee las cinco entradas de tornillos para el anclaje a los módulos que construyen la cubierta, junto con las guías para mantener centrado el

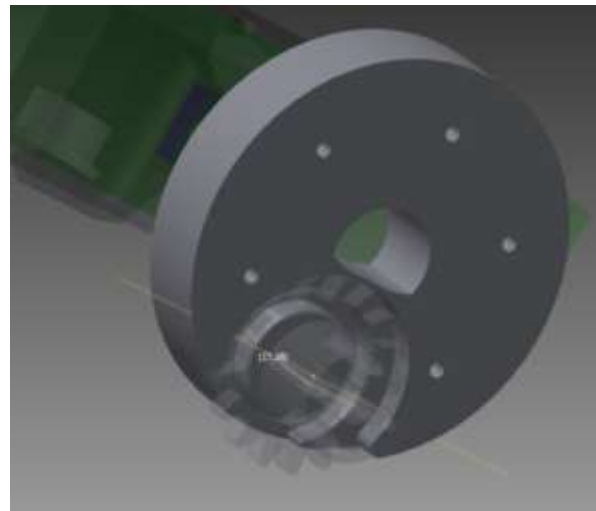


Imagen 88: COMPONENTE ESTATICO DEL MECANISMO DE GIRO ENCARGADO DE VINCULAR Y SOPORTAR. [IMAGEN]

eje de giro de la pieza de la que es parte el engranaje perimetral (Imagen 89).

Esta pieza estática también posee una perforación en su centro, que permite el paso de cableado hacia el interior.

La última pieza corresponde a un cilindro que contiene a la pieza estática y que mantiene su eje de giro alineado al de la pieza estática usando unas salientes circulares que

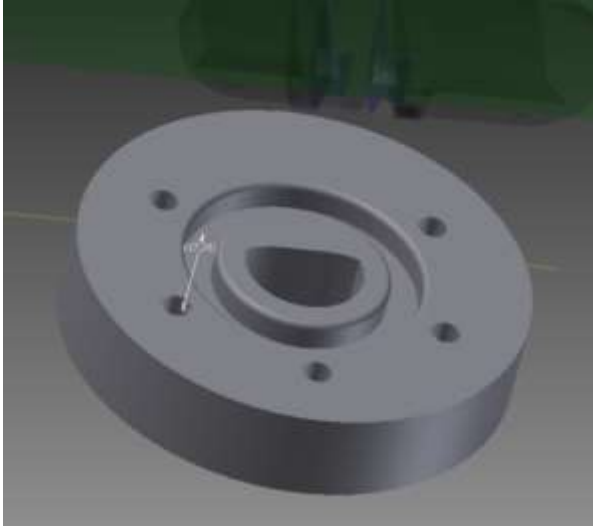


Imagen 89: CARA SUPERIOR DE LA COMPONENTE ESTÁTICA.
[IMAGEN]

encajan perfectamente con las guías en la pieza estática. También incluye un engranaje perimetral, el que encaja perfectamente con los dientes salientes de la pieza estática pertenecientes al engranaje anclado al servo, junto con una saliente circular que encaja con la guía generada por la unión de los módulos que construyen la cubierta (Imagen 90).

Esta pieza también posee una perforación circular en el centro que permite el



Imagen 90: SEGUNDA COMPONENTE MOVIL, CONTIENE UN ENGRANAJE PERIMETRAL COMO PARTE DE SU ESTRUCTURA Y UNA GUIA PARA MANTENERSE CENTRADA A LA COMPONENTE ESTÁTICA. [IMAGEN]

paso de cableado al interior de Crabot, junto con unas salientes triangulares en línea y equidistantes del centro, las que sirven para encajar la base de anclaje de la cámara (Imagen 91).

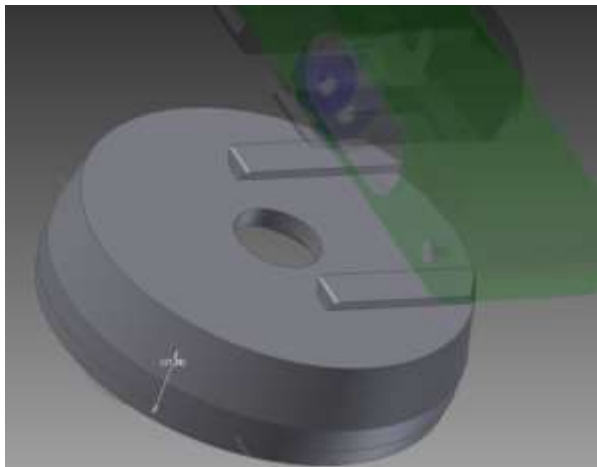


Imagen 91: VISTA SUPERIOR DE LA SEGUNDA COMPONENTE MOVIL DEL MECANISMO DE GIRO DE LA CAMARA, DONDE SE APRECIAN LAS GUIAS DE MONTAJE PARA EL SISTEMA DE SOPORTE E INCLINACION DE LA CAMARA Y LA PERFORACION PARA EL PASO DE LOS CABLES. [IMAGEN]

Mecanismo Inclinación cámara.

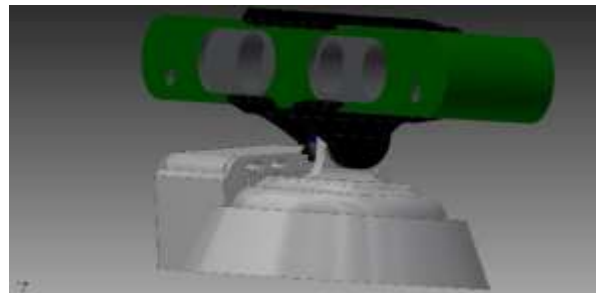


Imagen 92: MECANISMO DE INCLINACION DE LA CAMARA. [IMAGEN]

Este sistema se construye de dos partes, una móvil y una estática.

La Parte estática consta de una plataforma circular, que posee unas guías triangulares como complemento de las existentes en la pieza descrita en los dos últimos párrafos anteriores, con el motivo de servir como encaje y anclaje (**Error! Reference source not found.**). Sobre este, se construye el anclaje de la cámara de mapeo 3D y al lado de este, se diseña una cavidad que contenga el servo que hará posible la inclinación de la cámara.

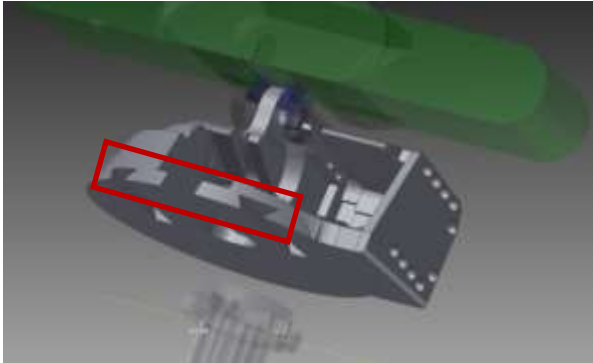


Imagen 93: GUIAS TRIANGULARES DE ANCLAJE EN LA PARTE ESTATICA DEL MECANISMO. [IMAGEN]

La otra parte, la móvil, se diseña y construye tomando en cuenta que la cámara no es un componente que se pueda intervenir o mecanizar para lograr el objetivo, por lo que se idea pieza que se encaje en el chasis de la cámara y que su parte baja se alinee con su base al punto de pivoteo (Imagen 94), y que se tome ese punto para construir con ese centro un engranaje parcial (Imagen 95), el cual encaje con el engranaje que está anclado al disco de giro del servo, y de esta forma el servo sea capaz de inclinar la cámara lo necesario (Imagen 96).

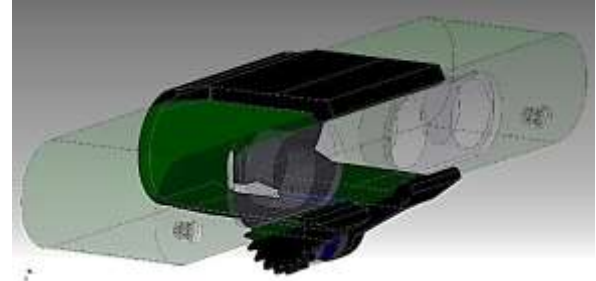


Imagen 94: PARTE MOVIL ENCARGADA DE INCLINAR LA CAMARA. [IMAGEN]

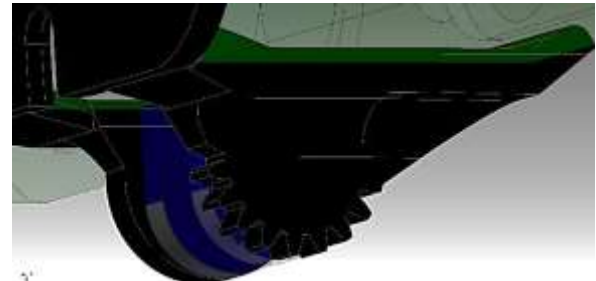


Imagen 95: ENGRANAJE PARCIAL ENCARGADO DE PIVOTEAR LA CAMARA. [IMAGEN]

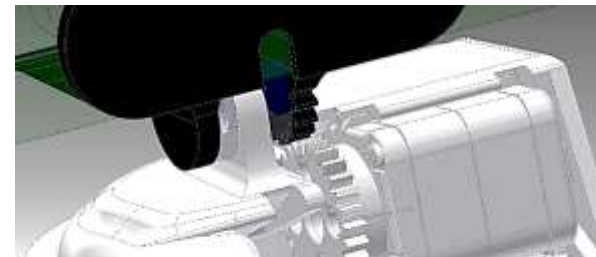


Imagen 96: ACOPLE DE EL ENGRANAJE PARCIAL DEL SOPORTE DE LA CAMARA CON EL ENGRANAJE ANCLAJE DEL SERVO. [IMAGEN]

Integración de sensores en el proceso de impresión.

Con el motivo de incluir sensores en el segmento final de la pierna y que este no fuera ensamblado, sino una pieza con menor intervención posible, lo que reduce considerablemente el margen de error en la construcción y a la vez en las lecturas del sensor.

Usando una función recientemente incluida en la actualización del firmware de la Makerbot Replicator 2X, que permite programar una pausa a cierta altura de impresión (desplazamiento eje Z). La función de nombre “Z pause high” está en el menú desplegable solo una vez comenzada la impresión y solo programa pausas en milímetros, por lo que en el proceso de diseño se debe tener en cuenta esta restricción para que el calce sea lo esperado.

Se construye una maqueta básica con un sensor de presión inserto para ver de qué

forma se comporta y si la calidad superficial de la impresión es la óptima para este tipo de sensor (Imagen 97)



Imagen 97: PREIMPRESION DE LA MAQUETA TOMANDO EN CUENTA LA GEOMETRIA DEL SENSOR Y MONTAJE DENTRO DEL DISEÑO. [IMAGEN]

Luego de un par de intentos, debido a que no se tomó bien en cuenta el modo de inserción del sensor, se logró con éxito lo esperado, no hubo ninguna interferencia en el sensor, ni por la temperatura del ambiente de impresión, ni por la calidad superficial de la base donde se montó el sensor (Imagen 98, Imagen 99, Imagen 100, Imagen 101).



Imagen 98: INSERION DEL SENSOR DENTRO DE LA CAVIDAD UNA VEZ QUE SE REALIZA LA PAUSA PROGRAMADA. [IMAGEN]

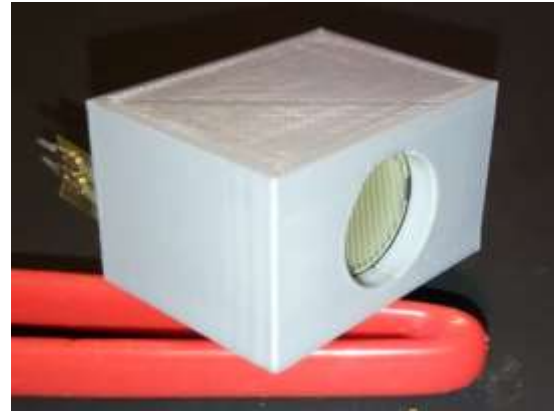


Imagen 100: VISTA QUE PERMITE APRECIAR CLARAMENTE EL ACCESO A LA SUPERFICIE DE MEDICION DEL SENSOR Y LOS CONTACTOS DE COMUNICACION. [IMAGEN]



Imagen 99: VISTA FRONTAL DE LA MAQUETA TERMINADA Y EXTRAIDA DE LA IMPRESORA, DONDE SE APRECIA CLARAMENTE EL SENSOR INSERTO EN EL BLOQUE IMPRESO. [IMAGEN]

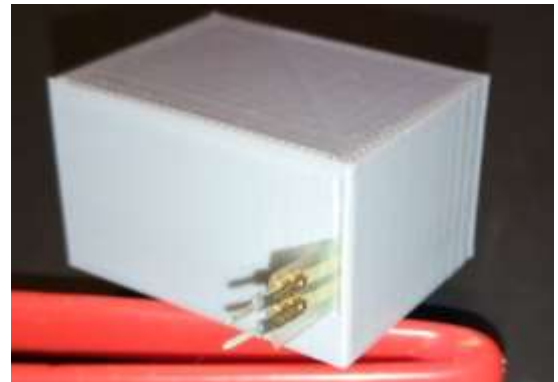


Imagen 101: VISTA TRASERA, DONDE SE PUEDE APRECIAR DE MEJOR FORMA LA SALIDA DE LOS CONTACTOS DE COMUNICACION Y EL BLOQUE SOLIDO QUE CONTIENE AL SENSOR. [IMAGEN]

Ahora el siguiente paso es llevarlo al siguiente nivel e implementarlo en el segmento final de la pierna, donde dentro este estará insertado el sensor más un puerto RJ-45 junto con su respectivo cable de red.

Referencias

A METHOD FOR AESTHETIC PRODUCT DESIGN. (N.D.).
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

ALL3DP, M. I. (N.D.). *ALL3DP*. RETRIEVED FROM
[HTTPS://ALL3DP.COM/MAKERBOT-INDUSTRIES/](https://all3dp.com/makerbot-industries/)
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

BARTNECK, C. (2005). *CULTURAL DIFFERENCES IN ATTITUDES TOWARDS ROBOTS*. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

BIÓNICA, I. (N.D.). *ES.WIKIPEDIA.ORG*. RETRIEVED FROM
[HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/INGENIER%C3%A1_Bi%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%A1_Bi%C3%B3nica)**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

BOUDRILLARD, J. (1999). *EL SISTEMA DE LOS OBJETOS*. L O ED. SIGLO XXI..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

COLEMAN, D. (2011). *LA INTELIGENCIA EMOCIONAL (SPANISH EDITION)*. EDICION B. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

FILAFLEX, R. 1. (N.D.). *RECREUS.COM*. RETRIEVED FROM [HTTP://RECREUS.COM/ES/FILAMENTOS-FILAFLEX/46FILAFLEX-ROJO-175MM.HTML](http://recreus.com/es/filamentos-filaflex/46filaflex-rojo-175mm.html)
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

HISTORY OF COMPUTERS AND COMPUTING, A. J. (2016). *HISTORY-COMPUTER.COM*. RETRIEVED FROM [HTTP://HISTORY-COMPUTER.COM/DREAMERS/VAUCANSON.HTML](http://history-computer.com/dreamers/vaucanson.html)
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

MAKERBOT REPLICATOR 2, R. &. (N.D.). *3D HUBS*. RETRIEVED FROM [HTTPS://WWW.3DHUBS.COM/3D-PRINTERS/MAKERBOT-REPLICATOR-2](https://www.3dhubs.com/3d-printers/makerbot-replicator-2)..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

MECATRÓNICA, I. (N.D.). *ES.WIKIPEDIA.ORG*. RETRIEVED FROM [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/INGENIER%C3%A1_Mecatr%C3%B3nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%A1_Mecatr%C3%B3nica)..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

MUSEUM, M. A. (N.D.). *FI.EDU*. RETRIEVED FROM [HTTPS://WWW.FI.EDU/HISTORY-RESOURCES/AUTOMATON](https://www.fi.edu/history-resources/automaton)**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

NORMAN, D. A. (2017). *THE DESIGN OF FUTURE THINGS*. NEW YORK: BASIC BOOKS. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

PINCH, TREVOR. (1987). *THE SOCIAL CONSTRUCTION OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS*. CAMBRIDGE, MASS.: MIT PRESS.**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

RECREUS EXTRUDERS, C. D. (N.D.).
CUBIMAPDISTRIBUTION.COM. RETRIEVED FROM
[HTTP://WWW.CUBIMAPDISTRIBUTION.COM/RECRE
US-EXTRUDERS](http://www.cubimapdistribution.com/recreus-extruders)**ERROR! BOOKMARK NOT
DEFINED.**

REPLICATOR 2X, M. S. (N.D.). *STORE.MAKERBOT.COM*.
RETRIEVED FROM
[HTTPS://STORE.MAKERBOT.COM/PRINTERS/REPLI
CATOR2X/](https://store.makerbot.com/printers/replicator2x/) **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

REPLICATOR 5TH, G. (N.D.). *3D HUBS*. RETRIEVED
FROM [HTTPS://WWW.3DHUBS.COM/3D-
PRINTERS/REPLICATOR-5TH-GEN.....](https://www.3dhubs.com/3d-printers/replicator-5th-gen/) **ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**

ROBOTICA, U. G. (N.D.). *WWW-PAGINES.FIB.UPC.ES*.
RETRIEVED FROM [HTTP://WWW-
PAGINES.FIB.UPC.ES/~ROB/PROTEGIT/TREBALLS/
Q2_03-04/GENERAL/USOS.HTM.....](http://www-pagines.fib.upc.es/~rob/protegut/treballs/q2_03-04/general/usos.htm) **ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**

WALL·E. (2008). *IMDb*. RETRIEVED FROM
[HTTP://WWW.IMDB.COM/TITLE/TT0910970/PLOTS
UMMARY.....](http://www.imdb.com/title/tt0910970/plots) **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Imágenes

IMAGEN 1: EJEMPLIFICACIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO “TEXTURAS EXPRESIVAS”/FABIOLA VILLAGRÁN.....	10
IMAGEN 2: PROYECTO “DISEÑO PARAMÉTRICO DE ANTEOJOS” /GABRIEL CAVIEDES.....	11
IMAGEN 3: ILUSTRACIÓN DE CÓMO SE VERÍAN UN PAR DE AUTÓMATAS DEL ANTIGUO EGIPTO. [ILUSTRACION]. RECUPERADO DE HTTP://ROBOTICAUTEM.BLOGSPOT.ES	13
IMAGEN 4: THE "DRAUGHTSMAN-WRITER" AUTOMATON BY HENRI MAILLARDET. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADA DE HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/MAILLARDET'S_ AUTOMATON	14
IMAGEN 5: BRAZO ROBOTICO REALIZANDO LABORES DE SOLDADO. [FOTOGRAFIA].	

RECUPERADO DE HTTPS://WWW.ROBOTS.COM/APPLICATIONS	15
IMAGEN 6: “GAKUSHU” EL ROBOT QUE APRENDE, REALIZANDO TAREAS DE DESPLAZAMIENTO DE CARGA. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://ROBOT.FANUCAMERICA.COM/ROBOTICS-ARTICLES/INDUSTRIAL-ROBOTS-REDUCING-CYCLE-TIME.ASPX	16
IMAGEN 7: BRAZO ROBOTICO USADO PARA SERVIR A UNA MÁQUINA DE PRODUCCIÓN TRANSFIRIENDO PIEZAS DESDE LAS MÁQUINAS. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://ROBOTICACAMILACARDENAS.BLOGSPOT.C L.....	16
IMAGEN 8: BRAZO ROBOTICO USANDO UNA HERRAMIENTA DE MEDICION DE ALTA PRESICION. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://ROBOTICACAMILACARDENAS.BLOGSPOT.C L/.....	17
IMAGEN 9: ROBOT ARTICULADO MANIPULANDO MUESTRAS BIOLOGICAS. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.DIRECTINDUSTRY.ES/PROD/AB-	

CONTROLS-INC/PRODUCT-66230-1315015.HTML	18
IMAGEN 10: MANIPULADOR CINEMATICO DISEÑADO PARA LA INSPECCION DE TUBERIAS DE ALTA RADIACION. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/TGADEADOC/3 -TERCERA-UNIDAD/D-USO-DE-LA-ROBOTICA.....	18
IMAGEN 11: ROBOT ORACLE ESQUILANDO UNA OVEJA. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.VETSOFT.COM.EG/ARTICLE/ARTICLE DATA.ASPX?ID=230.....	19
IMAGEN 12: CURIOSITY ROVER DE LA NASA EN MARTE. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADA DE HTTP://WWW.SLATE.COM/ARTICLES/TECHNOLOG Y/FUTURE_TENSE/2013/09/MANNED_SPACE_EX PLORATION_CYBORGS_AND_FINDING_THE_NEXT _EARTH.HTML.....	20
IMAGEN 13: BRAZO DE UN VEHICULO OPERADO REMOTAMENTE EN EL DERRAME DE PETROLEO DEL DEEPWATER HORIZON EN EL GOLFO DE MEXICO. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.NOLA.COM/NEWS/GULF-OIL- SPILL/INDEX.SSF/2010/07/UNDERSEA_ROBOTS_ ARE_HEROES_OF.HTML.....	20

IMAGEN 14: ESTUDIANTES DE COLEGIO PROGRAMANDO UN ROBOT ARMABLE BASICO. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTPS://GRUPOEDUCATIVA.BLOGSPOT.COM/201 1_01_01_ARCHIVE.HTML.....	21
IMAGEN 15: ESCENA DE LA PELICULA WALL-E DONDE SE PUEDEAPRECIAR EL EMBOBAMIENTO DE LAS PERSONAS POR LA TECNOLOGIA. [IMAGEN]. RECUPERADO DE HTTPS://JONNEGRONI.COM/2015/04/15/THE- HUMANS-OF-WALL-E-WERE-PROBABLY-BETTER- OFF-WITHOUT-HIM/.....	22
IMAGEN 16: AIBO, EL ICONO DE LOS ROBOTS MASCOTA DESARROLLADO POR SONY. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://GIZMODO.COM/286812/NEW-AIBO-IN- THE-WORKS-COULD-BE-PS3-COMPATIBLE	23
IMAGEN 17: EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA. [IMAGEN]. RECUPERADO DE HTTP://ELLISFREEMANTECH.BLOGSPOT.CL/2013/ 11/THE-EVOLUTION-OF-TECHNOLOGY-OVER- YEARS.HTML.....	24
IMAGEN 18: PERSONIFICACION DEL CONJUNTO DE COMPARTIMENTO DE LENTES E ILUMINACION DE CABINA DE AUTO, PREVIO A LA ADJETIVIZACION.	

[FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.PLAYBUZZ.COM/KATEWALKER10/53- TIMES-OBJECTS-TRIED-TO-BE-PEOPLE	25
IMAGEN 19: GRÁFICA DEL VALLE INEXPLICABLE, EN REFERENCIA A LA ACEPTACIÓN QUE TIENEN LAS PERSONAS DE LOS ROBOTS. LA LÍNEA CONTINUA DESCRIBE LA ACEPTACIÓN AL MIRAR Y LA PUNTEADA AL PONER AL SUJETO EN CONTACTO CON EL ENTE EN MOVIMIENTO. [GRAFICO]. RECUPERADO DE HTTP://ROBOTS- ARGENTINA.COM.AR/NOT/12/072501.HTM	27
IMAGEN 20: SIMON, EL ROBOT SOCIAL QUE PUEDE APRENDER Y ADAPTARSE A LOS HUMANOS. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.ZDNET.COM/ARTICLE/MEET-SIMON- THE-SOCIAL-ROBOT-THAT-CAN-LEARN-AND- ADAPT-TO-HUMANS/	30
IMAGEN 21: SECUENCIA DE ABTRACCIONES DE ARTROPODOS. [ILLUSTRACION]	31
IMAGEN 22: IMAGEN DE LA PRIMERA VERSIÓN DE LA PLATAFORMA ROBÓTICA CRABOT. [FOTOGRAFIA]	34
IMAGEN 23: EN LA IMAGEN SE PUEDE APRECIAR CON BASTONES NARANJOS LOS EJES O GRADOS DE LIBERTAD DE UNA DE LAS EXTREMIDADES DEL ROBOT. [IMAGEN]	35
IMAGEN 24: DYNAMIXEL MX-64T ROBOT ACTUATOR FROM ROBOTIS. [FOTOGRAFIA]	36
IMAGEN 25: XTION PRO DEVELOPER SOLUTION TO MAKE MOTION-SENSING APPLICATIONS AND GAMES. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTPS://WWW.ASUS.COM/3D- SENSOR/XTION_PRO_LIVE/	37
IMAGEN 26: INTERFAZ WEB PARA EL CONTROL DE CRABOT. [ILUSTRACION]	39
IMAGEN 27: MAKERBOT REPLICATOR 2X. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.3DERS.ORG	41
IMAGEN 28: MAKERBOT 5TH GENERATION. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADA DE HTTP://WWW.3DERS.ORG.	42
IMAGEN 29: MAKERBOT REPLICATOR 2. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://WWW.TOPTENREVIEWS.COM/COMPUTERS /3D-PRINTERS/BEST-3D-PRINTERS/REPLICATOR- 2-REVIEW/	43
IMAGEN 30: DETALLE DEL HOTEND DE RECREUS. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://BLOG.ELECTROFUNLTD.COM/2014/11/EX TRUSOR-DE-RECREUS-UN-EXTRUSOR-MUY.HTML	43

IMAGEN 31: ROLLO DE ABS. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTPS://3DFACTORY.MX/PRODUCTO/ESUN-ABS- BLACK/	45
IMAGEN 32: ROLLO DE PLA. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTPS://3DFACTORY.MX/PRODUCTO/ESUN-PLA- SKIN-COPIAR/	48
IMAGEN 33: ROLLO DE FILAFLEX DE RECREUS. [FOTOGRAFIA]. RECUPERADO DE HTTP://RECREUS.COM/EN/FILAFLEX- FILAMENTS/58ORANGE-FILAFLEX-175MM.HTML	49
IMAGEN 34: ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO CRABOT. [IMAGEN].....	51
IMAGEN 35: FORMA BASE DEL MODULO QUE CONSTRUIRA LA BASE DE CRABOT. [IMAGEN]	51
IMAGEN 36: DISEÑO DEL RECEPTACULO DEL SERVO EN LA BASE DEL MODULO TRIANGULAR. [IMAGEN].....	52
IMAGEN 37: INTEGRACION DEL SISTEMA DE ELEVACION DEL SERVO Y CAVIDAD PARA LA VISUALIZACION DEL LA LUZ DE ESTADO DE ESTE. [IMAGEN].	53

IMAGEN 38: RECEPTACULOS DE LOS CONECTORES QUE RECIBIRAN SUS CONTRAPARTES DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN].....	54
IMAGEN 39: ALETA DE ANCLAJE ENTRE MODULOS. [IMAGEN].	54
IMAGEN 40: CONTRAPARTE DE LA ALETA DE ANCLAJE Y RECEPTACULOS DE TUERCAS. [IMAGEN].....	54
IMAGEN 41: PARTE SUPERIOR DEL PANEL DE CONECTORES Y REFUERZO VINCULANTE ENTRE LOS MODULOS DE LA BASE. [IMAGEN].	55
IMAGEN 42: UBICACIÓN DE LA PARTE SUPERIOR DEL PANEL DE CONECTORES. [IMAGEN]	55
IMAGEN 43: UBICACIÓN Y FORMA DE LA ENDIDURA DE ANCLAJE DE LA BATERIA. [IMAGEN].....	56
IMAGEN 44: CAVIDAD DISEÑADA PARA CONTENER Y ANCLAR EL CONECTOR RJ- 45 QUE CONECTA EL EXTERIOR CON EL INTERIOR DE CRABOT. [IMAGEN].....	56
IMAGEN 45: CONTENEDOR DE LA BATERIA. [IMAGEN].....	56

IMAGEN 46: TOPE DE MEDIA ALTURA INCLUIDO CON EL MOTIVO DE MANTENER LA BATERIA EN SU LUGAR. [IMAGEN].	57
IMAGEN 47: SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS CONECTORES DE LA BATERIA (PODER Y BALANCE). [IMAGEN].	57
IMAGEN 48: ESPACIO DISEÑADO PARA CONTENER Y GUIAR LOS CABLES DE LA BATERIA. [IMAGEN].	57
IMAGEN 49: RIEL GUIA UTILIZADO PARA EL DESPLAZAMIENTO DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN].	58
IMAGEN 50: TAPA DE FIJACION Y CONTRAPARTE DEL SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS CONECTORES DE LA BATERIA. [IMAGEN].	58
IMAGEN 51: TAPA DE FIJACION Y CONTRAPARTE DEL SOPORTE Y ANCLAJE DE LOS CONECTORES DE LA BATERIA. [IMAGEN].	58
IMAGEN 52: MECANISMO RESPONSABLE DE LA LIBERACION DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN].	59

IMAGEN 53: PROTUBERANCIA SEMIESFERICA QUE PERMITE MANTENER EN SU LUGAR EL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN]	59
IMAGEN 54: CONTRAPARTE DE LA PROTUBERANCIA SEMIESFERICA PRESENTE EN EL MODULO QUE PERMITE MANTENER EL MODULO DE BATERIA EN SU LUGAR UNA VEZ INSERTO. [IMAGEN]	59
IMAGEN 55: FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DE LIBERACION DEL MODULO DE BATERIA. [IMAGEN]	60
IMAGEN 56: MECANISMO MONTADO, INCLUIDA LA TAPA QUE ASEGURA LOS CONECTORES Y EL MECANISMO. [IMAGEN]	60
IMAGEN 57: PIERNA COMPLETA DE CRABOT. [IMAGEN]	61
IMAGEN 58: UBICACION SEGMENTO 1. [IMAGEN]	61
IMAGEN 59: VISTA EN PERSPECTIVA DEL SEGMENTO 1 EN LA QUE SE DEJA EN EVIDENCIA LA CAVIDAD DE CALCE CON EL SERVO DEL CUERPO Y SU	

PERFORACION DE ASISTENCIA PARA EL FACILITAR EL MONTAJE. [IMAGEN].....	62
IMAGEN 60: VISTA EN PERSPECTIVA DEL SEGMENTO 1 DONDE SE DEJA EN EVIDENCIA LA GUIA Y CALCE DEL DISCO DE GIRO PERTENECIENTE AL SIGUIENTE SERVO. [IMAGEN]	62
IMAGEN 61: PERFORACIONES DE ASISTENCIA PARA LA ALINEACION DE LOS DISCOS DE GIRO. [IMAGEN]	63
IMAGEN 62: UBICACION SEGMENTO 2. [IMAGEN]	63
IMAGEN 63: VINCULACION ENTRE EL SERVO 2 Y SEGMENTO 2. [IMAGEN].....	64
IMAGEN 64: CONVERSION GRADUAL DE LAS LINEAS RECTAS A CURVAS, DE UN EXTREMO A OTRO. [IMAGEN].....	64
IMAGEN 65: CANAL DE CABLEADO ENTRE SERVOS. [IMAGEN].....	65
IMAGEN 66: UBICACION SEGMENTO 3. [IMAGEN]	65
IMAGEN 67: CONVERSION GRADUAL DE LAS LINEAS RECTAS A CURVAS Y VINCULO ENTRE SERVOS. [IMAGEN].....	66

IMAGEN 68: VINCULO ESTETICO ENTRE LA LINEALIDAD DE LOS SEGMENTOS PREVIOS Y LA CURVATURA DE EL SEGMENTO FINAL. [IMAGEN].....	66
IMAGEN 69: DUCTO DE COMUNICACION PARA EL CABLEADO. [IMAGEN].	66
IMAGEN 70: UBICACION SEGMENTO FINAL. [IMAGEN].....	67
IMAGEN 71: PARTES DEL SEGMENTO FINAL. [IMAGEN].	67
IMAGEN 72: PASO DE LA CAVIDAD DE ANCLAJE AL SERVO PREVIO HACIA LA CURVATURA DEL CUERPO. [IMAGEN].....	67
IMAGEN 73: QUEDA EN EVIDENCIA LA CAVIDAD CIRCULAR QUE SERA USADA COMO GUIA PARA EL ANCLAJE DE LA BOTA. [IMAGEN]	68
IMAGEN 74: CUERPO INTERNO DE LA BOTA, CONSTRUIDO DE ABS. [IMAGEN].....	69
IMAGEN 75: COBERTURA DEL CUERPO INTERIOR DE LA BOTA, CONSTRUIDA DE FILAFLEX. [IMAGEN]	69
IMAGEN 76: BOTA COMPLETAMENTE ARMADA, INCLUIDO SU SISTEMA DE ANCLAJE AL	

CUERPO DEL SEGMENTO FINAL. [IMAGEN]	70
IMAGEN 77: CUBIERTA COMPLETA	71
IMAGEN 78: MODULO CONSTRUCTOR DE LA CUBIERTA, DONDE SE APRECIAN CAVIDADES PARA EL ANCLAJE DE PUERTOS USB HEMBRAS (PARTE SUPERIOR IZQUIERDA DEL MODULO) Y LA CAVIDAD DE ANCLAJE PARA UN PUERTO RJ-45 HEMBRA. [IMAGEN]	71
IMAGEN 79:MODULO CONSTRUCTOR DE LA CUBIERTA, DONDE SE APRECIA UNA CAVIDAD PARA EL ANCLAJE DE UN PUERTO HDMI HEMBRAS (PARTE CENTRAL INFERIOR), LA CAVIDAD DE ANCLAJE PARA UN CONECTOR DE PODER HEMBRA (PARTE SUPERIOR CENTRAL) Y A LA IZQUIERDA LA VENTILACION. [IMAGEN]	72
IMAGEN 80: EN LA IMAGEN SE MUESTRAN DE FORMA GENERAL COMO CADA MODULO APORTA A LA CONSTRUCCION DE LAS CURVAS DE LA CUBIERTA. [IMAGEN]	72
IMAGEN 81: DEPRESION DISEÑADA PARA DAR AL PULGAR UN MEJOR ACCESO A LA PARTE SUPERIOR DEL MODULO DE LA BATERIA. [IMAGEN]	73

IMAGEN 82: MODULO DE CUBIERTA QUESOPORTA EL SERVO ENCARGADO DE HACER GIRAR EL MECANISMO DE GIRO DE LA CAMARA. [IMAGEN]	73
IMAGEN 83: MODULO DE CUBIERTA QUESOPORTA EL SERVO ENCARGADO DE HACER GIRAR EL MECANISMO DE GIRO DE LA CAMARA. [IMAGEN]	74
IMAGEN 84: SISTEMA DE VENTILACIÓN. [IMAGEN]	74
IMAGEN 85: CORTE TRASNVERSAL DE CRABOT DONDE SE GRAFICA LA ENTRADA Y SALIDA DE AIRE. [IMAGEN]	75
IMAGEN 86: MECANISMO DE ROTACION DE LA CAMARA. [IMAGEN]	75
IMAGEN 87: ENGRANAJE ENCARGADO DE HACER GIRAR EL MECANISMO. [IMAGEN]	76
IMAGEN 88: COMPONENTE ESTATICO DEL MECANISMO DE GIRO ENCARGADO DE VINCULAR Y SOPORTAR. [IMAGEN]	76
IMAGEN 89: CARA SUPERIOR DE LA COMPONENTE ESTATICA. [IMAGEN]	77
IMAGEN 90: SEGUNDA COMPONENTE MOVIL, CONTIENE UN ENGRANAJE PERIMETRAL COMO PARTE DE SU ESTRUCTURA Y UNA GUIA PARA MANTENERSE	

CENTRADA A LA COMPONENTE ESTATICA. [IMAGEN]	77
IMAGEN 91: VISTA SUPERIOR DE LA SEGUNDA COMPONENTE MOVIL DEL MECANISMO DE GIRO DE LA CAMARA, DONDE SE APRECIAN LAS GUIAS DE MONTAJE PARA EL SISTEMA DE SOPORTE E INCLINACION DE LA CAMARA Y LA PERFORACION PARA EL PASO DE LOS CABLES. [IMAGEN]	78
IMAGEN 92: MECANISMO DE INCLINACION DE LA CAMARA. [IMAGEN]	78
IMAGEN 93: GUIAS TRIANGULARES DE ANCLAJE EN LA PARTE ESTATICA DEL MECANISMO. [IMAGEN] ..	79
IMAGEN 94: PARTE MOVIL ENCARGADA DE INCLINAR LA CAMARA. [IMAGEN]	79
IMAGEN 95: ENGRANAJE PARCIAL ENCARGADO DE PIVOTEAR LA CAMARA. [IMAGEN]	79
IMAGEN 96: ACOPLA DE EL ENGRANAJE PARCIAL DEL SOPORTE DE LA CAMARA CON EL ENGRANAJE ANCLAJE DEL SERVO. [IMAGEN]	79
IMAGEN 97: PREIMPRESION DE LA MAQUETA TOMANDO EN CUENTA LA GEOMETRIA DEL SENSOR Y MONTAJE DENTRO DEL DISEÑO. [IMAGEN]	80

IMAGEN 98: INSERION DEL SENSOR DENTRO DE LA CAVIDAD UNA VEZ QUE SE REALIZA LA PAUSA PROGRAMADA. [IMAGEN]	81
IMAGEN 99: VISTA FRONTAL DE LA MAQUETA TERMINADA Y EXTRAIDA DE LA IMPRESORA, DONDE SE APRECIA CLARAMENTE EL SENSOR INSERTO EN EL BLOQUE IMPRESO.[IMAGEN]	81
IMAGEN 100:VISTA QUE PERMITE APRECIAR CLARAMENTE EL ACCEOS A LA SUPERFICIE DE MEDICION DEL SENSOR Y LOS CONTACTOS DE COMUNICACION. [IMAGEN]	81
IMAGEN 101: VISTA TRASERA, DONDE SE PUEDE APRECIAR DE MEJOR FORMA LA SALIDA DE LOS CONTACTOS DE COMUNICACION Y EL BLOQUE SOLIDO QUE CONTIENE AL SENSOR. [IMAGEN] ..	81