



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

ROBOT + DANZA. Diseño y fabricación de la carcasa de un robot para un festival de danza.

ROBOT + DANCE. Design and manufacture of a robot housing for a dance festival.

Autor/es

Miguel Franco Aliaga

Director/es

Jorge Sierra Pérez

Ponente/es

Ignacio López Forniés

D./D^a. MIGUEL FRANCO ALIAGA

con nº de DNI 17768509C en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

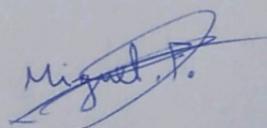
Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
GRADO _____, (Título del Trabajo)

"ROBOT + DANZA. Diseño y fabricación de la carcasa de un robot para un
festival de danza."

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada
debidamente.

Zaragoza, 18 de Septiembre de 2017



Fdo: MIGUEL FRANCO ALIAGA

ROBOT+DANZA.DISEÑOYFABRICACIÓNDELA CARCASA DE UN ROBOT PARA UN FESTIVAL DE DANZA

RESUMEN

Se trata de un proyecto real, encargado por Trayectos (Festival de Danza Contemporánea) para el "Laboratorio Danza y Nuevos Medios", que tendrá lugar en Etopia (Centro de Arte y Tecnología, Zaragoza) el 22 de Junio de 2017.

El objetivo es integrar un robot TurtleBot en una de las coreografías de este festival, siendo un miembro más del equipo. Para su realización se ha contado con el siguiente equipo multidisciplinar:

-Coreografía e intérpretes: Tarde o Temprano Danza – Laura Val, Raquel Buil –

-Apoyo coreográfico B.Dance (Taiwán)

-Estudiantes de Proyecto Fin de Grado de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Zaragoza EINA (Paula Abad, Ingeniería Electrónica y Miguel Franco, Ingeniería de Diseño) con el apoyo del Departamento de Robótica (A. Cristina Murillo, Luis Riazuelo, Luis Montano, Ana Cambra e Iñigo Alonso) y del Centro Universitario de la Defensa (Jorge Sierra).

-Enlace técnico-artístico: Eduardo Lostal, Rosa Castellón.

-Otros colaboradores del ayuntamiento, de Trayectos, del BIFI...

Respecto a la parte de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, los objetivos principales son: Desarrollar hasta la fabricación de la carcasa que utilizará el robot Turtlebot2; Estudiar y analizar la existencia de experiencias similares; Desarrollar y coliderar un proceso creativo para la obtención de conceptos; Diseñar diferentes alternativas según los requerimientos específicos del robot seleccionado; y Fabricar mediante impresora 3D y otras técnicas la carcasa utilizada durante el festival.

Para ello se realizarán las siguientes fases:

- FASE 0: Se planificará el proceso y se explicarán las tareas específicas para cada parte, dentro del equipo multidisciplinar. Además, se realizará un pequeño estudio de mercado sobre los robots de la actualidad, y su relación con el baile. Esto servirá como primera toma de contacto y nos permitirá una inmersión en el tema de cara a la primera reunión con el resto de miembros del proyecto.
- FASE 1: Se desarrollará y llevará a cabo la sesión creativa con el equipo multidisciplinar para poder obtener una idea de concepto de la coreografía. A partir de éste, se generarán diferentes alternativas formales.
- FASE 2: Se desarrollará el modelo 3D de la carcasa y los diferentes elementos de montaje para su posterior fabricación. Durante el montaje, se realizarán diferentes pruebas con el resto de los componentes del proyecto que servirán como testeo, y permitirán ajustar los últimos detalles
- FASE 3: Esta última fase tendrá lugar el día de exhibición, donde se gestionará el robot durante la celebración del Festival de Danza Trayectos.

Para concluir el proyecto, se realizará una reflexión sobre la experiencia educativa que ha implicado este proyecto, y los diferentes obstáculos que se han encontrado durante su desarrollo.



ÍNDICE.

OBJETIVOS	8
ALCANCE	9
FECHAS CLAVE	10
FASES DEL PROYECTO	10
TAREAS A REALIZAR	12
MODO DE ORGANIZACIÓN	12
ANÁLISIS PREVIO	14
ROBOTS	14
TARDE O TEMPRANO DANZA	15
TRAYECTOS	16

		● ● ● ● ● ● ● ●		
18	SESIÓN CREATIVA		TESTEO DE LA CARCASA / ENSAYOS	44
18	DISEÑO DE LA SESIÓN		CONCLUSIONES	48
19	TÉCNICAS CREATIVAS UTILIZADAS		FESTIVAL TRAYECTOS	50
20	SELECCIÓN DE LOS PARTICIPANTES		ÚLTIMOS RETOQUES / ENSAYOS	50
21	DÍA DE LA SESIÓN		ACTUACIÓN	50
24	CONCLUSIONES		CONCLUSIONES	53
25	DISEÑO DE LA CARCASA		BIBLIOGRAFÍA	55
25	EDP'S		ANEXO I. PLANIFICACIÓN	
26	CONCEPTUALIZACIÓN		ANEXO II. PROCESO CREATIVO	
31	SELECCIÓN DEL CONCEPTO		ANEXO III. ANÁLISIS PREVIO	
32	MODELO 3D		ANEXO IV. ROBOT2017_PAPER	
34	FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS		ANEXO V. MODELADO 3D Y MONTAJE	

OBJETIVOS.

Objetivos personales:

- Desarrollar habilidades y actitudes profesionales a través del trabajo colaborativo entre los miembros de un equipo multidisciplinar y compañías de apoyo.
- Aprender el uso de nuevas herramientas, disponibles en las instalaciones del Centro de Arte y Tecnología ETOPIA y del Laboratorio de Robótica del i3A (simuladores, impresora 3D...).

Objetivos del proyecto:

Objetivo Principal:

- Desarrollar hasta la fabricación de la carcasa que utilizará el robot Turtlebot2 en su participación en una de las coreografías presentadas en el próximo festival de Danza Trayectos.

Objetivos específicos:

- Diseñar, desarrollar y coliderar un proceso creativo para la obtención de conceptos
- Realizar las investigaciones necesarias sobre la existencia de experiencias similares.
- Diseñar diferentes alternativas según los requerimientos específicos del robot seleccionado
- Fabricar mediante impresora 3D y otras técnicas la carcasa utilizada durante el festival.

ALCANCE.

El alcance de este proyecto implica el trabajo en un equipo multidisciplinar (coreógrafos, especialistas en robótica, gestores culturales), donde cada uno aporta su trabajo para una misma finalidad. El enfoque de este trabajo, además del desarrollo y fabricación de la carcasa del Turtlebot2 que se utilizará en el festival Trayectos, incluye el proceso creativo inicial que aporte coherencia y homogeneidad a todas las vertientes.

Para ello se realizará un estudio de experiencias similares como primera toma de contacto con el tema, y que permitirá extraer una serie de conclusiones.

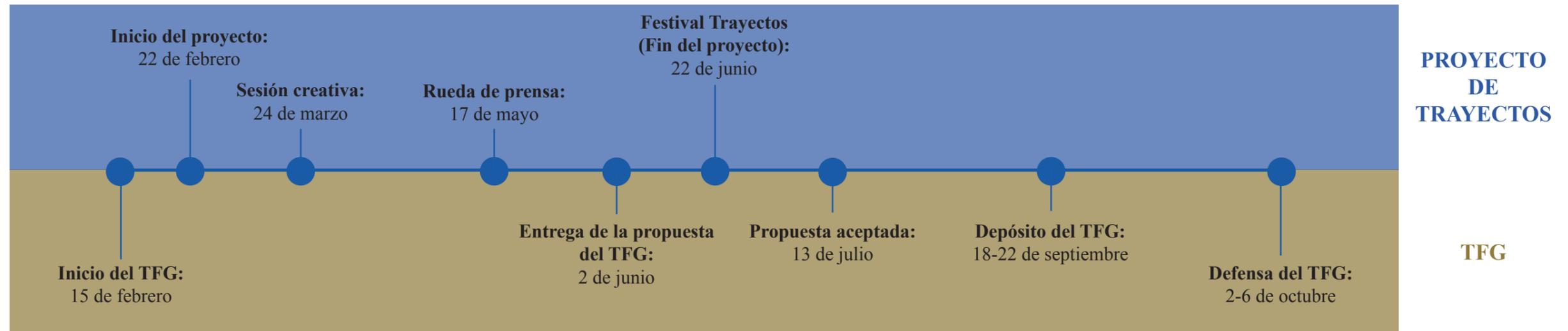
A continuación se diseñará y codirigirá una sesión creativa, en la cual participarán el resto de miembros del proyecto y se obtendrá una idea de concepto del baile.

Se realizarán diferentes propuestas formales de la carcasa del robot para posteriormente, quedarnos con una sola, la cual se fabricará y colocará en el Turtlebot.

De la propuesta final, se irán haciendo testeos conforme estén disponibles las piezas para comprobar el correcto funcionamiento del robot (soporta el peso de la carcasa, no interfiere en la lectura del láser para el mapeo, resistente a impactos...).

El robot deberá estar terminado antes del jueves día 22 de Junio a las 20:30h. Este día tendrá lugar el Festival Trayectos, dónde se gestionará el robot para garantizar su buen estado y se realizará una breve presentación de la pieza al público asistente.

FECHAS CLAVE.



FASES DEL PROYECTO

Fase 0. Análisis Previo:

- Realizar una breve investigación sobre el Festival Internacional de Danza Contemporánea para el que se realiza el proyecto.
- Buscar información sobre la compañía Tarde o Temprano Danza con la que se va a realizar el proyecto.
- Estudiar y analizar la existencia de experiencias similares

1ª Fase. Sesión Creativa:

- Diseñar el guión que se va a seguir en la sesión creativa.
- Elegir las técnicas creativas que se van a utilizar en el taller, tanto de generación de ideas como de evaluación.
- Realizar una sesión creativa para generar conceptos para diseñar la coreografía ROBOT + DANZA
- Explicar los resultados que se han obtenido una vez realizada la sesión creativa.
- Realizar un listado de conclusiones sobre los resultados de la sesión creativa y la experiencia personal que ha supuesto.

2ª Fase. Diseño de la Carcasa:

- Definir EDP's y generar diferentes alternativas de diseño de la carcasa del robot.
- Selección de conceptos y justificación de la elección del concepto.
- Modelado 3D de las piezas que componen la carcasa y sus sujeciones.
- Explicar el proceso de fabricación de las piezas y las alternativas que se planteen para una misma pieza.
- Realizar ensayos con la carcasa ya colocada para verificar que respeta las restricciones de diseño planteadas al inicio
- Realizar un listado de conclusiones de esta fase de fabricación de la carcasa

3ª Fase. Festival Trayectos:

- Esta fase tendrá lugar el día del Festival, en el que se hará un seguimiento del robot en los ensayos previos a la puesta en escena.
 - Últimos retoques en la carcasa para garantizar su correcto funcionamiento y la fijación de sus piezas.
 - Presentación de la actuación al público que asista al festival.
 - Seguimiento durante la coreografía por si algo falla y hay que salir a escena.
- Documentar todo el trabajo realizado, y entregar y presentar el TFG.

TAREAS A REALIZAR.

TAREAS A REALIZAR	FECHA
Planificación y calendario	22/02/17
Investigación previa: <ul style="list-style-type: none"> • Festival Internacional de Danza Contemporánea, Trayectos • Compañía de baile Tarde o Temprano Danza • Experiencias similares Tipos de robots Aspectos formales 	15/02/2017 - 22/02/2017 15/02/2017 - 22/02/2017 15/02/2017 - 24/03/2017
Sesión creativa: <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar el guión a seguir Seleccionar técnicas creativas • Clasificar a los asistentes según su perfil/es • Realizar la sesión creativa 	3/03/2017 - 20/03/2017 16/03/2017 - 20/03/2017 24/03/2017
Diseño de la carcasa: <ul style="list-style-type: none"> • Evolución funcional • Evolución formal • Dimensionamiento • Modelado 3D 	3/04/2017 - 30/05/2017
Rueda de prensa	17/05/2017
Fabricación de la carcasa: <ul style="list-style-type: none"> • Encargar/comprar material • Imprimir piezas • Montar la carcasa • Comprobar que se respeta las EDP's planteadas 	22/05/17 - 22/06/2017
Festival Trayectos: <ul style="list-style-type: none"> • Últimos retoques • Presentación de la actuación 	22/06/2017
Además, durante todo el proyecto se ayudó a las otras partes del equipo en lo que fuera necesario (pensar la distribución del público el día de la actuación; comprar, cortar y pintar barreras para el mapa del robot...)	

MODO DE ORGANIZACIÓN:

Para organizar el **modo de trabajo** y la **distribución y seguimiento de las tareas**, además de las **reuniones semanales de grupo**, hemos empleado plataformas informáticas de comunicación, organización e intercambio de archivos como: **Trello, Google Drive, roundcube - Gmail y WhatsApp.**



ANÁLISIS PREVIO.

ROBOTS:

Robot:

Máquina automática programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas; puede estar dotada de sensores, que le permiten adaptarse a nuevas situaciones.

Androide:

Robot u organismo sintético antropomorfo que, además de imitar la apariencia humana, emula algunos aspectos de su conducta de manera autónoma. Etimológicamente, “androide” se refiere a los robots humanoides de aspecto masculino. A los robots de apariencia femenina se los llama ocasionalmente “ginoides” o “fembot”.

Humanoide:

Un robot humanoide es un robot diseñado para asimilar el cuerpo y los movimientos de un ser humano. En general, los robots humanoides tienen un torso, una cabeza, dos brazos y dos piernas, aunque algunas formas de robots humanoides pueden modelar sólo una parte del cuerpo, por ejemplo, de la cintura para arriba.

Una vez aclarados estos conceptos, se investigó el “Robot Hall of Fame” (**Tabla 1**) de la Universidad Carnegie de Mellon, donde se reconocen los logros históricos de la tecnología robótica y permite crear una mayor conciencia de las contribuciones que los robots hacen a la ciencia y a la sociedad.

Previous Inductees by Year

2012 INDUCTEES

BigDog | NAO | PackBot | WALL-E

2010 INDUCTEES

DaVinci | Huey, Dewey and Louie | Roomba | Spirit and Opportunity | Terminator

2008 INDUCTEES

Raibert Hopper | NavLab 5 | LEGO® MINDSTORMS® | Lt. Cmdr. Data

2006 INDUCTEES

AIBO | SCARA | David | Maria | Gort

2004 INDUCTEES

ASIMO | Shakey | ASTRO BOY | Robby, the robot | C-3PO

2003 INDUCTEES

HAL 9000 | Mars Pathfinder Sojourner Rover | R2-D2 | Unimate

Tabla 1.¹ Robots incorporados al “Robot Hall of Fame” de la Universidad Carnegie de Mellon.

ANÁLISIS PREVIO.

En este salón de la fama aparecen gran variedad de robots y diferentes campos de aplicación. Algunos se utilizan para tareas del ejército, operaciones quirúrgicas, exploraciones de otros planetas, tareas del hogar, personajes de películas... Esta variedad se debe en parte a los diferentes tipos de robots que existen en el mercado:

• ROBOTS FÍSICOS:

-Robótica de Servicio: Es la parte de la Ingeniería que se centra en el diseño y construcción de máquinas capaces de proporcionar servicios directamente a los miembros que forman sociedad.

-Robótica Inteligente: Son robots capaces de desarrollar tareas que, desarrolladas en un ser humano, requieren el uso de su capacidad de razonamiento.

-Robótica Humanoide: Es la parte de la ingeniería que se dedica al desarrollo de sistemas robotizados para imitar determinadas peculiaridades del ser humano.

• ROBOTS SOFTWARE:

-Robótica de Exploración: Es la parte de la Ingeniería del Software que se encarga de desarrollar programas capaces de explorar documentos en busca de determinados contenidos. Existen diversos servicios en Internet dedicados a esta parcela de la robótica.

Gracias a la robótica el ser humano ha podido dedicar su tiempo a mejorar la calidad de vida al aplicarla constantemente y sustituyéndose a sí mismo en labores repetitivas y agotadoras. Sin embargo, no todo son ventajas, pues aunque puede crear empleos, también los quita. Y, a día de hoy, son más las personas que han visto como perdían su trabajo por culpa de la robótica que los que han conseguido un empleo nuevo.

Con todo esto, lo que se estaba buscando era tener una visión más global de la robótica, antes de centrarnos en el turtlebot, robot que se va a utilizar en el proyecto y el cual se deberá cubrir con una carcasa.

Además se investigó sobre experiencias similares en las que se incorporase algún robot a un espectáculo. Éste sería el caso de “Robot!”. Esta obra fue creada por Blanca Li, y permitió prever posibles obstáculos que podían suceder en este proyecto. Los bailarines de su compañía también eran principiantes respecto a trabajar con esta tecnología (robots), y se tuvieron que adaptar a la hora de bailar, no solo por si ellos fallaban, sino por si alguno de los robots se equivocaba.

TARDE O TEMPRANO DANZA:

En nuestro caso, la compañía de baile que iba a realizar la coreografía el día del festival es Tarde o Temprano Danza². Ésta se creó en el año 2005, gracias a la asociación de tres bailarinas zaragozanas: Marta Aso, Raquel Buil y Vanesa Pérez. Su objetivo era desarrollar un trabajo personal e independiente dentro del ámbito de la danza contemporánea. En noviembre de 2007, una cuarta persona pasó a formar parte de este proyecto. Se trata de Laura Val.

Tarde o Temprano Danza ha creado una serie de espectáculos que se han expuesto al público en festivales y galas de gran prestigio tanto dentro como fuera de nuestra comunidad. El trabajo que se ha ido realizando en estos años abarca todos los ámbitos de la danza, desde colaboraciones con otras artes escénicas como el teatro, circo y audiovisuales, presentaciones, entregas de premios e inauguraciones públicas, participación en festivales, organización de galas de danza contemporánea, participación en pasacalles.

²<http://tardeotempranodanza.wix.com/tardeotempranodanza>

ANÁLISIS PREVIO.

Antes de realizar este proyecto, la compañía ha realizado varios espectáculos y varias piezas cortas.

ESPECTÁCULOS:

- Norte (2009)
- Acabado en A (V.L) (2010)
- Ni contigo (2012) Espectáculo de 45 minutos para sala
- Los ladrones del tiempo (2012) Espectáculo para público infantil y familiar
- Ver y bailar (2013)
- La tiranía de la belleza (2014) Espectáculo de 50 minutos para sala

PIEZAS CORTAS:

- Cuando sopla el Norte (2008)
- Naranjas y tacones (2009)
- Acabado en A (2010)
- Ni contigo (2012) Pieza de 12 minutos para calle.

TRAYECTOS:

Hablar de este proyecto, “Danza y robótica – Laboratorio de danza y nuevos medios”, es hablar del Festival Trayectos³. Se trata del Festival Internacional de Danza Contemporánea de Zaragoza, que se viene celebrando desde el año 2004. Trata de acercar este arte a los ciudadanos, haciendo de Zaragoza un escenario donde se muestran sus actuaciones (**Fig. 1.**). Esto es muy importante, conocer cuales son sus objetivos (¿Por qué se realiza el festival?), sus valores y su visión de futuro. Pues todo esto se tendrá que tener en cuenta a la hora de diseñar la carcasa del robot, para ser fieles a sus ideales. No obstante, todo esto se aclarará en la sesión creativa.

Misión:

Acercar la danza contemporánea a la ciudadanía, procurar el crecimiento artístico de bailarines y coreógrafos y dar respuesta a procesos de integración social, a través de la programación, la formación, la sensibilización, el apoyo a proyectos y el trabajo en red en el ámbito de la danza contemporánea a nivel local, nacional e internacional.

Visión:

Llegar a ser un proyecto de referencia a nivel internacional por la excelencia en la gestión y en el trabajo en red, por el impacto positivo producido en el ecosistema artístico nacional y en el tejido social local y por la contribución al imaginario cultural asociado a la ciudad de Zaragoza.

³<http://www.danzatrayectos.com/quienes-somos/>

ANÁLISIS PREVIO.

Valores:

- Calidad de la programación y de todas las iniciativas artísticas que forman Trayectos.
- Accesibilidad de la danza contemporánea al gran público.
- Transparencia del proyecto, en todas sus fases de desarrollo.
- Innovación en la gestión y en las fórmulas de sostenimiento del proyecto.
- Cooperación con otras estructuras, nacionales o internacionales.
- Generación de valor para la sociedad, tanto desde la perspectiva artística como desde la ciudadana.
- Cohesión social a través del arte.



Fig. 1.⁴ Una de las actuaciones del Festival Trayectos de Zaragoza en plena calle, fieles a su idea de acercar la danza a los ciudadanos.

⁴<http://redaragon.elperiodicodearagon.com/agenda/fichaevento.asp?id=86523>

SESIÓN CREATIVA.

Tras las primeras reuniones donde se presentó el proyecto y se conoció al resto de integrantes del grupo, tuvo lugar una sesión creativa. Ésta ayudó a enfocar el proyecto, generando diferentes ideas de conceptos para el diseño de la coreografía Robot+Danza. De esta forma, tras realizar la sesión, cada uno de los vectores del equipo multidisciplinar podría avanzar con sus tareas más específicas siguiendo una misma línea de trabajo.

DISEÑO DE LA SESIÓN:

La sesión está estructurada y definida por un equipo de especialistas de diseño, formado por el alumno M. Franco y su director de trabajo J. Sierra. El taller creativo está diseñado con el fin de alcanzar los objetivos antes mencionados, generando ideas que conducen a la definición de conceptos que serán evaluados desde diferentes puntos de vista (su aplicabilidad a la danza contemporánea, viabilidad electrónica...).

El taller creativo se estructura en una única sesión, que servirá tanto para generar ideas como para evaluar conceptos. En su desarrollo participarán profesionales de diferentes especialidades. Esto se tuvo en cuenta a la hora de formar varios grupos, para que quedaran equilibrados y siguieran siendo multidisciplinarios.

El éxito de un taller creativo depende de la dedicación a la preparación para él y de la anticipación de los posibles eventos que puedan suceder durante la sesión. Para este taller, se realizaron dos reuniones presenciales de la parte de diseño para su completa preparación. De una reunión a otra, se introdujeron pequeñas variaciones en el guión de la sesión, siempre pensando en el bien común y obtener mejores resultados (Fig. 2).

Objetivo: Idear conceptos para el diseño de la coreografía DANZA+ROBOTS

BRAINSTROMING

Respondiendo a las preguntas:

1. ¿Qué palabra podría definir para tí la danza?
2. ¿Qué palabra podría definir para tí la robótica?
3. ¿Qué adjetivo te gustaría que el público dijese al terminar la coreografía?

APUNTAR CADA PALABRA EN PAPELES DE DISTINTOS COLORES SEGÚN PREGUNTA 1, 2 Y 3.

HACER 6 GRUPOS DE 4 PAPELETAS: UNA DE CADA PREGUNTA (3) MÁS UNA PAPELETA BLANCA (DE 3).

REPARTIR 3 GRUPOS DE PAPELETAS A CADA GRUPO

	Grupo A	Grupo B
Diseño	Jorge	Miguel
Robótica	Paula	Ana C.
Danza	Raquel	Laura
Festival	Nati	Isabel
Gestión	Isabel Cebrián	Rosa
BIFI	Fran	Edu

RELLENAR LA SIGUIENTE TABLA PARA CADA GRUPO DE PAPELETAS

PALABRAS	IDEA	COLOR, FORMA	MÚSICA, SONIDOS	ARTE DEL MOVIMIENTO	MOVIMIENTO ROBÓTICO
Concepto 1					
Concepto 2					
Concepto 3					

DIVIDIMOS EL GRUPO EN 3 Y COMBINAMOS CADA CONCEPTO 1, 2 Y 3 DE AMBOS GRUPOS

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Diseño	Jorge	Miguel	Isabel
Danza	Laura	Nati	Raquel
Robótica	Ana C	Paula	Rosa
Gestión	Isabel Cebrián	Fran	Edu

PONEMOS EN COMÚN LOS 3 CONCEPTOS Y EVALUAMOS SEGÚN PNI

CONCEPTO	CREATIVIDAD	FACTIBILIDAD ARTÍSTICA	FACTIBILIDAD TÉCNICA
Concepto 1			
Concepto 2			
Concepto 3			

Fig. 2. Guión final que se utilizó el día de la sesión creativa.

SESIÓN CREATIVA.

TÉCNICAS CREATIVAS UTILIZADAS:

Durante el transcurso de la sesión, se van a utilizar varias técnicas creativas como estimulación a la hora de generar ideas y que dinamizarán el trabajo en equipo.

Brainstorming⁵: También conocido como lluvia de ideas, en la que los participantes van nombrando todas las ideas posibles de acuerdo al problema planteado durante un tiempo determinado. Para obtener un resultado exitoso, es muy importante dejar claro una serie de normas a cumplir:

- Cualquier idea es válida, por absurda que pueda parecer.
- Está prohibida la crítica.
- Tantas ideas como sean posible.
- Es aconsejable relacionar varias ideas

Para evitar que la sesión se alargase más de la cuenta, se suprimió la fase de calentamiento de la técnica.

Uno de los miembros del equipo se encargaba de dinamizar y dirigir la sesión, mientras el otro registraba todo lo que se iba diciendo.

Relaciones forzadas⁵: Se basa en combinar lo conocido con lo desconocido para obtener nuevas soluciones, llegando a alcanzar situaciones insólitas, incluso absurdas algunas veces. Esta técnica fue complementaria al Brainstorming y tenía sus mismas normas, mencionadas anteriormente.

Una vez respondidas las tres preguntas planteadas al principio de la sesión, se apuntaron las palabras diferenciando su procedencia para posteriormente mezclarlas. Se utilizarán tres conjuntos de cuatro palabras para cada uno de los grupos. De esas cuatro palabras, una será común para ambos equipos, mientras que el resto serán diferentes. Y de cada conjunto de cuatro palabras se deberá obtener un concepto, el cual se reflejará en una tabla.

Para esta parte de la sesión, cada uno de los miembros del equipo de diseño dirigía uno de los grupos de trabajo.

Por último, se pusieron los conceptos generales en común y se realizó un pequeño debate. En éste se hizo una pequeña valoración de los conceptos, seleccionando los más interesantes. Para ello se utilizó la técnica creativa PNI.

PNI⁵: Dicha técnica consiste en analizar las diferentes ideas (se recomiendan no más de 6) según una serie de aspectos:

- *Positivos*: Por qué creemos que es una idea exitosa y cuáles son sus potenciales.
- *Negativos*: Qué puede fallar en esta idea, cuáles son sus debilidades y por qué tenemos que tener cuidado.
- *Interesantes*: Qué no está en ninguno de los dos grupos anteriores, o tiene un poco de cada uno, y que le proporciona un valor añadido a la idea (que genera interés).

⁵<https://www.neuronilla.com/desarrolla-creatividad/tecnicas-creatividad/>

SESIÓN CREATIVA.

SELECCIÓN DE LOS PARTICIPANTES:

La sesión creativa, como ya se ha comentado antes, es multidisciplinar. En ella participan profesionales de diferentes especialidades que otorgan un mayor conocimiento general al grupo. Esto supone más herramientas con las que defenderse ante los desafíos que surjan en el taller trabajando de manera grupal a sí se trabaja de manera individual.

Los perfiles que nos vamos a encontrar en la sesión principalmente están relacionados con:

- El diseño
- La danza
- La robótica
- La gestión

Hay miembros del equipo que pueden pertenecer a varios perfiles. Esto supone una mayor flexibilidad a la hora de crear los grupos de la sesión, permitiendo que queden equilibrados con mayor facilidad.

Según las personas que iban a asistir a la sesión creativa y sus perfiles, se crearon los siguientes grupos para determinados momentos de la sesión:

- Cuando se divide al grupo en dos equipos:

	GRUPO A	GRUPO B
Diseño	Jorge	Miguel
Robótica	Paula	Ana C.
Danza	Raquel	Laura
F. Trayectos	Nati	Isabel
Gestión	Isabel Cebrián	Rosa
BIFI	Fran	Edu

- Cuando se divide a los asistentes en tres equipos:

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Diseño	Jorge	Miguel	Isabel
Robótica	Ana C.	Paula	Rosa
Danza	Laura	Nati	Raquel
Gestión	Isabel Cebrián	Fran	Edu

Fue muy importante esa variedad de perfiles de algunos miembros del equipo, pues o bien sea por sus estudios o por algún trabajo, estaban relacionados con varios de los perfiles nombrados anteriormente. Además, como se puede observar en las anteriores tablas, los grupos son equilibrados, es decir, no hay un grupo creativo, otro de expertos, y otro artístico. La finalidad era mezclar diferentes puntos de vista, diferentes perspectivas para lograr una solución entre todos más completa.

SESIÓN CREATIVA.

DÍA DE LA SESIÓN:

Llegado el 24 de marzo, nos reunimos todo el equipo en el aula que habíamos reservado previamente para llevar a cabo la sesión creativa. Ese día hubo alguna alteración de las personas que iban a asistir a la sesión. No obstante, al tener algún asistente con varios perfiles, se pudo reagrupar los grupos manteniendo ese equilibrio que se había planteado en el guión.

En la primera parte de la sesión se realizaron las explicaciones de cada una de las partes y el brainstorming. Para ello se utilizó un proyector para ayudarnos con imágenes durante la presentación y mostrar las preguntas a responder en la lluvia de ideas.

El orden de las presentaciones fue el siguiente:

- **Trayectos:** Se comentó el sentido del festival, y cuál es su filosofía, a modo de introducción de la sesión.
- **Tarde o Temprano Danza:** Las bailarinas explicaron su forma de entender la danza, como eso les influye a la hora de bailar, y cuál es su manera de trabajar y diseñar sus coreografías
- **Equipo de diseño:** Se utilizó esta explicación como nexo entre la parte más artística del proyecto y la parte técnica. Se mencionaron los diferentes tipos de robots que existen, aspectos formales y de color de los robots, posibles “ideas locas” que se podrían aplicar al robot, y por último, se comentó el robot que se iba a utilizar en el festival.
- **Equipo de robótica:** Como continuación a la presentación de la parte de diseño, se profundizó en ese robot que se iba a utilizar en el baile, y los sensores que se podrían utilizar (**Fig. 3.**), diferenciando si eran factibles o inciertos (no se podía asegurar que fueran a funcionar porque todavía no estaban implementados).



Fig. 3. Momento de la sesión creativa en el que el equipo de robótica comentaba algunos sensores.

SESIÓN CREATIVA.

Cuando finalizó esa primera parte (Fig. 4.), se realizó la primera de las técnicas creativas que se iban a utilizar en la sesión, el 'Brainstormig' o 'Lluvia de ideas'.

Para esta parte, se plantearon unas preguntas que había que contestar durante un tiempo determinado con todas las palabras posibles. Las preguntas fueron las tres siguientes:

- ¿Qué palabra podría definir para ti la danza?
- ¿Qué palabra podría definir para ti la robótica?
- ¿Qué adjetivo te gustaría que el público dijese al terminar la coreografía?



Fig. 4. Segunda parte de la sesión en la que se realizó la lluvia de ideas.

De esta lluvia de ideas saldrían las palabras que se iban a utilizar en la segunda técnica creativa, relaciones forzadas. Para ello, se dividió a los participantes en dos grupos y se les repartió cuatro palabras por concepto a crear, teniendo que generar tres en total (12 palabras). De éstas, una era común, y había salido de la presentación sobre el festival Trayectos. Mientras que las otras tres eran diferentes para cada grupo y procedían del brainstorming. En este momento de la sesión, cada grupo pensó tres conceptos de manera independiente, con ayuda de una tabla.

Ésta estaba compuesta por una serie de columnas a rellenar para cada uno de los conceptos: Palabras (4 papeletas de las que se partía para pensar el concepto); Idea del concepto (lo que nos sugerían esas palabras); Color/forma; Sonido; Arte del movimiento; y Movimiento robótico.

SESIÓN CREATIVA.

Una vez rellenas las tablas y comentados los conceptos entre el grupo (Fig. 5 y 6.), se pasó a realizar el debate final (Fig. 7.) entre todos los asistentes a la sesión en el que se valoraron los conceptos.

	PALABRAS	IDEA	COLOR/FORMA	SONIDO	ARTE MOVIMIENTO	MOVIMIENTO ROBÓTICO
CONCEPTO 1	Movimiento, caos, estructurado, trayecto	Metrónomo	Caleidoscopio Modular	Rítmico Acompasamiento Orquesta	Patrones Convergentes	Mantiene el tempo del movimiento
CONCEPTO 2	conexión, emotivo, matemáticas, mezcla	Curvas	Orgánico --> Arenas/tierras	Música clásica, Armonías, Bach	Espirales --> Deshacer el camino	Gráfico Fibonacci, Marcar el camino con arena
CONCEPTO 3	diálogo, memoria, dedicado, convivencia	Humor del contratiempo	Antropomorfo --> Identificable	Pantallazos	Domesticar	Aprender equivocándose

Fig. 5. Tabla de los conceptos del grupo dirigido por J. Sierra

	PALABRAS	IDEA	COLOR/FORMA	SONIDO	ARTE MOVIMIENTO	MOVIMIENTO ROBÓTICO
CONCEPTO 1	Integración, desequilibrio, preciso, trayecto	Danza-Gesto	Formas perfectas, Colores metalizados	Música electrónica	Bailarinas robotizadas	Secuencia, Repetición
CONCEPTO 2	intangible, inteligente, mecánico, mezcla	Disputa, Influencia robótica	Transformación del color	Silencio, Ruidos		Coordinación
CONCEPTO 3	comunicación, coherente, obediente, convivencia	Diálogo humano-máquina, Convivencia, Papeles cambiados	Formas orgánicas, colores llamativos/naturales	Sonidos robotizados/humanos		Movimientos fluidos, largos

Fig. 6. Tabla de los conceptos del grupo dirigido por M. Franco

De las ideas que más gustaron, por un lado, estaba el concepto 2 del grupo de J. Sierra (Fig. 5.). De este se quería aprovechar las espirales y curvas, incorporándolas a la actuación. Se suprimió la parte de soltar arena para ir marcando la trayectoria que seguía el robot, ya que esto ensuciaba el escenario y podía comprometer el correcto funcionamiento del Turtlebot.

Por otro lado, también gustó mucho el concepto 3 del grupo de M. Franco (Fig. 6.). Este iba sobre una comunicación mutua entre el humano y el robot. Esto se podía transmitir tanto por el sonido/música como por el movimiento de las bailarinas y del robot.

No obstante, ambos conceptos eran compatibles. Y es por ello que se terminó trabajando con esas dos ideas.

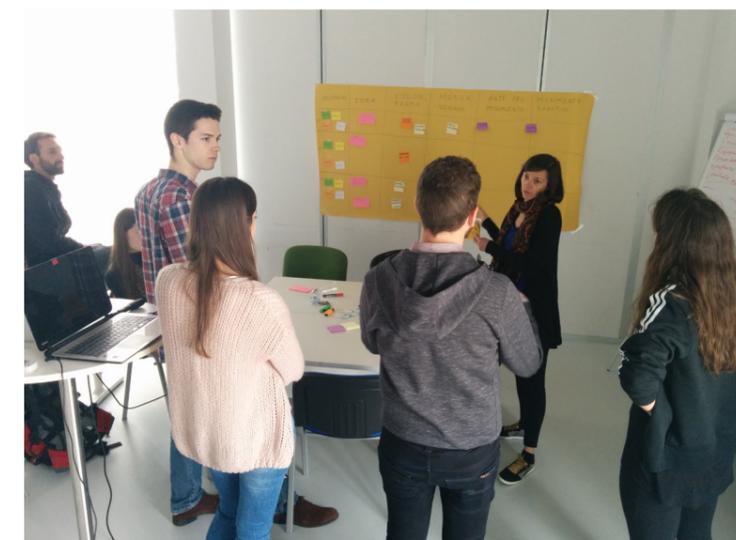


Fig. 7. Los asistentes a la sesión creativa durante el debate final

SESIÓN CREATIVA.

CONCLUSIONES:

La sesión creativa fue exitosa desde todos los puntos de vista.

Se obtuvieron unos buenos resultados, que servirían como punto de partida del proyecto.

Además, para la mayoría de los participantes era la primera vez que utilizaban técnicas creativas y participaban en una sesión de este estilo. Todas estas personas salieron muy contentas y descubrieron nuevas capacidades que ya tenían, pero que no las habían trabajado.

Las técnicas creativas estaban bien integradas, y se ajustaban a los participantes y a los objetivos de la sesión. Durante el debate final, una de estas técnicas permitió relacionar varios de los conceptos obtenidos.

Una de las claves del éxito del taller fue que se habían pensado varias alternativas, teniendo un guión de la sesión más flexible. Esto permitió, al ver que se habían alargado las presentaciones de los diferentes vectores y que algunas personas no habían podido asistir, suprimir una fase intermedia, pasando de los dos grupos al debate final. El adelantarse a los acontecimientos nos permitió tener el control de la sesión en todo momento y poder gestionar correctamente el propio taller.

Otra cosa importante fue definir correctamente los perfiles para crear un grupo multidisciplinar. Esto nos permitió, ante la falta de asistencia de algunos miembros, el poder reorganizar los grupos de trabajo, manteniendo un equilibrio de los diferentes perfiles.

Esta sesión resultó cercana y dinámica, permitiendo la interacción entre los distintos miembros del equipo y facilitando las actividades futuras.

DISEÑO DE LA CARCASA.

EDP'S:

EDP: Especificaciones de Diseño de Producto. Se trata de un procedimiento clave en el proceso de desarrollo de producto. Tiene como objetivos definir aquellos elementos que van a ser esenciales en el producto y concretar las características que se obtienen del estudio de mercado sobre el producto, ayudando de esta forma a describir el producto con exactitud.

Una vez realizados el estudio previo de mercado y la sesión creativa, se pudieron extraer una serie de especificaciones de diseño a tener en cuenta a la hora de generar conceptos de la carcasa del robot. Éstas se pueden clasificar en dos grupos, dependiendo de si se tienen que cumplir sí o sí, o es algo que se quiere conseguir pero no tiene porque estar en el producto final:

Danza	Robot	Estudio de mercado	Sesión creativa
-------	-------	--------------------	-----------------

EDP's críticas (obligatorias):

- **Mensaje a transmitir:** Influencia robot-humano, humano-robot
- **Peso que soporta:** Máximo 5kg sobre la base ("Roomba")
- **Láser:** Espacio para el láser (apertura de 180°)
- **Cámara:** Espacio para la cámara
- **Ojos:** Con ojos que se iluminen
- **Resistente:** Que pueda aguantar posibles golpes de las bailarinas durante los ensayos, pues se necesita tiempo para que haya precisión en los pasos.
- **Altura:** Un palmo más alto aproximadamente, unos 62cm (como ellas agachadas más o menos, y que pueda pasar por debajo de ellas en los "puentes"). El Turtlebot sin nada mide 40-41cm.
- **Colores:** Que el color que destaque sean blanco, gris y/o negro.
- **Forma:** Cambios de plano, redondeos de diferente radio, y detalles complejos (formas sencillas/básicas que al combinarlas y/o modificarlas aportan mayor complejidad al diseño)

EDP's deseables:

- **Respiración mecánica:** Que parezca que el robot respira, mediante un sistema mecánico que permita que una zona se hinche y se deshinche.
- **Que se pueda coger el robot:** Mediante unas ranuras que permitan levantar el robot del suelo
- **Barreras delimitadoras discretas:** Si se baja la posición del láser, las barreras serán lo más pequeñas posible y no destacarán mucho.
- **Montaje de la carcasa:** Fácil montaje y desmontaje (que se pueda acceder a su interior)
- **Forma:** Cambios de sección
- **Colores:** Pequeños detalles en rojo, azul...

Sin embargo, conforme se iba avanzando con el proyecto, se fueron tomando decisiones que afectarían a estas EDP's. El ejemplo más claro es que se decidió quitar la cámara del robot, por lo que no era necesario hacerle una apertura.

DISEÑO DE LA CARCASA.

CONCEPTUALIZACIÓN:

Una vez estaban definidas las EDP's, ya se podía empezar a plantear diferentes alternativas del diseño que iba a tener la carcasa del Turtlebot. A la hora de generarlas, se pensó por un lado la forma que iba a tener y, por otro lado, posibles ideas que se podían aplicar a cualquier forma.

Esta manera de plantear esta fase de conceptualización es algo diferente a la que se ha trabajado durante la carrera. En los trabajos realizados hasta la fecha, se generan ideas, luego conceptos, y después se selecciona uno que se desarrollará con mayor profundidad, obteniendo el producto final. De éste se pueden realizar maquetas, prototipos de cara a la presentación final.

Sin embargo, para este proyecto, aunque la parte de diseño era la encargada de la carcasa, había que adaptarse a las bailarinas, ya que se tenía que contar con la aceptación del resto de componentes del equipo. Además hay que tener tiempo suficiente para fabricar la carcasa.

Todo esto hizo que se le diera prioridad a la forma que iba a tener la carcasa (**Fig. 8-10.**), y después, se trabajarían los detalles. La idea era tener la forma (que gustase a las diferentes partes del equipo) cuanto antes, para poder pensar como va a estar hecha, como se va a montar, y empezar a fabricarla. Una vez se tenía clara la forma, como responsables de diseño, se desarrollaron el resto de detalles que completaban el concepto elegido. Estos detalles fueron los ojos, la columna del robot, el acabado de las piezas... Pues no hay que olvidar que estamos diseñando un producto completo.



Fig. 8. Una de las primeras formas que se realizó de la carcasa del Turtlebot.

DISEÑO DE LA CARCASA.



Fig. 9. Dos alternativas de la carcasa del Turtlebot.

DISEÑO DE LA CARCASA.

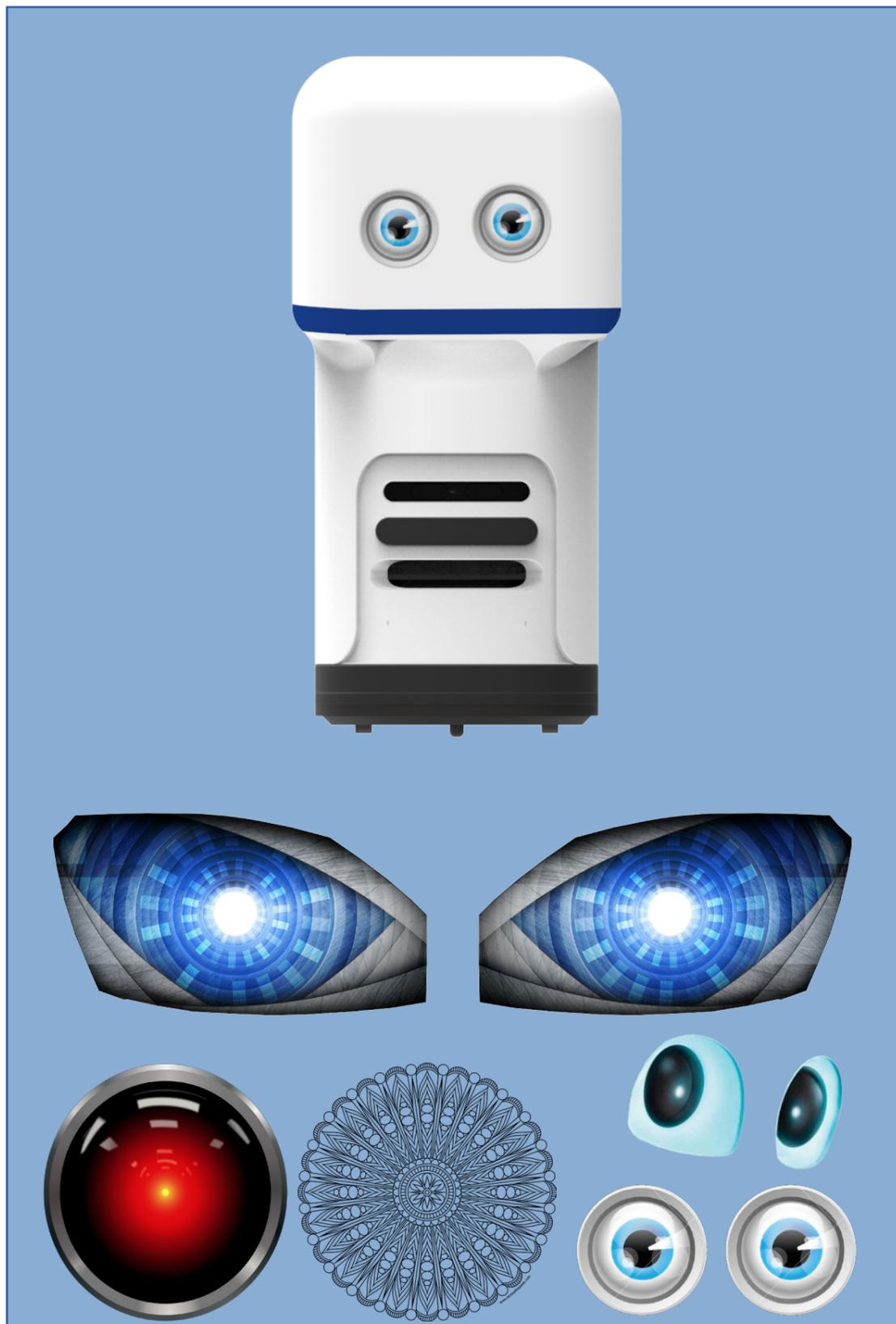


Fig. 10. Una de las propuestas formales de la carcasa del robot y posibles alternativas de sus ojos.

DISEÑO DE LA CARCASA.

Una de las cosas que se tuvo en cuenta fue las aperturas que se necesitaban para la cámara y el láser. Éstas supusieron un profundo análisis por querer incorporarlas de manera sutil, sin que llamara mucho la atención. Esto mismo ocurría con la respiración mecánica que se quería incluir.

Para resolver esa respiración, se pensó en darle forma de pulmones, y así relacionarlo con el ser humano; o una especie de branquias, para marcar esa diferencia entre robot-humano; o que fuera similar a los agujeros que se necesitaban para la cámara y el láser, de esta forma pasarían más desapercibidos (**Fig. 8.**).

Esta respiración iba a ser posible gracias a un sistema mecánico (**Fig. 11.**) que se había diseñado, el cual se iba a controlar desde una placa Arduino.

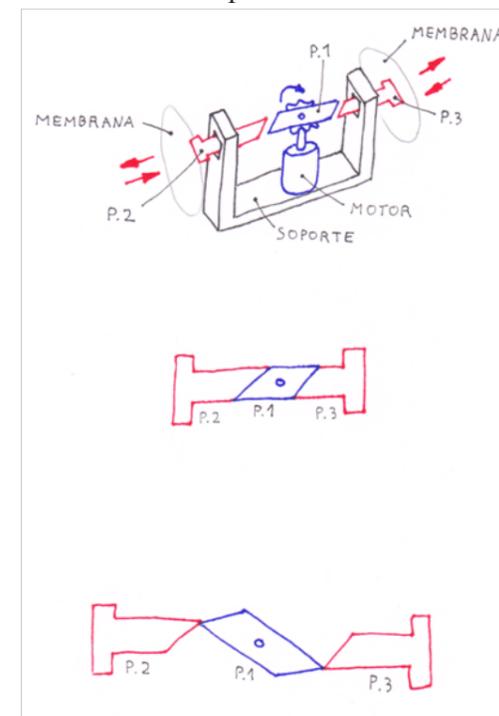


Fig. 11. Esquema del sistema mecánico que iba a hacer posible simular la respiración humano en el robot. Esto es gracias al diseño de tres piezas (P.1; P.2; y P.3). La primera de ellas gira solidariamente con el motor, mientras que a las otras dos se les restringe el movimiento salvo en dirección axial. Como las piezas tienen cierta inclinación (en forma de cuña), cuando la P.1 gire, las otras dos tenderán a separarse para permitir el giro de la primera. Las piezas P.2 y P.3 tendrán una especie de membrana elástica en el otro extremo, que será la que se observará en el exterior del robot, simulando esa respiración. Cuando la P.1 haya sobrepasado las piezas 2 y 3, éstas volverán a su posición inicial.

Todo ese sistema estaría oculto en el interior del cuerpo, dejando visible únicamente las membranas elásticas. Para poder entender mejor su posición, se ha realizado un pequeño esquema de las diferentes partes con las que iba a contar el robot (**Fig. 12.**).

DISEÑO DE LA CARCASA.

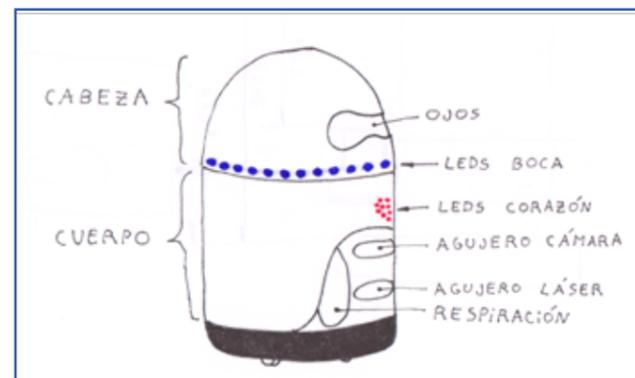


Fig.12. Esquema de los diferentes elementos con los que iba a contar la carcasa del Turtlebot y su posición. Dónde pone respiración, estará ubicada la membrana elástica del sistema de respiración, la cual se ira hinchando y deshinchando al ritmo que se desee.

También se pensaron diferentes soluciones en la parte del agujero. Por un lado, estaba la opción de que estuviera al mismo “nivel” que el resto del cuerpo, y, por otro lado, que estuviera en un segundo plano. Para esta segunda opción se pensó incorporar una especie de cables/venas-arterias, y reforzar esa relación humano máquina. Con esto se intentó aprovechar ese cambio de nivel para hacer ver el “interior del robot”. Otra idea que se pensó fue simular la muda de una serpiente. Esto se conseguiría jugando con los acabados del cuerpo. La parte superior sería mate, como si fuera la piel vieja de la serpiente, mientras que la parte inferior sería más brillante, simulando a la piel nueva (**Fig. 10.**).

Otro de los aspectos que se trabajaron fueron los ojos. Se pensaron ojos similares a los de los humanos, otros más robotizados, la posibilidad de combinarlos y que cada uno fuera de un tipo... Para los ojos más robotizados, se pensó introducir un patrón electrónico, y de paso que conectara con el otro vector del proyecto (los encargados de la programación del robot).

No obstante, finalmente se optó por analizar nuevas propuestas y cambiar la forma de los ojos. ¿Por qué tenían que ser redondos? ¿Por qué han de estar separados? Esto se trabajaría conforme se fuese fabricando el resto de piezas. De esta forma se podrían hacer pruebas y ver como quedan los leds de los ojos.

En una de esas pruebas, nos dimos cuenta que los ojos quedaban mejor si eran homogéneos, pues se apreciaban los leds desde cualquier posición del público, mientras que si les dábamos alguna forma más pequeña (un patrón, una figura geométrica pequeña...), los leds de los ojos solo se iban a ver si le miras de frente (**Fig. 13-14.**).



Fig.13-14. Prueba de una de las alternativas formales de los ojos desde diferentes posiciones.

DISEÑO DE LA CARCASA.

SELECCIÓN DEL CONCEPTO:

A la hora de elegir la forma definitiva, se tuvo en cuenta: la valoración de los otros dos vectores de equipos, especialmente la opinión de las bailarinas; la facilidad/rapidez de fabricación de la carcasa; su peso; el montaje de la carcasa y la forma de acceder a los componentes internos (**Fig. 15.**).

Precisamente, la valoración de las bailarinas tuvo que ver en la decisión de cambiar la forma de la cabeza. El resto se mantendría, tanto la forma del cuerpo como la fabricación de las diferentes piezas y el montaje.

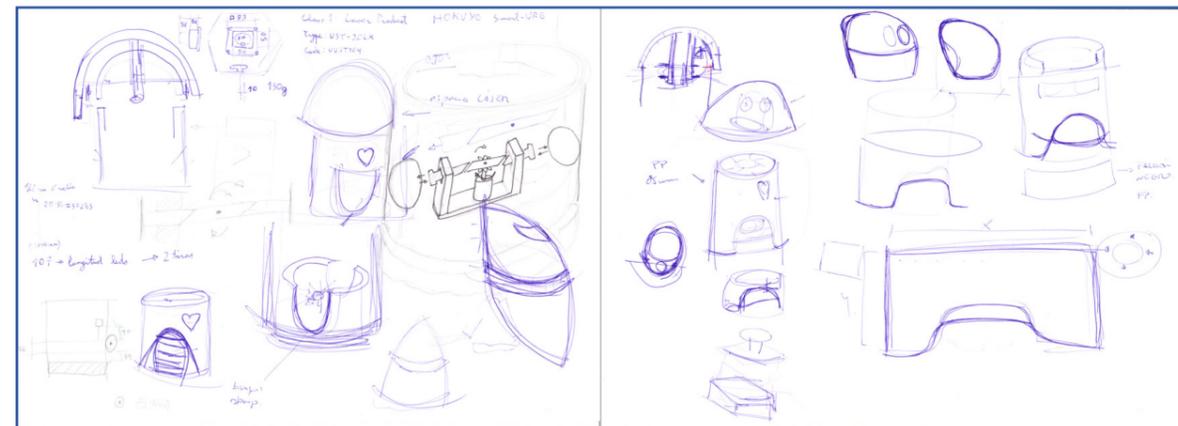


Fig. 15. Dibujos de como se va a fabricar la carcasa del robot.

En un principio, se había pensado en una cabeza con forma orgánica, que se parecía a una “gota”. Pero, finalmente, tras hablarlo con el resto de integrantes del equipo, se cambió a una semiesfera (**Fig. 16.**). Esta nueva forma era una ventaja a la hora de fabricar la pieza. Ya que debido a sus dimensiones, era necesario dividir la cabeza en varias piezas, adaptando sus medidas a las dimensiones de la impresora 3D.



Fig. 16. Imagen final de la carcasa elegida. La cabeza se iba a fabricar mediante impresión 3D, mientras que el cuerpo iba a ser una lámina de metacrilato que se enrollaría para darle forma.

DISEÑO DE LA CARCASA.

MODELO 3D:

El modelo 3D tuvo una gran importancia en este proyecto.

Por un lado, se utilizó para calcular las posiciones exactas de determinados componentes y algunas distancias. El ejemplo más claro fue el láser. Al cambiar su posición (Fig. 17.) no se sabía a que distancia del suelo iba a estar, algo que necesitábamos a la hora de fabricar las barreras para el mapa. Además ayudó a visualizar todos esos cambios (Fig. 18-19.).

Por otro lado, de este modelo 3D dependía la fabricación de algunas piezas, como la cabeza o algunos soportes (Fig. 20-23.). Pues se iban a fabricar mediante técnicas de prototipado rápido.



Fig. 17. Posición inicial del láser



Fig. 18-19. Varias vistas del modelo 3D del Turtlebot con sus componentes internos.

DISEÑO DE LA CARCASA.



Fig. 20-21. Vista superior y perspectiva de los soportes de los leds y de la cabezadel robot.



Fig. 22-23. Diferentes vistas del robot que se iba a utilizar en el festival con su aspecto final.

DISEÑO DE LA CARCASA.

FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS:

Una vez terminados los modelos 3D de las piezas de la carcasa y sus soportes, ya se podía empezar a fabricar las piezas, a excepción de la cabeza.

Ésta se tenía que dividir para adaptarse a las dimensiones de la impresora 3D (Fig. 24.).

Manual de usuario | Witbox Español

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones

- Dimensiones impresora: (x)505 x (y)388 x (z)450 mm
- Dimensiones área de impresión: (x)297 x (y)210 x (z)200 mm
- Dimensiones caja: (x)620 x (y)515 x (z)620 mm

Mecánica general

- Bastidor de acero pintado al polvo
- Barras de cromo duro para los carros X, Y, Z
- Casquillos Igus para X, Y, Z
- Cadenas portacables Igus
- Husillo Igus para el eje Z con acoplamiento a motor flexible
- Partes móviles y soportes en acero pintado al polvo
- Sistema de nivelado de base de impresión con 3 puntos y amortiguación
- Sistema de cambio rápido de base de impresión con imanes de neodimio

Calidad de impresión

- Muy alta: 50 micras
- Alta: 100 micras
- Media: 200 micras
- Baja: 300 micras

Mecánica extrusor

- Extrusor de diseño propio
- Boquilla de 0,4 mm
- Tobera de refrigeración de pieza

Velocidad de impresión

- Velocidad recomendada: 50 mm/s
- Velocidad máxima recomendada: 80 mm/s

Fig. 24.⁶ Página del manual de usuario de la impresora Witbox (la que se iba a utilizar para imprimir las piezas). Aquí aparecen las especificaciones técnicas, de las que interesaba las dimensiones del área de impresión.

⁶https://www.andorobots.com/public/manual_witbox_esp.pdf

DISEÑO DE LA CARCASA.

En un principio se dividió la cabeza en 4 piezas, apurando las dimensiones del área de impresión (Fig. 24.). Sin embargo al procesar los modelos paramétricos en el programa CURA, donde se convierte a formatos de archivo '.gcode' para la impresión, se tuvo que dividir la pieza original en cinco más pequeñas debido a restricciones dimensionales de la impresora y el diámetro de la boquilla (éste no se había tenido en cuenta en la primera división que se realizó). Esa pieza que se añadió era una pequeña tapa que se situaba en la parte central y superior de la cabeza, disminuyendo unos mm las dimensiones de las otras 4 piezas.

Con estos cambios, ya estaban listas todas las piezas que se iban a fabricar con la impresora 3D. No obstante, no todas las piezas se iban a hacer de esta forma. Para el cuerpo se iba a partir de una lámina de metacrilato, a la que se le realizaría el agujero para el láser. Esta pieza se fijaría con la cabeza del robot.

A la hora de fabricar cualquier pieza con una impresora 3D, hay que realizar una serie de pasos:

- Colocar la bobina del filamento en su soporte correspondiente, situado en la parte trasera de la impresora.
- Cargar filamento desde le menú de la impresora.
- Raspar con una espátula la base de impresión hasta que quede lisa (Fig. 25.).
- Nivelar la base de impresión para garantizar la correcta impresión de las piezas. Para nivelar correctamente el plato, se utilizará un folio, el cual se pondrá en el plato y se pasará por debajo del extrusor. Se calibra mediante unos tornillos (Fig. 26.) situados en la parte inferior de la base (hay que notar la vibración en el papel, pero sin que se quede bloqueado). Esto se debe hacer para los tres puntos de control que hay a la hora de nivelar el plato. Este método para calibrar utilizando en folio (Fig. 27.) nos lo enseñaron en Etopia personas que estaban más familiarizadas con esta tecnología.
- Echar laca sobre la base.
- Poner a imprimir la pieza.
- Comprobar el inicio para asegurarnos de que se está imprimiendo bien la pieza (Fig.28.).

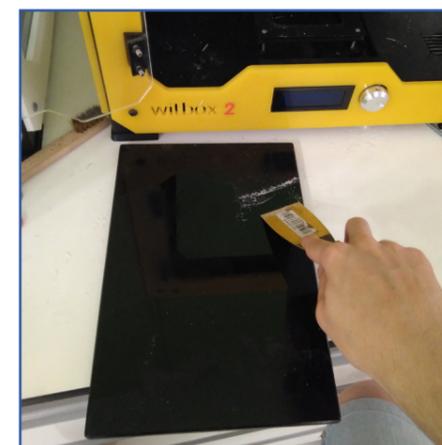


Fig. 25. Raspar con la espátula la base.

DISEÑO DE LA CARCASA.

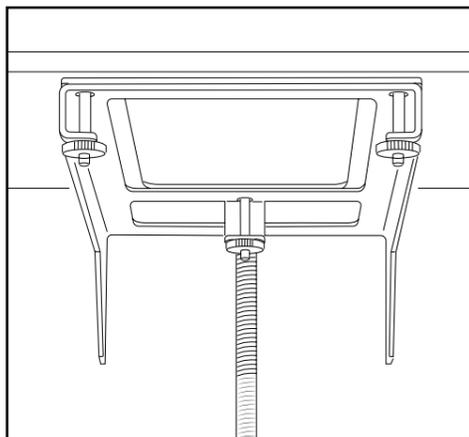


Fig. 26.⁶ Tornillos para nivelar la base situados en su parte inferior.

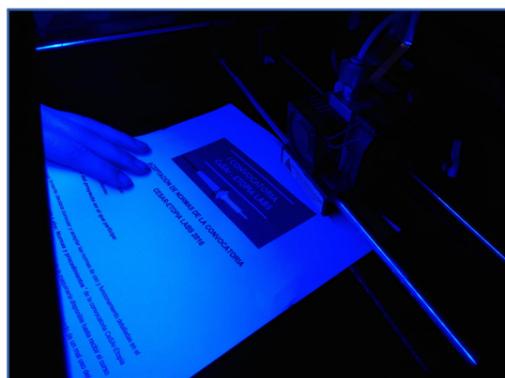


Fig. 27. Calibrando el primer punto de control de la base con un folio, para su correcta nivelación.



Fig. 28. Una de las piezas de la cabeza del robot en sus primeros instantes de impresión. Como se puede observar en la imagen, en ese momento el plato estaba bien calibrado y la pieza se estaba imprimiendo correctamente.

- Seguimiento de la pieza (**Fig. 29-30.**). Cada cierto tiempo hay que revisar los avances de la pieza. Si algo falla, habrá que repetirla, por lo que cuanto antes lo paremos mejor. Pues sino desperdiciaremos mucho filamento, que, en el caso de las 4 piezas grandes de la cabeza era algo crítico. Ya que si no se parase a tiempo, habría que encargar una bobina nueva de filamento, retrasando las fechas de fabricación de la carcasa y lo que eso conlleva.

- Una vez impresa la pieza (**Fig. 31.**), se deberá extraer de la 'Witbox' y separar del plato. Después, se tendrán que quitar todos los soportes para que se puedan encajar bien las piezas (**Fig. 32.**). Como algunas partes eran muy finas, sobre todo los nervios, se lijaron en lugar de apurar quitando los soportes. Pues se podrían llegar a romper. Estos soportes los crea el programa CURA para que se puedan imprimir algunas piezas. En las piezas que servían de soporte de los leds y de la cabeza no fue necesario crear estos soportes, ya que eran piezas sencillas de imprimir. Sin embargo, las piezas de la cabeza sí los necesitaban, pues a partir de cierto ángulo, si no se generan estos soportes no tendría el filamento donde adherirse.

DISEÑO DE LA CARCASA.

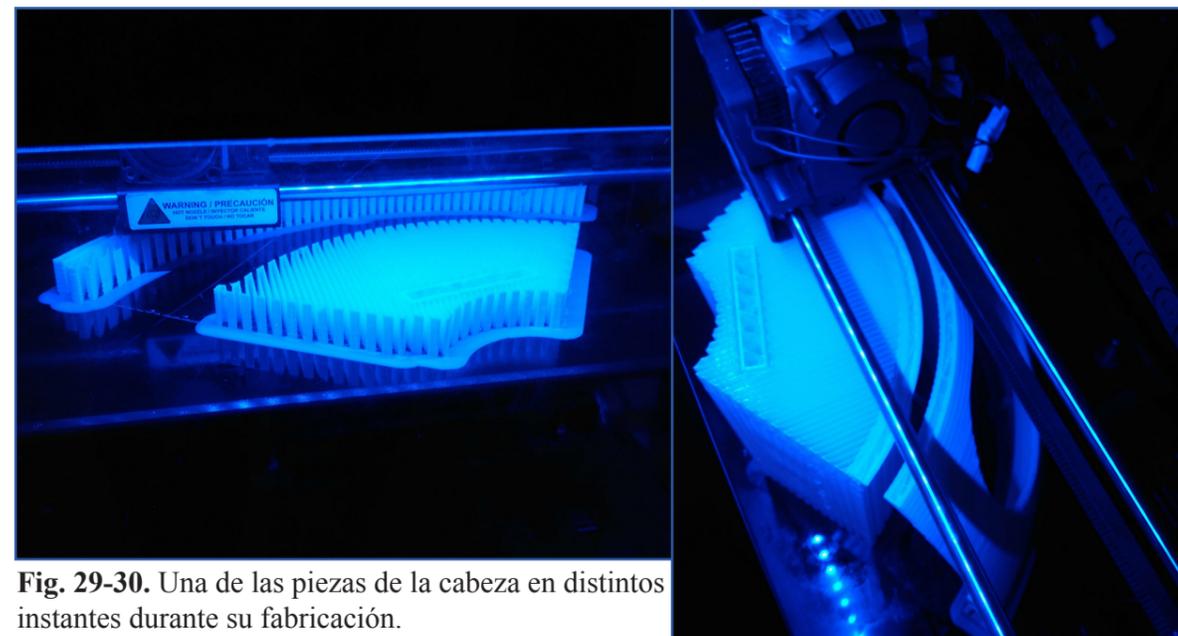


Fig. 29-30. Una de las piezas de la cabeza en distintos instantes durante su fabricación.

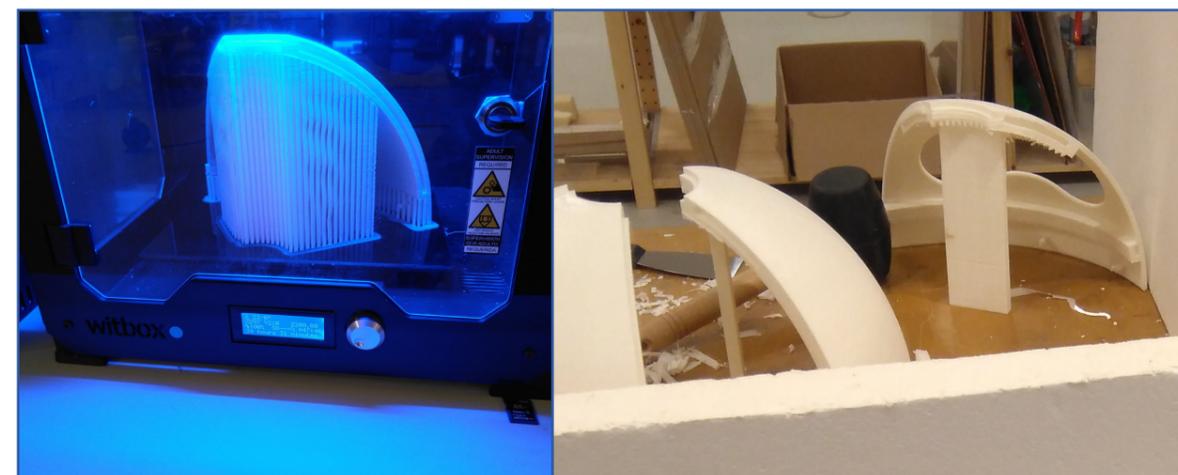


Fig. 31. Una vez terminada la pieza, la base de impresión se situará en su posición inicial (abajo). Para extraer el pieza, abrir la tapa frontal, y sacar el plato con la pieza. Ésta se deberá retirar con una espátula (**Fig. 33.**).

Fig. 32. Una vez separada la pieza de la base de impresión, se deberán quitar todos los soportes de la pieza sobrantes. En la imagen se pueden ver varias piezas sin dichos soportes. Se puede comparar el antes y después de las piezas con la imagen de la **Fig. 31.**

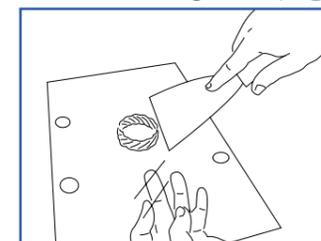


Fig. 33.⁶

DISEÑO DE LA CARCASA.

Todos estos pasos mencionados anteriormente se deberán repetir para cada una de las piezas a fabricar.

Además, está el caso de que haya que cambiar de bobina. En este caso se deberá descargar el filamento viejo antes de cargar el nuevo. Hay que tener en cuenta que cada una de las 4 piezas grandes de la cabeza necesitaba 3/4 partes de la bobina de filamento. Esto nos obligaba a poner una nueva bobina para cada una de esas piezas. Esto no quiere decir que no se fuera a utilizar ese filamento sobrante, pues se aprovecharía a la hora de imprimir las otras piezas de dimensiones menores, como es el caso de los soportes de los leds o de la tapa de la cabeza.

Otro caso que nos encontramos fue que la impresora se averió varias veces. Finalmente, se arregló repitiendo los pasos de descargar-cargar el filamento, nivelar el plato, o abriendo el extrusor y limpiándolo por dentro.

Como se observó durante el proceso de fabricación de las piezas que podía haber un error que nos dejara sin el tiempo suficiente para realizar las posteriores tareas, se aprovechó el tiempo que tardaban las piezas en imprimirse para desarrollar otras alternativas. Éstas eran para la cabeza del robot, pues sus piezas eran las que más tardaban (más de un día).

La alternativa elegida para fabricar la cabeza fue hacerla de cartón con la cortadora láser. Esta máquina estaba disponible en el taller del Centro de Arte y Tecnología, Etopia, donde se estaba llevando a cabo el proyecto. Además, en la asignatura de Metodología de la carrera, en una de las clases sobre prototipado rápido, se habló del programa '123D Make' de Autodesk. Éste fue el programa que se utilizó para generar esa segunda opción para construir la cabeza del Turtlebot (Fig. 34.). Aunque no se había trabajado mucho, era sencillo de utilizar, y tras varias pruebas, se consiguió el resultado que se esperaba.

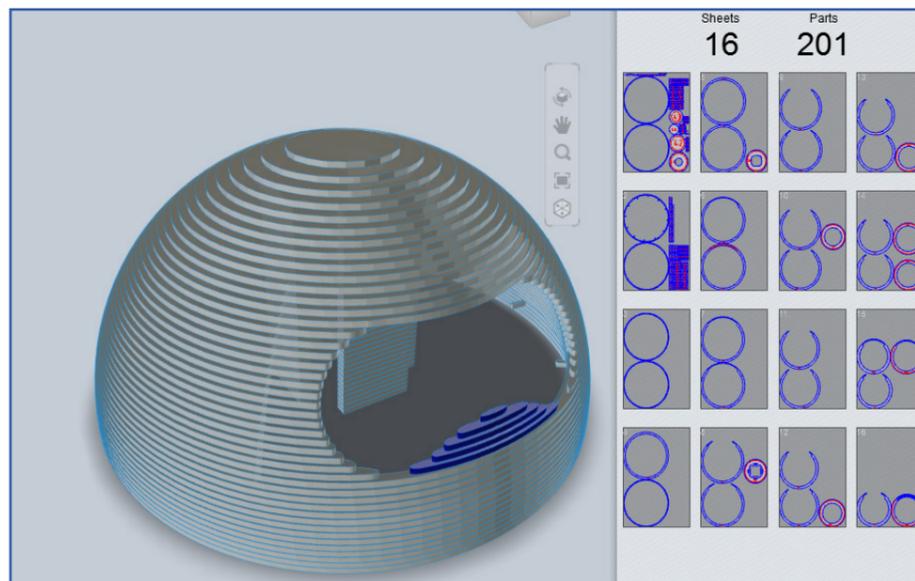


Fig. 34. Visualización de la alternativa para la fabricación de la cabeza. Como se puede observar en la parte de la derecha, ahí se ven los paneles de cartón, sobre los que se recortará las láminas, y la forma que éstas tienen. Esas láminas se deberán pegar en un orden determinado para así obtener el volumen que aparece en la parte de la izquierda. Se trata de la cabeza del robot. Sin embargo, como se puede ver, no queda redondeado, sino escalonado. Esto se hará con masilla niveladora. Primero se cubrirá todo correctamente y después se lijará.

DISEÑO DE LA CARCASA.

Otra ventaja de esta alternativa era el peso. Como ya se ha mencionado anteriormente, éste era una EDP crítica que nos pusieron los miembros del equipo de robótica. Y esta solución no implicaba problema alguno, pues de esta forma la cabeza pesaría bastante poco, y estaría en el rango de peso admitido por esa especificación de diseño.

Finalmente, todo salió bien, y no fue necesario aplicar esta alternativa.

Una vez impresas las 5 piezas de la cabeza (las 4 grandes y la tapa), y extraídos todos sus soportes de impresión, se continuó con su fabricación. Pues la cabeza aún no estaba terminada.

El siguiente paso fue encajar las piezas (Fig. 35.). Para ello, se utilizó los nervios que se habían creado en cada una de las piezas, a los que se les aplicó pegamento para ayudar a fijar las piezas.

A continuación, cuando ya estaban todas las piezas unidas, se probó a montarlo en el robot (Fig. 36.). De esta forma, se comprobó que encajaba perfectamente, y se podía avanzar con su fabricación.

Quedaba cubrir toda la cabeza de masilla niveladora (Fig. 37.), lijlarla y pintarla. La primera se utilizó para ayudar a unir las piezas, y cubrir esas uniones entre piezas y las marcas de la impresión 3D (se podían apreciar las diferentes capas que formaban la pieza). Con la lija se trató de dejar la cabeza completamente lisa (Fig. 38.). El objetivo era que pareciera lo más tecnológico posible, pues no hay que olvidarse que se trata de la cabeza de un robot. Para esto se necesitaba la pintura (Fig. 39.). Se consiguió ese acabado final brillante que se buscaba, y de color blanco, que era lo que se había planteado. Aunque las piezas se imprimieron con filamento de PLA blanco, la masilla era un poco amarillenta.



Fig. 35. Primeras piezas de la cabeza unidas. **Fig. 36.** La cabeza ya colocada en el robot.

DISEÑO DE LA CARCASA.

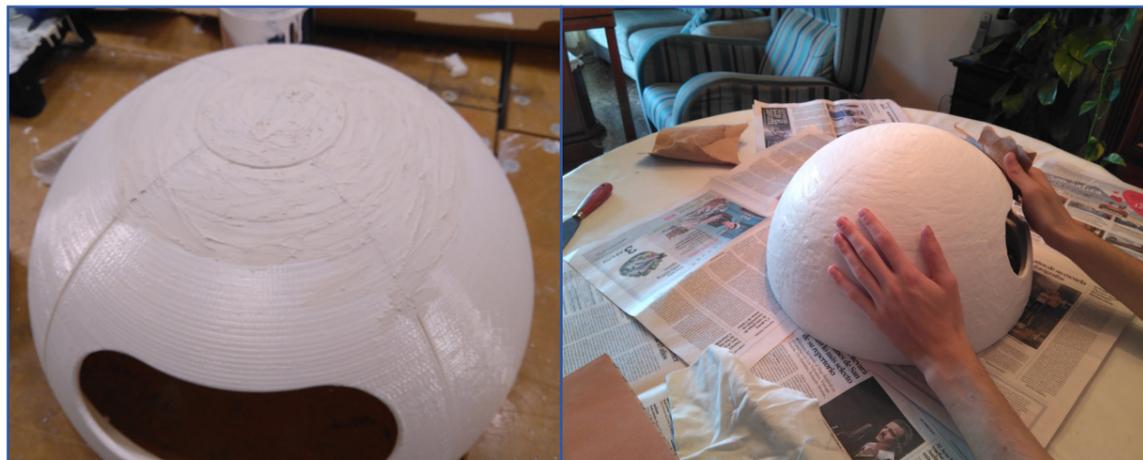


Fig. 37. Instante en el que se le aplica la primera capa de masilla niveladora a las piezas de la cabeza, unidas y fijadas previamente. Posteriormente se le aplicará varias capas más.

Fig. 38. Lijando la cabeza para eliminar esa rugosidad, y darle un aspecto más tecnológico al robot.



Fig. 39. Una vez quedó lisa la cabeza, ya se podía pintar. Para ello se utilizó un spray de pintura blanca metalizada para electrodomésticos. Éste le proporcionó ese acabado brillante y tecnológico que estábamos buscando. Además, como se comentó en la presentación de la parte de diseño el día de la sesión, las carcasas de los robots humanoides de la actualidad poseen cierta similitud con los productos BOSCH (a electrodomésticos).

Cuando se terminó la cabeza, se empezó a preparar el cuerpo. La materia prima que se utilizó fue una lámina de metacrilato transparente. No se utilizó una lámina opaca (de algún color) porque el espesor no era el adecuado. Éste era mayor, aumentando el peso del cuerpo, y dificultando la tarea posterior de doblar la lámina (para obtener la forma final del cuerpo).

Sin embargo, se aprovechó uno de los dos adhesivos de protección de la lámina. De las dos se suprimió la que tenía publicidad, conservando la que era de color azul muy claro (Este paso no se hizo hasta el día del festival para conservar mejor el cuerpo). Ésta encajaba perfectamente con el aspecto que estábamos buscando del robot. Además evitaba el tener que pintarla después para ocultar los componentes internos.

DISEÑO DE LA CARCASA.

Al cuerpo se le realizó unos agujeros en la parte superior, que se adaptaban con la parte inferior de la cabeza. Esto iba a permitir fijar ambas piezas.

La otra modificación que teníamos que hacerle era la apertura para el láser. Esta tenía que adaptarse a las dimensiones del láser y su rango de visión, 180° (**Fig. 40.**). En caso de hacerlo más pequeño, el láser no podría detectar las barreras, ni reubicarse sobre el escenario en la actuación. Para ello se realizaron unas maquetas en papel y se comprobó que el robot seguía funcionando correctamente. Esto se explicará más adelante.



Fig. 40. Vista de perfil del agujero del cuerpo. Como se puede observar, no dificulta la visión del láser, por lo que la apertura se había hecho correctamente.

La forma que iba a tener este agujero supuso un profundo análisis por querer conseguir su integración dentro del conjunto. Para ello se optó por darle similitud con los ojos del robot. Se probó primero a copiar la misma forma, pero no acababa de encajar en el resultado.

Finalmente, vimos que la mejor opción era una especie de simetría, pero obteniendo una figura más estilizada. Es decir, que el “pico” más pronunciado estuviera en la parte central y superior del agujero, y el más sutil en la inferior. En el caso de los ojos, este orden es al revés (**Fig. 41.**).



Fig. 41. Cabeza y cuerpo del robot ya acopladas. Se puede observar esa similitud entre la forma de los ojos y el agujero del cuerpo para el láser.

DISEÑO DE LA CARCASA.

Cuando se acabó con la última modificación de la lámina que iba a formar el cuerpo, y se comprobó que se ensamblaban correctamente con la cabeza (Fig. 41.), se procedió a fijar ambas partes. Para ello se fabricó con la impresora 3D unas piezas en forma de 'H', con el radio que iba a tener el cuerpo y la altura que había de la cabeza hasta el final del cuerpo.

Tras la primera prueba, parecía que no iba a funcionar, ya que era imposible que los dos laterales de la lámina se ajustaran correctamente a la pieza. Sin embargo, después de varios intentos, se observó que sí era posible el acoplamiento de éstas piezas (Fig. 42.).

Lo siguiente fue poner pegamento en la pieza de unión impresa e introducirle los extremos laterales de la lámina.

Para no apercibir el contraste de color entre la lámina y la otra pieza, se diseñó un cubrimiento. Éste simulaba una columna vertebral robotizada. El objetivo era, por un lado, tapar la pieza de unión, y, por otro lado, reforzar ese mensaje de influencia mutua entre robot y humano que elegimos el día de la sesión creativa (Fig. 43.).

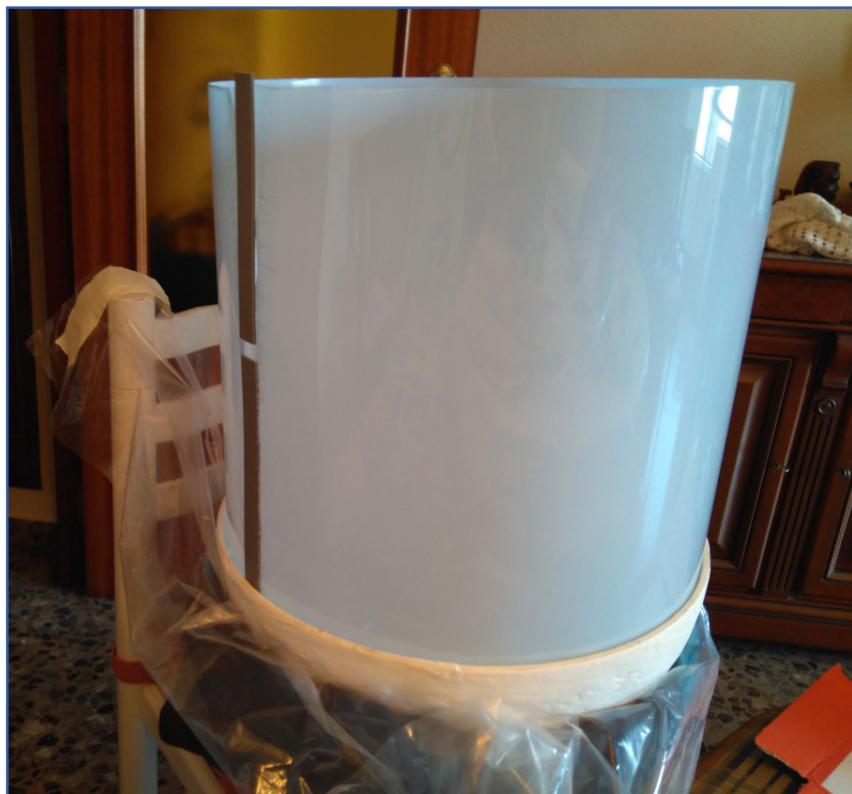


Fig. 42. Momento en el que se fijó la cabeza y el cuerpo con ayuda de las piezas de unión con forma de 'H'.

Para terminar con la carcasa, se colocaron los ojos y se pusieron unas pegatinas de azul oscuro (el color del pantalón de las bailarinas) en la base (Fig. 44.). Con éstas se quería ocultar unas etiquetas que llamaban mucho la atención. De esta forma pasaba desapercibido y se reforzaba esa relación carcasa-bailarinas (robot-humano).

DISEÑO DE LA CARCASA.



Fig. 43. Momento final del baile, en el que se puede apreciar con claridad esa "columna vertebral" del robot. Además se puede observar esa concordancia de los colores que llevaron las bailarinas y la carcasa del robot, así como la altura. Ésta era una EDP, como se ha mencionado anteriormente. El robot tenía que ser como ellas agachadas más o menos (posición de la imagen), pero permitiendo que pudiera pasar por debajo de ellas en los puentes que se realizan a lo largo de la coreografía.



Fig. 44. Momento de la actuación el día del festival. Como se puede observar, la carcasa ya está finalizada y montada, con todas sus partes, que se han ido mencionando anteriormente. También se puede ver esa relación entre las bailarinas y el robot. Las piezas internas que se podían apreciar a través del agujero para el láser se pintaron/ cubrieron de negro. Así pasaban más desapercibidas.

DISEÑO DE LA CARCASA.

TESTEO DE LA CARCASA / ENSAYOS:

Conforme se iban imprimiendo las piezas, se fueron incorporando al robot para ir realizando pruebas. Con estos ensayos se quería comprobar que efectivamente se cumplieran las EDP's críticas y que todo iba por buen camino.

La primera pieza que se colocó fue el soporte del láser. De esta forma se podía colocar en su nueva posición y generar el mapa de coordenadas. Esto permitió avanzar con la coreografía, pues se tenían unos puntos de control y los pasos eran más exactos.

El siguiente soporte que se colocó fue el de la cabeza (**Fig. 45**). Éste permitió a las bailarinas hacerse una idea de la altura final que iba a tener el robot. Esto era fundamental para ensayar algunos pasos. Se trataban de los puentes, en los que el robot debía pasar por debajo de las bailarinas. Con el soporte colocado, podían adoptar posturas muy aproximadas a las que tendrían que hacer el día del festival. Se observó que había margen suficiente para la cabeza y que se podía continuar utilizando estos pasos.



Fig. 45. El robot con las dos primeras piezas fabricadas ya colocadas.

Las siguientes piezas que se colocaron fueron los soportes de los leds. Gracias a ellos se podría terminar su programación, pues se conocería la posición final de cada uno de los leds. Estas piezas se imprimieron dos veces. La idea era probarlos en el laboratorio de robótica del edificio del I3A del CPS (**Fig. 46-47**). En este lugar se contaban con más robots del mismo tipo. Así, mientras se ensayaba la coreografía en la residencia de Etopia, en el CPS se probaban los leds y corregía su programación.

Una vez terminado, se podrían implantar los leds en el robot que se iba a utilizar el día del festival.

DISEÑO DE LA CARCASA.

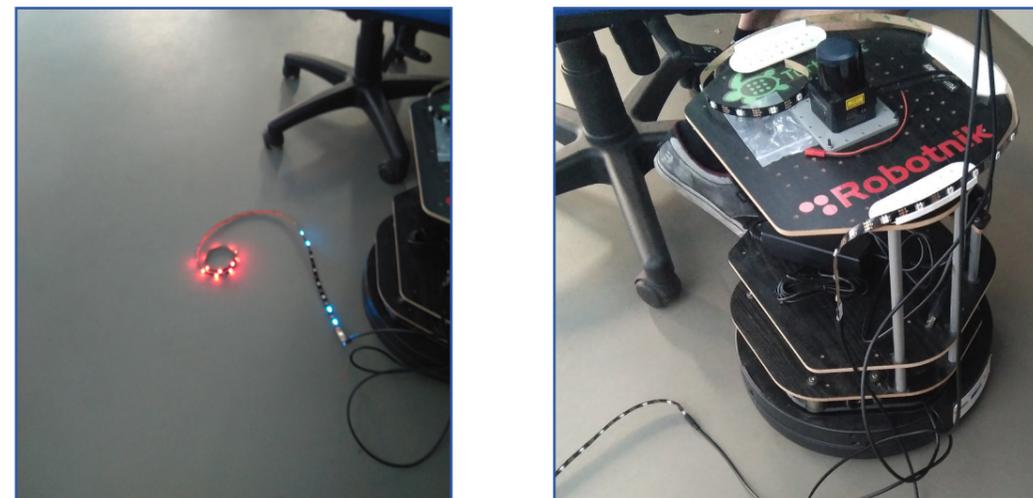


Fig. 46-47. Pruebas de los leds del corazón y los ojos (izqda.), y colocación de los de la boca en sus soportes para confirmar su posición final y poder acabar con su programación (dcha.).

Las piezas de la cabeza se fueron colocando en el robot conforme se iban imprimiendo (**Fig. 48**). Aunque estas aún no estaban fijas entre sí, se podía hacer ensayos con algo más de peso, y ver como reaccionaba el robot (por si le costaba más tiempo realizar los movimientos o no). Además les daba seguridad a las bailarinas, ya que empezaban a ver los primeros resultados de la cabeza y se hacían a la idea de su volumen.



Fig. 48. Las tres primeras piezas de la cabeza ya colocadas en el robot. Éstas nos permitían hacernos una idea de como iba a quedar la cabeza y el volumen que iba a ocupar (sus dimensiones).

DISEÑO DE LA CARCASA.

Otra de las cosas que se probó fueron las barreras definitivas para el mapa (**Fig. 49.**). Para hacerlas, se tomó la medida de la parte superior del láser al suelo desde el modelo 3D, y se le dejó un poco de margen. Esta prueba se hizo fuera de los ensayos, para evitar cualquier obstáculo, y de paso, generar el nuevo mapa del escenario.

Una vez hecho esto, se podía comprobar el agujero del cuerpo que necesitaba para poder detectar dichas barreras. Para ello se realizó una pequeña maqueta con papel del cuerpo (**Fig. 50.**). Al ver que no impedía la lectura del láser, se podía transferir esa apertura al cuerpo definitivo.

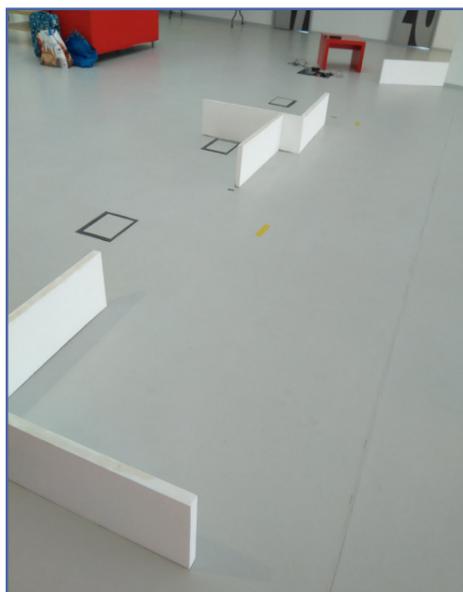


Fig. 49. Colocación de las barreras definitivas para generar el nuevo mapa y ver si estaban bien distribuidas, hacía falta cambiarlas de posición o añadir alguna más.

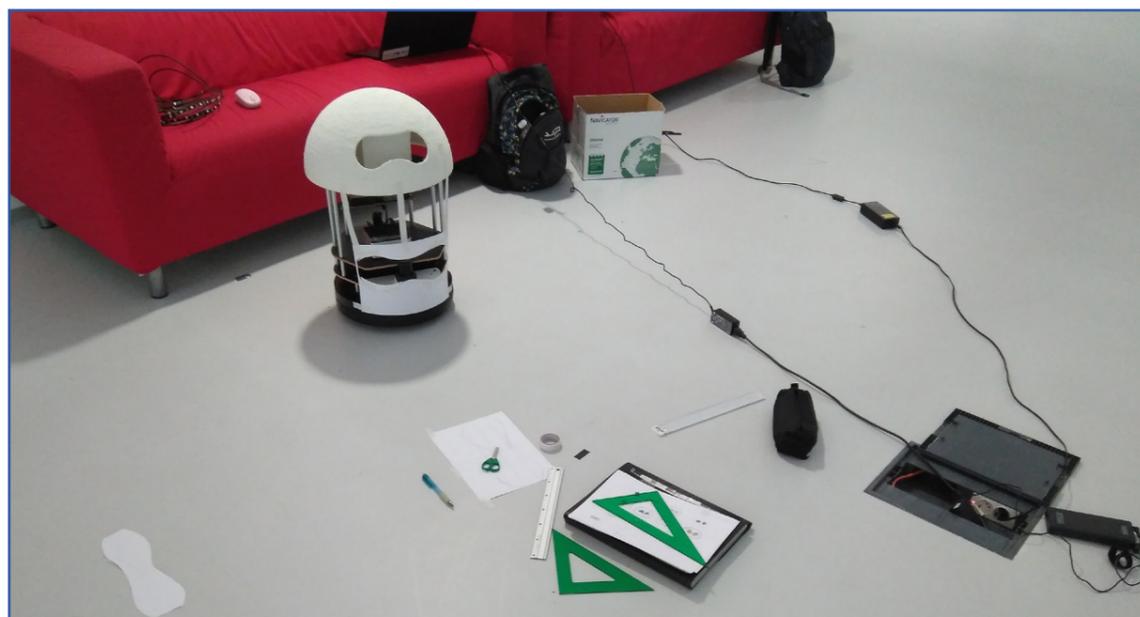


Fig. 50. Prueba con papel para ver si el láser seguía detectando las barreras. Al ver que sí lo hacía, se pudo realizar el agujero en el cuerpo definitivo.

DISEÑO DE LA CARCASA.

Ya probadas todas las piezas, quedaba ver si se cumplían todas las EDP's críticas que se habían planteado inicialmente. Algunas de éstas hemos visto que sí se cumplían, otras, como es el caso del agujero de la cámara se eliminaron (finalmente se decidió que no se iba a utilizar la cámara durante la actuación, por lo que no era necesario hacer otro agujero). Quedaba comprobar la resistencia de la carcasa. Esta característica nos la pidieron las bailarinas. La razón es que era la primera vez que trabajaban con esta tecnología, y en los primeros ensayos, antes de que estuvieran pulidos los pasos, podría darse el caso que le dieran algún golpe. Esto se comprobó en varios de los ensayos (**Fig. 51.**), el último, ocurrió el mismo día del festival, en uno de los ensayos previos (Le dieron una patada, pero afortunadamente, no le pasó nada. ¡Era resistente!).



Fig. 51. Momento del último ensayo con público en el que el robot impacta con una de las bailarinas en la ejecución de uno de los puentes de la coreografía. Después de eso, el robot se desorientó. Esto nos permitió tomar medidas de precaución de cara al festival, incorporando unos puntos de control en determinados momentos del baile. De esa forma, si el robot se perdía, al llegar a un punto de control se podría reubicar.

En uno de los ensayos con público, se produjo un pequeño fallo de coordinación (**Fig. 51.**). Ese día se pudo comprobar la resistencia de la cabeza (EDP). Además de ese, se hizo otro ensayo con público (**Fig. 52.**). Éste tuvo lugar el 17 de mayo, día en el que se realizó la rueda de prensa.



Fig. 52. Periodistas y fotógrafos asistentes a la rueda de prensa observando un fragmento de lo que se iba a poder ver el día del festival.

DISEÑO DE LA CARCASA.

CONCLUSIONES:

Respecto a la fase de diseño de la carcasa, una de las conclusiones que se puede extraer es que había que llegar a un acuerdo a la hora de tomar decisiones. Aunque unos sean responsables de la programación del robot, otros de diseñar la coreografía y otros del diseño, fabricación y montaje de la carcasa, no hay que olvidar que somos parte de un equipo multidisciplinar y las decisiones se toman en grupo. Es por ello que algunas veces es necesario ceder. Como responsable de la parte de diseño, tocaba apoyar en todo y tratar de hacer sus deseos realidad (siempre y cuando fuera posible, y sin olvidar que se trataba del Trabajo fin de Estudios).

Una de las decisiones que se tomaron en grupo fue sustituir el sistema de respiración mecánico por uno lumínico. El primero ya estaba diseñado y se sabía que iba a funcionar, sin embargo, el retraso de la fabricación de la carcasa por temas ajenos (faltaba material y hubo que encargar, muchas impresoras estropeadas, por lo que solo se podía utilizar una...) hacía ir apurados de tiempo.

Esta decisión se habló primero entre los equipos de robótica y diseño (los dos estudiantes y sus respectivos directores del TFG, J.Sierra y Ana Cris).

Después, se le comunicó a la parte de danza para contar con su aprobación con este cambio. Esta explicación fue clara y sincera, como se muestra a continuación:

“Hablando con Jorge y Ana Cris, hemos visto que igual no se puede hacer la idea inicial de la respiración de forma mecánica (que se hinche y deshinche). El mecanismo ya estaba pensado para poder hacerlo, pero por restricciones de peso no sabemos con certeza si estará dentro de los 5kg de los que disponemos. El tema es que solo puede haber 5kg sobre la base del robot. Aquí se incluye: los soportes y tablas que hay actualmente; la batería y el aparato donde está la programación; el láser para poder hacer el mapa (saber en que posición se encuentra el robot); la cámara; y la carcasa. Ésta última, está en proceso de fabricación (hoy hemos puesto a imprimir la cuarta parte de la cabeza), y, hasta que no esté montada, no podremos saber si hay kg de sobra para poder hacer lo de la respiración (habría que añadir el mecanismo más una placa arduino dónde estaría la programación). Uno de los problemas ha sido que se había agotado el material de las impresoras 3D, hemos tenido que encargar más filamento y se ha retrasado un poco la fabricación, quedando menos días de margen de cara al festival para poder desarrollar el mecanismo de respiración.

Como somos un equipo multidisciplinar, queríamos hablarlo con vosotras y saber si os parecería bien cambiar el sistema de respiración mecánico (se hincha y se deshincha) por uno electrónico/lumínico. Esto sería con leds en la parte del corazón. De esta forma, creemos que se entenderá igual de bien el mensaje, y nos aseguramos que esté para el día del festival. Además esto iría programado a la vez que la coreografía, por lo que estaría sincronizado (uno de los problemas del otro sistema era el como sincronizarlo al momento exacto de la coreo).

Podría ser que al final nos diese tiempo, pero hay que pensar que habría que volver a ajustar las velocidades del robot (cuanto más peso tenga encima, es probable que vaya un poco más lento, por lo que habrá que ajustar su velocidad para que tarde lo mismo que cuando no tenía el mecanismo de respiración). Paula tendría que hacer estos ajustes, y luego habría que volver a probar que los tiempos son los correctos con más ensayos, y el día del festival se nos echaría encima. Hemos considerado que es más importante perfeccionar lo que ya tenemos y asegurarnos de que esté todo bien con antelación, que apurar los días que quedan y luego ir pillados de tiempo.

No obstante, nos gustaría saber vuestra opinión. ¡Disculpad las molestias!”

DISEÑO DE LA CARCASA.

Otro aspecto clave tuvo lugar durante la fase de fabricación de las piezas. Se trata del método para calibrar el plato de la impresora 3D con un folio. Como ya se ha comentado antes, esto nos lo enseñaron personas que trabajaban allí en Etopia. Aunque la impresora cuenta con el asistente de la pantalla que nos va guiando paso a paso para la correcta nivelación de la base de impresión, sin ese método no habríamos podido hacerlo de la manera más adecuada. Y eso supondría un problema, pues se trata de un paso “crítico”, del que depende en parte la calidad final de la pieza impresa. ¿Cómo es esto posible? ¿Por qué es tan importante el paso de la puesta a punto de la base de impresión?

Si la boquilla del extrusor está demasiado lejos del plato, el filamento extruido no se va a adherir correctamente a la base. Si por el contrario es la boquilla la que está demasiado apretada contra la base, se podría producir un bloqueo en la salida del filamento, estropeando el extrusor y/o rayando el plato de impresión.

Calibrar la base de impresión con frecuencia ayuda a aumentar la calidad de las piezas impresas. Esto es algo de lo que nos dimos cuenta muy pronto y nos libró de más de un disgusto. Pues nivelábamos el plato antes de imprimir cada una de las piezas.

También hay que revisar la punta del extrusor antes de calibrar la base, asegurando que no tiene ningún resto de filamento, ya que podría alterar la nivelación del plato.

Otra cosa muy importante fue parar a tiempo una de las piezas grandes de la cabeza que se estaba imprimiendo mal. Esto pasó el día que probamos a imprimir dos piezas a la vez en dos impresoras (iguales, de la misma marca). Sin embargo, por la tarde, al hacer el seguimiento habitual de la pieza, se detectó que no se estaba imprimiendo de forma adecuada, y el filamento no terminaba de adherirse correctamente. Es por ello que se decidió imprimir con una sola impresora. Ésta fue la misma con la que se habían fabricado las otras piezas y que estaban saliendo de buena calidad. Si no hubiéramos parado esa pieza a tiempo, nos habríamos quedado sin material suficiente para repetir la pieza, pues necesitaba $\frac{3}{4}$ del filamento de una bobina. Esto nos habría obligado a tener que encargar de nuevo más filamento, retrasar la fecha final de la fabricación de la pieza y lo que ello conlleva. Es decir, tener menos días de margen de cara al festival, para poder hacer los ensayos con toda la carcasa, poder corregir las velocidades del robot (pues el peso es un aspecto que afecta al tiempo que tarda en ir de un sitio a otro)...

A pesar de todos los obstáculos que nos fuimos encontrando por el camino, creo que conseguimos sobreponernos muy bien como el equipo que éramos. Cada uno de los miembros tenía en mente la fecha del festival e hizo todo lo posible para llegar a ese día con todo acabado y comprobado.

Y viendo los resultados obtenidos, creo que esta fase de diseño de la carcasa fue un éxito. Salimos todos contentos con cómo había quedado tanto el robot (respecto a la parte de diseño), como la coreografía final (de la parte de robótica y danza).

FESTIVAL TRAYECTOS.

ÚLTIMOS RETOQUES/ENSAYOS:

Una vez llegó el día del Festival Trayectos, se pasó a realizar la gestión y el seguimiento del robot. Esto incluía arreglar cualquier imprevisto de última hora que pudiera surgir, realizar el montaje y desmontaje de la carcasa para poder acceder al interior del robot (para cargar el robot o la batería), o hacer los últimos ensayos previos a la actuación final.

ACTUACIÓN:

Esta actuación se hizo en dos pases para que todo el público asistente al festival pudiera ver la pieza. La razón es que no cabían todas las personas que acudieron a ver el festival Trayectos en el espacio dónde se iban a exponer tanto este proyecto (“Danza y robótica – Laboratorio de danza y nuevos medios”), como el de “Danza y Tecnologías de Captura Corporal – Laboratorio de danza y nuevos medios”. Es por ello que se dividió a todos en dos grupos. Primero iban a ver una de las coreografías cada uno, y luego se intercambiaban para ver la otra.

Para antes de cada uno de los pases, P. Abad y M. Franco prepararon una breve presentación sobre la pieza que iban a ver y el proyecto (Fig. 53.). Las bailarinas, Raquel y Laura, no hablaron porque estaban ya concentradas en el baile. A continuación se muestra dicha presentación:

“¡Buenas tardes!

En primer lugar, muchas gracias a todos por asistir al festival Trayectos.

En esta actuación, vais a poder ver a Raquel y Laura, dos miembros de la compañía tarde o temprano danza, que van a bailar con un robot. En su desarrollo, hemos participado dos estudiantes de la Universidad de Zaragoza, sirviéndonos como trabajo fin de estudios. El robot ha sido programado por Paula, estudiante de ingeniería electrónica y automática, mientras que la carcasa y los diferentes elementos de soporte han sido diseñados y fabricados por Miguel, estudiante de diseño industrial.

Os tenéis que imaginar al robot como si fuera una persona con los ojos vendados que no sabe lo que tiene alrededor pero que se ha aprendido los movimientos que tiene que hacer. Por eso le hemos puesto un láser que le permite localizarse con estas mini paredes, pero sólo en determinados momentos de la actuación. Esto es como si a la persona con los ojos tapados le colocáramos unos objetos alrededor que le permitiéramos tocar para poder ubicarse. También tenéis que tener en cuenta que el robot no siempre repite los movimientos exactamente de la misma manera, lo que supone una dificultad añadida para las bailarinas que tienen que estar concentradas en su coreografía además sin dejar de pensar en los movimientos que está haciendo el robot.

En el baile se representa la influencia mutua entre robot y humano. Este mensaje se ha reforzado con el diseño de su carcasa, que ha sido fabricada mediante técnicas de prototipado rápido, como para la cabeza, que se ha utilizado una impresora 3D.

Queremos agradecer a todas las personas que han hecho esto posible.

Y ahora sí, os vamos a dejar con la coreografía, ¡esperemos que la disfrutéis!”

Inmediatamente después, se realizó el baile, y, por suerte para todos, no hubo ningún fallo y el público salió contento (Fig. 54-55.).

En el siguiente enlace se puede descargar un vídeo de la actuación del día del festival: <http://robots.unizar.es/data/videos/robot17Etopia.mp4>

FESTIVAL TRAYECTOS.



Fig. 53. P. Abad y M. Franco realizando la presentación de la pieza y del proyecto.



Fig. 54.⁷ Algunas reacciones de la coreografía y del festival.

FESTIVAL TRAYECTOS.



Fig. 55.7 Más reacciones de la pieza. Algunas opiniones son más técnicas: “*Mutualismo creativo*”, *simbiosis entre arte, ciencia y tecnología, el arte al servicio de la ciencia ¿o era al revés?*”. En cambio otras son más personales: “*Zaragoza, a días, lo mola todo, y una de las razones es sin duda @danzatrayectos, que arranca hoy en @etopia...*”.

⁷<https://twitter.com/>

CONCLUSIONES.

Una vez concluido el proyecto, se considera que el resultado obtenido cumple con los objetivos planteados al inicio, en la propuesta del mismo.

Con este proyecto se planteaba una gran oportunidad, permitiendo experimentar un nuevo campo del diseño. Esta fue la principal razón por la que fue escogido. Tratándose del último trabajo con el que se iba a terminar con la vida universitaria, se buscaba hacer algo diferente, pero muy relacionado con la carrera.

Además, se trata de un proyecto real que ha permitido descubrir la organización que hay detrás de un festival de Danza y los pasos a la hora de diseñar una nueva coreografía. Esta experiencia podrá servir para el futuro, así como pequeños errores que se han ido detectando durante el transcurso del proyecto y que se intentarán evitar en futuras ocasiones.

Otro aspecto importante fue la posibilidad de trabajar en Etopia, Centro de Arte y Tecnología de Zaragoza, y sus instalaciones, así como en el laboratorio de robótica del I3A del CPS.

Se ha conocido de primera mano una situación laboral real, formando parte de un equipo multidisciplinar, y con una fecha fija de entrega, donde se iba a exponer todo el trabajo del proyecto a un público. Al inicio de la carrera, no me creería que esto podía pasarme, pues me ponía nervioso en las presentaciones orales. Esta es una muestra más de que con la práctica se puede mejorar las cosas, sirviéndote para el futuro.

Aprender de cara a futuros trabajos que hay que tener en cuenta factores externos en la planificación, falta de material, maquinas que se estropean...

Participar en todo el proceso de desarrollo de la carcasa de principio a fin. Desde su conceptualización, modelado 3D, pensar cómo se va a montar, fabricación de las piezas (preparación de la impresora, preparar el archivo, seguimiento de la impresora, quitar soportes), montaje, acabado del producto, comprar materiales... Hasta la fecha, de los trabajos realizados en la Universidad, el más completo fue en colaboración con electrónicos y BSH donde se realizó un prototipo tanto formal como funcional. Sin embargo, la impresión en 3D de algunas piezas de ese proyecto se encargaron a una empresa externa, por lo que no se estuvo presente en una pequeña fase de fabricación.

Curiosamente, este proyecto también era en colaboración con estudiantes de Ingeniería Electrónica y Automática, además de bailarinas, gestores... Ese proyecto permitió que en el presente proyecto hubiese un mejor entendimiento entre las partes. También ayudaron las destrezas desarrolladas en los estudios como matemáticas, informática, física, electrónica...

Conocer de primera mano la planificación de este tipo de eventos (Festival Trayectos) y el trabajo que supone una coreografía (hasta ahora las había visto desde el punto de vista del espectador).

Con este proyecto se han puesto en práctica muchas de las cosas aprendidas durante la carrera y de forma “profesional”. Es decir, que va más allá de lo académico, siendo un “plus” de cara al currículum.

También ha sido la 1ª entrevista personal ante una cámara, grabadora... que me han hecho. Anteriormente, me hicieron una, pero ésta fue online, donde únicamente tenía que escribir las respuestas a las preguntas planteadas. Sin embargo, el tener que estar delante de una cámara es una situación completamente distinta. Esta experiencia me servirá en el futuro cuando tenga que realizar entrevistas de trabajo, sobre todo la primera, que es la que más nervios genera a las personas.

CONCLUSIONES.

Otra cosa a destacar es la sesión creativa que se realizó en las primeras fases del proyecto. Como estudiante de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, fue una experiencia nueva. A pesar de haber trabajado con técnicas creativas durante la carrera, fue la primera vez que se codirigía una sesión de este estilo, donde no solo se tenían que gestionar las propias capacidades y recursos creativos, sino también las de otros participantes. Esto es algo que se trabaja en el Máster, por lo que sin ayuda del director del TFG, Jorge Sierra, probablemente habría sido imposible.

Además de lo mencionado anteriormente, se elaboran una serie de conclusiones de lo que supone el proyecto al festival Trayectos, dado que es el agente que propone la elaboración del proyecto.

Se trata de la decimocuarta edición del festival. En esta ocasión, se han incorporado varias novedades, de las que destaca el Laboratorio de Danza y Nuevos Medios. Esta nueva iniciativa es gracias a la colaboración entre Trayectos, la Universidad de Zaragoza y Etopia (Centro de Arte y Tecnología de Zaragoza, donde se ha llevado a cabo el proyecto). En ella se presentan diferentes propuestas en las que se han combinado la danza y la tecnología.

Precisamente, una de estas propuestas es el presente proyecto. Con la pieza de Danza y Robótica, se buscaba acercar este tipo de bailes a los ciudadanos (objetivo del festival) de una manera nueva y que llamase la atención. Se decidió contar con un robot durante la actuación ya que es un tema del que se habla bastante en la actualidad, y generaba interés en el público.

El robot es una creación humana, y con esta pieza se quería reflejar esa influencia mutua entre robot y humanos. Pues este tipo de creaciones son como un espejo de nosotros mismos. ¿Cuánto de nosotros hay en el robot? ¿Y de él en nosotros?

El resultado final que se observó el día del festival, no habría sido posible sin todo el trabajo que hay detrás, desde las bailarinas que realizaron la coreografía, hasta los organizadores del festival, técnicos, gestores...

Pero no solo las personas que están detrás son las responsables del éxito del proyecto. Gran parte de culpa es del público asistente al festival. Este festival se hace para ellos, y sin su presencia y aceptación a lo largo del festival, no se hablaría de un proyecto satisfactorio. Pues en el mundo real, son ellos los que deciden si todo el trabajo realizado durante meses ha sido todo un éxito, o si por el contrario ha sido un fracaso.

Este proyecto también ha servido como Trabajo Fin de Grado de dos estudiantes de la Universidad de Zaragoza, P. Abad (estudiante de Ingeniería Electrónica y Automática) y M. Franco (estudiante de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto). Además, se ayudó a dos estudiantes de la Universidad de Madrid que estaban realizando su TFG de Periodismo, y cuyo tema era similar al del Laboratorio de Danza y Nuevos Medios y del presente proyecto.

BIBLIOGRAFÍA.

Modo de organización:

<https://www.google.es/imghp?hl=es&tab=wi>

Tabla 1:

¹<http://www.robothalloffame.org/inductees.html>

Análisis previo:

²<http://tardeotempranodanza.wix.com/tardeotempranodanza>

³<http://www.danzatrayectos.com/quienes-somos/>

⁴<http://redaragon.elperiodicodearagon.com/agenda/fichaevento.asp?id=86523>

Sesión creativa:

⁵<https://www.neuronilla.com/desarrolla-creatividad/tecnicas-creatividad/>

Diseño de la carcasa:

⁶https://www.andorobots.com/public/manual_witbox_esp.pdf

Festival Trayectos:

⁷<https://twitter.com/>

<https://twitter.com/danzatrayectos>