



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INSPECCIÓN DE TUBERÍAS MEDIANTE CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

AUTOR: ARANTXA JUÁREZ PÉREZ

TUTOR: ALBERTO JOSÉ PÉREZ JIMÉNEZ

Curso Académico: 2016-17

AGRADECIMIENTOS

A mi tía, porque soy quien soy gracias a ella.

A mi pareja, por haber confiado cada día en mí.

A mi tutor, porque sin él, este trabajo no habría salido hacia delante.

A mis compañeros y amigos, con quienes he disfrutado cada momento.

RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado el diseño y montaje de un sistema que facilita la inspección de colectores de aguas residuales y pluviales de una instalación hidráulica de una vivienda, industria o de un edificio para otros usos.

El proyecto consiste en un dispositivo capaz de capturar y enviar imagen y datos a distancia en streaming, permitiendo igualmente el control remoto. Está compuesto por una cámara y sensores que envían información a una Raspberry Pi, encargada de comprimir los datos y enviarlos a través de una interfaz web, mediante cable Ethernet a un router, el cual crea una red local que permite acceder a ella.

Esta interfaz web se compone de tres partes: la primera de ellas muestra el vídeo en Streaming; la segunda permite encender en tres niveles de intensidad la corona de leds, y la última muestra una gráfica con los valores de temperatura y humedad en el interior de la carcasa, que abarca el sistema gracias a un sensor que se dispone en su interior.

La carcasa ha sido proyectada e impresa en 3D teniendo en cuenta el peligro que supone trabajar en un entorno húmedo. Es por ello por lo que se ha diseñado con cierto grado de estanqueidad, evitando orificios por los que pudiera introducirse humedad.

En lo referente al desplazamiento, tras analizar diferentes alternativas, finalmente se ha optado por diseñar e imprimir en 3D unas ruedas semiesféricas que actúan no solo como ruedas, sino que además, evitan el contacto directo de la carcasa con la tubería, prolongando así su vida útil al reducir la fricción de la misma. Es posible acoplar diferentes tamaños de ruedas, modificando así la altura final en la que se dispone la cámara. El motivo de esto es para situar la lente de manera concéntrica a la tubería, y tener un ángulo de visión más equilibrado.

El objetivo del presente proyecto es ofrecer una ayuda en la detección de grietas por las cuales tienen lugar las filtraciones y que pueden generar daños en el edificio; además de ofrecer una solución más económica a las empresas que quieran adquirir este producto y no puedan optar, debido a los costes que supone una solución de estas mismas características en el mercado actual.

Palabras Clave: Cámara, inspección, tubería, Raspberry Pi, Inventor, diseño, programación.

RESUM

En el present treball s'ha realitzat el disseny i muntatge d'un sistema que facilita la inspecció de col·lectors d'aigües residuals i pluvials d'una instal·lació hidràulica d'una vivenda, indústria o d'un edifici per a altres usos.

El projecte consisteix en un dispositiu capaç de capturar i enviar imatge i dades a distància en streaming, permetent igualment el control remot. Està compost per una cambra i sensors que envien informació a una Raspberry Pi, encarregada de comprimir les dades i enviar-los a través d'una interfície web, mitjançant un cable Ethernet a un rúter, el qual crea una xarxa local que permet accedir a ella.

Aquesta interfície web es compon de tres parts: la primera d'elles mostra el vídeo en Streaming; la segona permet encendre en tres nivells d'intensitat la corona de leds, i l'última mostra una gràfica amb els valors de temperatura i humitat en l'interior de la carcassa que comprén el sistema gràcies a un sensor que es disposa al seu interior.

La carcassa ha sigut projectada i impresa en 3D tenint en compte el perill que suposa treballar en un entorn humit. És per això que s'ha dissenyat amb un cert grau d'estaquitat, evitant orificis pels quals poguera introduir-se humitat.

Pel que fa al desplaçament, després d'analitzar diferents alternatives, finalment s'ha optat per dissenyar i imprimir en 3D unes rodes semiesfèriques que actuen no sols com a rodes, sinó que, a més, eviten el contacte directe de la carcassa amb la canonada, prolongant així la seua vida útil perquè es reduïska la fricció de la mateixa. És possible acoblar diferents grandàries de rodes, modificant així l'altura final en què es disposa la cambra. Tot açò es fa per a situar la lent de manera concèntrica a la canonada, i tindre un angle de visió més equilibrat.

L'objectiu del present projecte és oferir una ajuda en la detecció de clavills pels quals tenen lloc les filtracions i que poden generar danys en l'edifici; a més d'oferir una solució més econòmica a les empreses que vullguen adquirir aquest producte i no s'ho puguen permetre com a conseqüència dels costos que suposa una solució d'aquestes mateixes característiques en el mercat actual.

Paraules Clau: Cambra, inspecció, canonada, Raspberry Pi, Inventor, disseny, programació.

ABSTRACT

This project involves the design and assembly of a system that facilitates the inspection of wastewater and rainwater collectors of a hydraulic installation of a dwelling, industrial building or other building type.

The setup consists of a device capable of capturing and sending image and data remotely in streaming, allowing also the remote control. It consists of a camera and sensors that send information to a Raspberry Pi, responsible for compressing the data and send them through a web interface, using Ethernet cable to a router, which creates a local network that allows access.

This graphical interface consists of three parts: the first streams video, the second allows one to turn the crown of LEDs to intensity levels and the last shows a graph with the values of temperature and humidity inside the structure that the system covers thanks to a sensor that is contained inside.

Keeping in mind the danger of working in a humid environment, the structure has been designed and printed in 3D meticulously. This is why it has been designed with a certain degree of tightness, avoiding holes through which moisture could be introduced.

In terms of displacement, after analysing different alternatives, it was decided to design and print 3D semi-spherical wheels that act not only as wheels, but also avoid direct contact of the casing with the pipe, thus prolonging its lifespan by reducing the friction it experiences. In addition, it is possible to couple different wheel sizes, modifying the final height at which the camera sits. The reason for this is to position the lens concentrically to the pipe, and to have a more balanced viewing angle.

The objective of the present project is to offer an aid in the detection of cracks by which wastewater goes through and where leaks, which can generate damages in the building. On the other hand, this project offers a more economical solution to companies who cannot afford to purchase any product of the same capabilities that is currently on the market.

Keywords: Camera, Inspection, Piping, Raspberry Pi, Inventor, Design, Programming.

Este escrito consta de los siguientes documentos:

MEMORIA
PRESUPUESTO
PLANOS



DOCUMENTO I: MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Descripción de la zona de estudio.....	2
1.3.1. Ambiente de trabajo	2
1.3.2. Características del sistema de inspección	2
2. Desarrollo del sistema de inspección	4
2.1. Herramientas.....	4
Impresora 3D.....	4
Pelacables.....	5
Soldador de estaño.....	6
Lupa con sistema de iluminación	6
2.2. Materiales.....	6
Tornillos y tuercas	6
Cables	7
Rodamientos	7
2.3. Programas de modelado	7
Inventor	7
AutoCAD	7
Slic3r (Michael Moore, 2013)	7
2.4. Programación	7
Sistema operativo Linux	7
Python	8
HTML	8
Putty	8
Java Script.....	8
3. Hardware	8
3.1. Mecánica	9
3.1.1. Chasis.....	9
Carcasa	9
Parte trasera carcasa	11

Tapa de la carcasa	12
Carcasa completa	12
3.1.2. Subchasis	13
Acoples ruedas	13
Ruedas	13
Llanta	16
3.1.3. Cableado.....	17
Cable rigidizador.....	17
Protector helicoidal de cables	18
Carcasa enrollables	18
3.2. Electrónica	19
3.2.1. Sistema de visión	19
Cámara de inspección	19
Sistema de iluminación	21
Filtro protector de la lente y corona de leds.....	24
3.2.2. Raspberry Pi.....	26
Configuración	27
Disipadores de calor	27
Sensor de temperatura y humedad	27
Convertor DC-DC Buck	28
Montaje final	29
Flujo de energía	30
3.2.3. Transmisión, envío y recepción de datos	32
Router.....	32
4. Software.....	35
4.1. Interfaz web.....	35
4.2. Control de leds	37
4.3. Sensado de temperatura-humedad	38
4.4. Servidor de vídeo en Streaming	40
4.5. Arranque automático	40
5. Comercialización.....	41
5.1. Marca y logo	41
5.2. Manual de instrucciones	42

5.2.1.	Encendido del sistema.....	42
5.2.2.	Cambio de ruedas.....	43
5.3.	Código QR.....	43
5.4.	Embalaje.....	44
6.	Conclusiones.....	45
7.	Desarrollos futuros	47
8.	Bibliografía	48

ÍNDICE DE LAS ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Producto final de inspección	3
Ilustración 2.	Cabezal impresora 3D.....	4
Ilustración 3.	Bobina PLA.....	5
Ilustración 4.	Pelacables	5
Ilustración 5.	Soldador de estaño.....	6
Ilustración 6.	Lupa con sistema de iluminación	6
Ilustración 7.	Tornillo de acero inoxidable	6
Ilustración 8.	Carcasa vista anterior	9
Ilustración 9.	Carcasa vista posterior	9
Ilustración 10.	Acople rosca métrica	10
Ilustración 11.	Incisiones para Subchasis	10
Ilustración 12.	Viga rigidizadora	11
Ilustración 13.	Parte trasera carcasa	11
Ilustración 14.	Tapa de la carcasa	12
Ilustración 15.	Carcasa completa vista posterior	12
Ilustración 16.	Carcasa completa vista anterior	12
Ilustración 17.	Acople ruedas	13
Ilustración 18.	Rodamientos.....	14
Ilustración 19.	Lateral con acople para rodamientos.....	14
Ilustración 20.	Vista general de ajuste para rodamientos	14
Ilustración 21.	Vista trasera de ajuste para rodamientos	14
Ilustración 22.	Diseño de ruedas pequeñas	15
Ilustración 23.	Ajuste de ruedas pequeñas a la carcasa (vista anterior).....	15
Ilustración 24.	Ajuste de ruedas pequeñas a la carcasa (vista posterior)	15
Ilustración 25.	Diseño de ruedas grandes	16
Ilustración 26.	Llanta rueda pequeña.....	16
Ilustración 27.	Llanta rueda grande.....	16
Ilustración 28.	Guía pasacables	17
Ilustración 29.	Rodamiento 16x5x5.....	17

Ilustración 30. Protector helicoidal	18
Ilustración 31. Carcasa enrollables	18
Ilustración 32. Enrollables con cable	18
Ilustración 33. Lente 170º 1080p	19
Ilustración 34. Conector micro USB macho y USB macho.....	20
Ilustración 35. Conexiones USB.....	20
Ilustración 36. Sujeción lente	21
Ilustración 37. Sujeción lente	21
Ilustración 38. Corona de leds.....	21
Ilustración 39. Unión lente y corona de leds.....	22
Ilustración 40. Desmontaje de corona de leds.....	22
Ilustración 41. Pieza de unión corona de leds y lente.....	23
Ilustración 42. Conjunto corona de leds y lente.....	23
Ilustración 43. Lente en sujeción.....	24
Ilustración 44. Filtro protector corona de leds y lente.....	24
Ilustración 45. Acople del filtro	25
Ilustración 46. Fijación trasera	25
Ilustración 47. Pieza impresa acople del filtro	26
Ilustración 48. Pieza impresa fijación trasera.....	26
Ilustración 49. Raspberry Pi 3 b.....	26
Ilustración 50. Disipadores de calor de Raspberry Pi.....	27
Ilustración 51. Sensor DHT11 de temperatura y humedad.....	28
Ilustración 52. Convertidor DC-DC Buck.....	28
Ilustración 53. Configuración interior carcasa	29
Ilustración 54. Esquema flujo de energía	30
Ilustración 55. Batería	31
Ilustración 56. Cargador de pinzas	31
Ilustración 57. DC-DC reductor.....	31
Ilustración 58. Flujo de energía con batería.....	32
Ilustración 59. Cable divisor de alimentación	33
Ilustración 60. Cable divisor Ethernet	33
Ilustración 61. Conexión de cables: Router, fuente de alimentación.	34
Ilustración 62. Esquema hardware.....	34
Ilustración 63. Funcionamiento interfaz gráfica	35
Ilustración 64. Evolución de la temperatura y humedad	40
Ilustración 65. Marca y logo	42
Ilustración 66. Ejemplo de montaje	42
Ilustración 67. Código QR.....	43
Ilustración 68. Caja	44
Ilustración 69. Caja con elementos	44

1. Introducción

1.1. Objetivos

El principal objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es diseñar y construir un sistema de inspección que facilite las tareas de inspección de tuberías de aguas residuales de la red de alcantarillado general, para detectar fallos en el funcionamiento causados por grietas, roturas, daños, etc.

De forma particularizada, se persigue abordar los siguientes objetivos:

- Diseñar un sistema a nivel mecánico y electrónico, que permita al usuario ver en su dispositivo móvil el vídeo que el instrumento está grabando dentro de la tubería a tiempo real.
- Proponer medidas de mejora a las alternativas que figuran actualmente en el mercado. Dichas medidas se centran en el punto de vista económico, prevaleciendo siempre la funcionalidad.
- Plantear un estudio para su posible venta y comercialización.

A nivel personal, mediante el presente TFG se consigue desarrollar una herramienta que abarca numerosos campos de la ciencia e ingeniería como son la robótica, control y automática, mecánica, informática y programación, electrónica, hidráulica, diseño 3D asistido por ordenador, a la vez que se consigue desarrollar una aplicación con demanda en el mundo de la restauración, mantenimiento y construcción de edificios ya que, debido a los altos precios de este tipo de sistemas, muchas empresas no pueden permitirse adquirir uno. Las multinacionales han hecho grandes inversiones en las máquinas que los fabrican, y la forma de recuperarla es a través de elevados precios de venta.

Sin duda alguna, se trata de un reto profesional y personal que me ha ido cautivando y enseñando cada día aplicaciones que pueden ir más allá de la creación del presente sistema.

1.2. Antecedentes

Este proyecto surge de la necesidad de las empresas cuyo ámbito laboral se centra en la rehabilitación y mantenimiento de edificios, de poder dar un mejor servicio al cliente en cuanto a la detección de goteras y pérdidas de agua en los colectores de aguas residuales de los edificios.

Actualmente, para detectar grietas o roturas que puedan ocasionar pérdidas, se emplea un líquido llamado uranina. Este se mezcla con agua y se vierte por las tuberías que, al reaccionar con la luz ultravioleta, permite ver desde el exterior, el lugar donde se ha producido el daño. Sin embargo, el

problema reside en que el líquido avanza en su caída y hay que seguirlo hasta el foco, por lo que en ocasiones puede no ser suficientemente clarificador.

1.3. Descripción de la zona de estudio

1.3.1. Ambiente de trabajo

El proyecto está destinado a la inspección de colectores de extracción de aguas residuales y pluviales de edificios de viviendas, industriales y otros usos, en los cuales existe una gran humedad, además de la posibilidad de encontrar restos de diversos orígenes. Cabe destacar que, debido a la evolución de las redes de evacuación, el sistema de inspección deberá de tener la capacidad de desplazarse en tuberías de diferente material:

- Ladrillo: Usado desde los principios hasta mediados del siglo XX a modo de acequia.
- Fibrocemento: Edificaciones años 1960-1980.
- PVC: Edificaciones modernas.

En caso de inspección, se pedirá a los vecinos del bloque de viviendas o trabajadores que no utilicen ningún aparato que evacúe agua para evitar que el robot entre en contacto con la misma, además de para facilitar el trabajo. Para ello, las inspecciones se realizarán en horario nocturno y entre semana, puesto que la curva de uso de aparatos hidráulicos se encuentra en la zona valle. A su vez, en las industrias no hay trabajadores.

Por otro lado, si se requiere, se puede solicitar una limpieza previa de la tubería mediante agua a presión para facilitar la inspección.

Por último, destacar que las tuberías donde se va a trabajar, no tienen codos y son 100% horizontales.

1.3.2. Características del sistema de inspección

Teniendo en cuenta las condiciones de entorno en las que se trabajará, será requerida una alta capacidad de impermeabilidad para evitar el contacto de las aguas residuales y/o pluviales con los circuitos electrónicos. Para ello se han diseñado las carcasas en 3D mediante el programa de CAD Autodesk Inventor para su posterior impresión, como más tarde se verá.

A su vez, se ha tenido en cuenta la distancia que debe alcanzar, 25 m, por lo que se han analizado los diferentes tipos de cables, cámaras, sistemas electrónicos, y demás componentes, para garantizar la máxima eficiencia, es decir, muy alta calidad de imagen, 1080 p, y mínimas pérdidas por caída de tensión.

Debido a la complejidad del sistema y que este consta de numerosos análisis, se ha redactado la memoria siguiendo un guion que facilite la lectura y aprehensión.

En primer lugar, se va a hablar de las herramientas que se han utilizado para el diseño y fabricación del sistema de inspección, así como los programas informáticos y lenguajes de programación empleados. Esto permitirá conocer de primera mano los elementos que han participado en la fabricación del mismo. En segundo lugar, se hablará de la parte “dura”, o “hardware”, del sistema de inspección, en la cual se podrá ver todas aquellas partes que lo componen. En este apartado se han incluido dos subapartados, mecánica y electrónica. A continuación, se hablará del software integrado en el robot y que permite que alcance su finalidad, retransmitir un vídeo que podrá ser visto por el usuario a través de su dispositivo móvil. Por último, se hablará de los pasos a seguir para la venta y comercialización del producto obtenido.



Ilustración 1. Producto final de inspección

2. Desarrollo del sistema de inspección

En este apartado se van a detallar los materiales, herramientas, programas informáticos y lenguajes de programación utilizados para la fabricación sistema. La importancia de este apartado radica en que en los puntos 3, 4 y 5 se hará mención a todos los elementos descritos en este apartado y, definirlos previamente, facilitará la comprensión del texto.

2.1. Herramientas

Impresora 3D

La impresora utilizada en la impresión ha sido la Prusa I3 MK2¹. Como se verá en el apartado “Hardware”, el cuerpo del sistema de inspección se ha fabricado mediante impresión 3D. Esta opción se ha escogido por la innovación que supone este tipo de herramienta, versatilidad, manejo, posibilidades y demás factores que aportan mayor comodidad a la hora de trabajar.

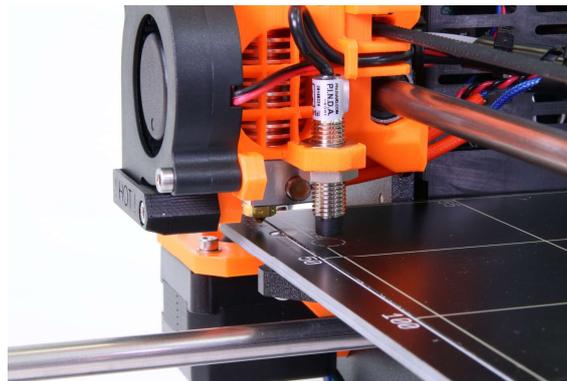


Ilustración 2. Cabezal impresora 3D

a) *Funcionamiento impresora 3D*

Previo a realizar la impresión hay que tener ciertos factores en cuenta; material a utilizar, calibrado, relación calidad/tiempo y si la medida es interior o exterior.

La impresora imprime con la precisión establecida las medidas exteriores, pero las medidas interiores las imprime con un porcentaje de error. Tras varias impresiones se pudo calcular que dicho error corresponde a un 3% gracias a la siguiente ecuación:

¹ La impresora pertenece al laboratorio de proyectos de la ETSINF.

$$\text{Corrección} = \frac{\text{Medida real} - \text{Medida impresa}}{\text{Medida real}}$$

Es por ello que todas las medidas interiores tendrán que ser mayoradas un 3%, lo que corresponde a un factor de escala de 1,03.

b) Material impresión 3D

El material que se ha escogido para la impresión 3D de las piezas es el PLA debido a su fácil manejo. Además de trabajar con tolerancias de +/- 0.05 mm, su punto de fusión se encuentra en 210°C.



Ilustración 3. Bobina PLA

De entre toda la gama de colores se empleó el blanco pues era el que se disponía en el laboratorio.

Pelacables

Como se verá en apartados posteriores, el elemento de control del sistema de inspección ha sido una Raspberry Pi. Para conectar la circuitería y unir cables, era necesario poder cortarlos reduciendo así la longitud de los mismos y, para ello, se ha utilizado el pelacables marca Stanley.



Ilustración 4. Pelacables

Soldador de estaño

Así mismo, para poder soldar los cables y fijar las conexiones, se ha empleado un soldador de estaño.



Ilustración 5. Soldador de estaño

Lupa con sistema de iluminación

A la hora de soldar con precisión es necesario poder contar con buena iluminación y un aumento visual, debido al pequeño tamaño de los circuitos. Por ello, se adquirió la lupa de 2 aumentos mostrada a continuación. Además incluye una pequeña lupa de 6 aumentos.



Ilustración 6. Lupa con sistema de iluminación

2.2. Materiales

Tornillos y tuercas

Se ha tenido muy en cuenta las condiciones de trabajo y por ello se han elegido tornillos de acero inoxidable.



Ilustración 7. Tornillo de acero inoxidable

Cables

Debido al espacio reducido que hay en el interior del sistema de inspección, ha sido necesario cortar los cables que venían de fábrica. Es por ello, por lo que se ha comprado cable con filamentos de cobre para crear nuevas conexiones y, a su vez, poder unir diferentes componentes mediante soldadura.

Rodamientos

Se ha empleado un rodamiento de bolas para la fijación del cable rigidizador. De esta manera se permite el giro y ayuda a no crear tensiones en el cable.

2.3. Programas de modelado

Inventor

Para el desarrollo de piezas en 3D se ha escogido Inventor ya que, gracias a la asignatura “Ingeniería Gráfica”, se disponía de los conocimientos necesarios para un correcto manejo.

AutoCAD

El programa AutoCAD es, sin duda, una herramienta muy compleja que permite su utilización en diferentes trabajos. Se ha utilizado para el trazado de planos, así como para la realización de esquemas los cuales han sido incorporados al trabajo.

Slic3r (Michael Moore, 2013)

El programa Slic3r genera un archivo G-Code a través de un archivo STL. La impresora 3D necesita un archivo G-Code para poder imprimir. Los archivos STL son exportados desde inventor.

2.4. Programación

Sistema operativo Linux

Debido a que es el sistema operativo de la Raspberry Pi, este ha sido el entorno en el que se ha desarrollado la programación.

Python

Los programas de encendido y apagado de leds, y control de temperatura y humedad han sido escritos en Python 3.

HTML

Es un lenguaje de etiquetado utilizado en la elaboración de páginas web. Este lenguaje se encarga de etiquetar y describir el contenido de la página web para que el navegador pueda interpretar esas etiquetas y mostrarlo correctamente. HTML puede diferenciar entre una gran variedad de tipos de contenido, desde texto y links hasta vídeo e imágenes, entre muchos otros.

Putty

El programa Putty es un cliente SSH que permite la conexión a servidor remoto, y se ha utilizado para poder controlar la Raspberry Pi sin que haga falta pantalla externa, teclado o ratón. Esto es posible si la Raspberry Pi está conectada al mismo router que el dispositivo desde el que se establece la conexión remota, generando este para la Raspberry Pi, una IP. Una vez conectados a esa IP, estaremos dentro de la Raspberry Pi.

Java Script

Se utiliza para programar el comportamiento de las páginas web. Este lenguaje nos permite crear eventos que se ejecutan cuando se realizan determinadas acciones, como pulsar un botón. También es el medio a través del cual se establece la comunicación con el servidor, se encarga de organizar los datos para ser enviados al servidor y procesar las respuestas.

3. Hardware

El hardware es la parte física del sistema de inspección, es decir, todas aquellas partes que le dan cuerpo. Se ha decidido dividir este apartado en dos subapartados: mecánica y electrónica.

El apartado de mecánica hace referencia a todas aquellas partes que van a proteger al sistema de inspección contra agentes externos, permitir su desplazamiento.

Por otro lado, el apartado de electrónica hace hincapié en los instrumentos que van a permitir la transmisión de datos desde que la cámara graba el vídeo, a tiempo real y en alta definición, hasta que el usuario lo recibe.

3.1. Mecánica

3.1.1. Chasis

El chasis está formado por una carcasa la cual ha sido diseñada en Inventor e impresa mediante una impresora 3D. En ella se van a atornillar todos los elementos que componen el sistema, entre los cuales se encuentra la cámara o la Raspberry Pi, entre otros.

Carcasa

El aspecto de la carcasa se muestra a continuación:

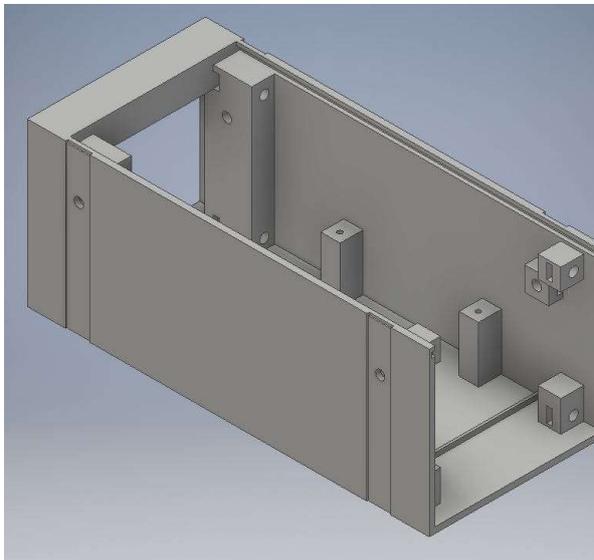


Ilustración 8. Carcasa vista anterior

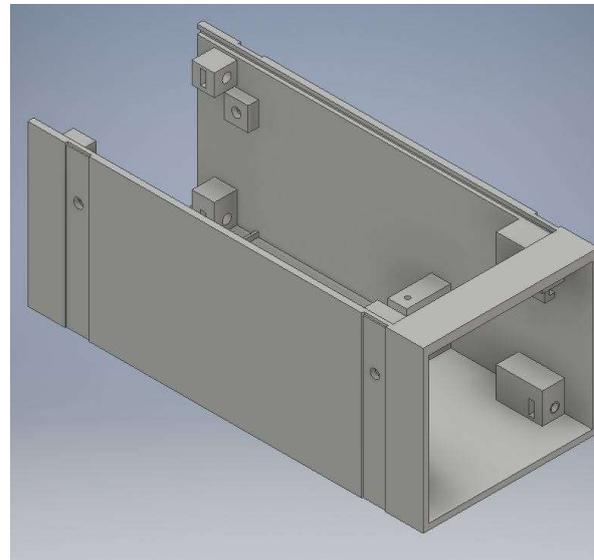


Ilustración 9. Carcasa vista posterior

En las imágenes puede observarse la vista desde ambos lados. En la vista anterior de la carcasa, Ilustración 87, se va a acoplar la pieza que permite la sujeción del protector de la lente, la corona de leds y la cámara.

En la vista posterior, Ilustración 98, se acoplará una pieza que permita la conexión del cable Ethernet y del rodamiento para encajar el rigidizador. El plano de la carcasa se puede encontrar en *Documento III: Planos, Plano 1. Carcasa.*

Partes a destacar de la carcasa

Debido a las condiciones de entorno en las que va a trabajar el sistema de inspección, ha sido necesario realizar un diseño en el que se han tenido en cuenta matices tanto constructivos, como estéticos, con la finalidad de evitar riesgo que tanto la humedad como las filtraciones, pudieran causar.

1. Fijación con tornillos

Para la fijación con tornillos se ha diseñado un acople para introducir una rosca que facilita el montaje y desmontaje de la carcasa, a la vez que permite fijar con mayor seguridad los tornillos. Se ha optado por roscas y tornillos de métrica 3.

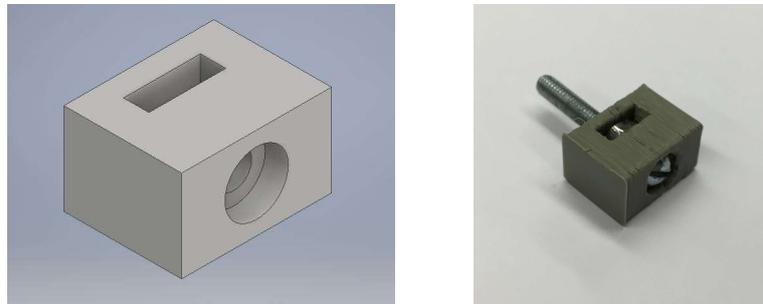


Ilustración 10. Acople rosca métrica

Se puede encontrar el detalle en *Documento III: Planos, Plano 2. Detalle rosca M3*.

2. Incisiones para subchasis

A fin de fijar la posición de los acoples, se han realizado unas incisiones en la carcasa para colocar el llamado "Subchasis" al cual irán conectadas las ruedas.

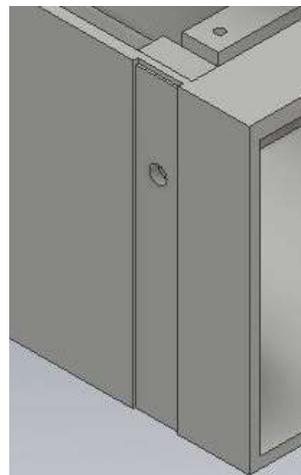


Ilustración 11. Incisiones para Subchasis

3. Elemento rigidizador

La carcasa, al no ser maciza, presentaba un grado bajo de robustez, por lo que se decidió diseñar una viga² que uniera la parte superior de la misma. Gracias a esta viga se aporta un grado de rigidez a la carcasa y, además cumple con otra función, sirve de tope para la tapa.

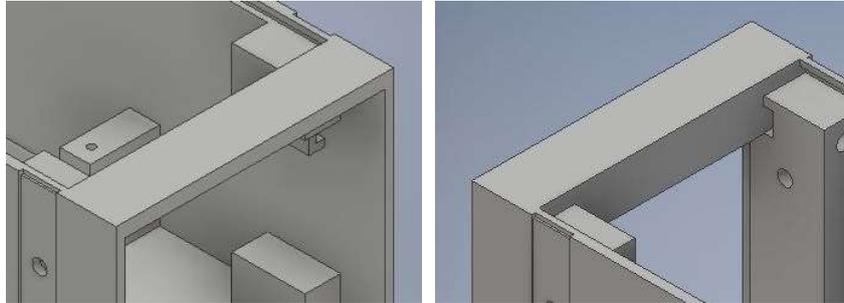


Ilustración 12. Viga rigidizadora

Parte trasera carcasa

Esta parte del sistema de inspección fue diseñada conforme a las especificaciones definidas previamente a la fabricación; la conexión ethernet debía situarse en la parte trasera de la carcasa y en el centro.

Del mismo modo que para el acople del filtro, se añadieron espacios para poder atornillar tornillos de M3. La pieza se puede encontrar en *Documento III: Planos, Plano 3. Parte trasera*.

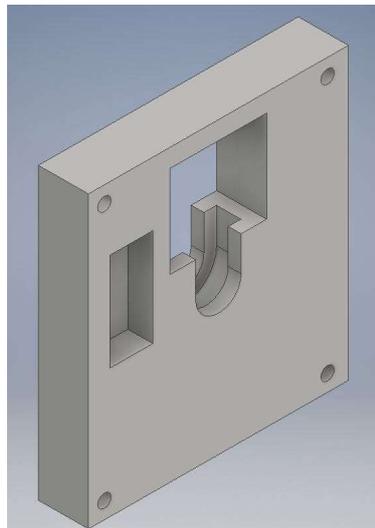


Ilustración 13. Parte trasera carcasa

² Pese a que una viga se supone que va apoyada en dos pilares, se ha empleado este término para referirse a un elemento que aporte rigidez al sistema.

Tapa de la carcasa

Para el diseño se ha seguido el mecanismo de una caja de dominó, siendo el aspecto final es el siguiente:

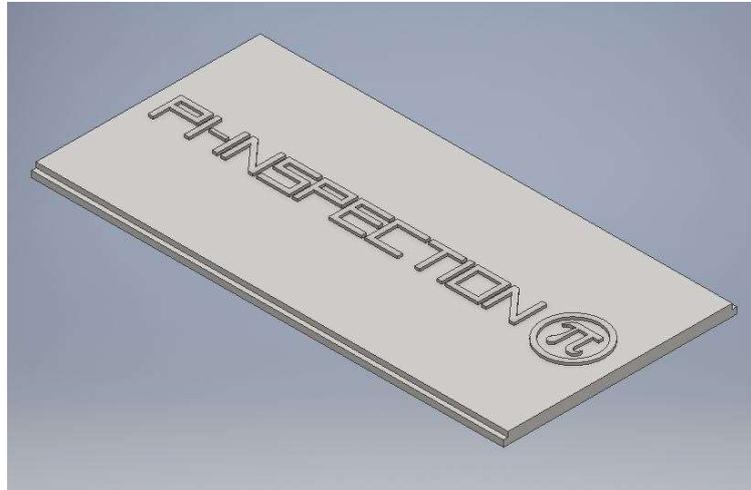


Ilustración 14. Tapa de la carcasa

Se puede encontrar el plano de la misma en *Documento III: Planos, Plano 4. Tapa.*

Carcasa completa

Una vez que se diseñó la carcasa y la sujeción de la lente que se comentará a continuación, se unieron mediante Autodesk Inventor a través de restricciones que permiten formar una sola pieza, siendo el resultado mostrado a continuación:

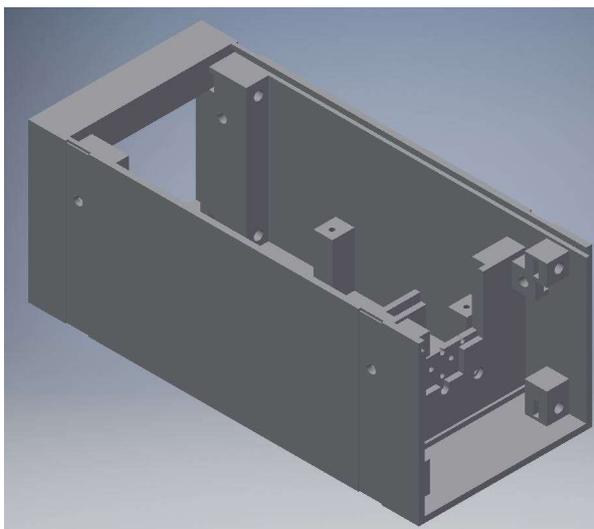


Ilustración 15. Carcasa completa vista posterior

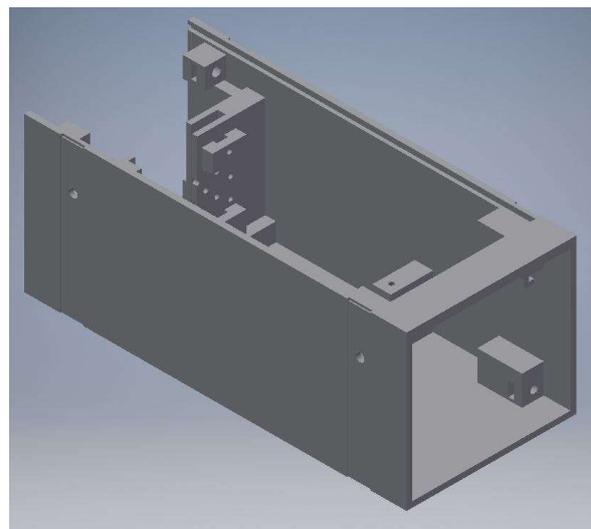


Ilustración 16. Carcasa completa vista anterior

3.1.2. Subchasis

Acoples ruedas

El diseño de los acoples de las ruedas se ha impreso independientemente de la carcasa, para poder reemplazarlo fácilmente por otro acople si es necesario, ya que es la pieza más sensible al desgaste.

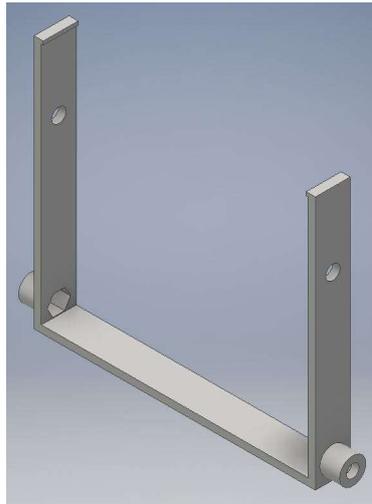


Ilustración 17. Acople ruedas

Como se puede observar se ha diseñado el hueco para tuercas en el interior, para poder fijar así las ruedas M3 a los acoples. Los planos se pueden encontrar en *Documento III: Planos, Plano 5. Acople ruedas*.

Ruedas

La posibilidad de elevar el centro de la cámara es un requisito necesario para poder centrar la lente en los distintos diámetros de tuberías en las que se puede desarrollar la actividad. Pero, además, se requiere de un sistema que evite el contacto directo de la carcasa con la tubería, para reducir al máximo la fricción y aumentar así su vida útil.

En un primer momento, se estudió la posibilidad de diseñar un chasis con motores, controlado mediante Arduino, pero el funcionamiento de este sistema complicaría mucho el proyecto además de encarecerlo. Fue este el motivo que obligó a pensar en una solución más eficiente.

En segundo lugar, se pensó en sustituir los motores con ruedas por rodamientos. Se adquirieron dos tamaños diferentes de rodamientos: el menor para tuberías pequeñas, y el mayor para las más grandes.



Ilustración 18. Rodamientos

El acople que se diseñó para la carcasa es el siguiente:



Ilustración 19. Lateral con acople para rodamientos



Ilustración 20. Vista general de ajuste para rodamientos



Ilustración 21. Vista trasera de ajuste para rodamientos

Como se puede apreciar, va atornillado a la carcasa para una mayor sujeción. Sin embargo, esta opción agrandaba mucho el tamaño final de la carcasa y es por ello por lo que se tuvo que pensar en otra alternativa.

Esta fue diseñar e imprimir en 3D las ruedas, corrigiendo así el problema del tamaño. Se han diseñado semiesféricas para que haya mayor contacto con las paredes internas de la tuberías, ya que en el caso de los rodamientos, al ser planos, el contacto era mucho menor. Las ruedas son las siguientes:



Ilustración 22. Diseño de ruedas pequeñas

Otra de las ventajas de las ruedas en 3D frente a los rodamientos, es que, en caso de diseñar ruedas con diferentes diámetros exteriores, el interior puede ser el mismo. Esto permitiría utilizar el mismo acople para diferentes tamaños.

Se puede encontrar el plano en *Documento III: Planos, Plano 6. Ruedas pequeñas*. La unión de los acoples con las ruedas a la carcasa se puede observar a continuación:



Ilustración 23. Ajuste de ruedas pequeñas a la carcasa (vista anterior)



Ilustración 24. Ajuste de ruedas pequeñas a la carcasa (vista posterior)

Por otro lado, para casos en los que la tubería es de mayor diámetro, se pueden instalar las ruedas grandes. Las medidas se encuentran en *Documento III: Planos, Plano 7. Ruedas grandes*.

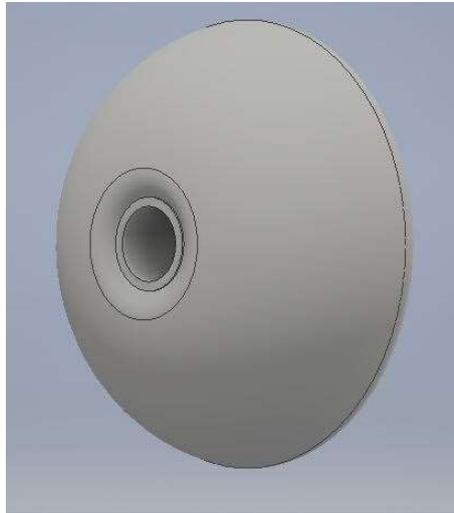


Ilustración 25. Diseño de ruedas grandes

Llanta

Además, se ha diseñado una pieza para cada tamaño de rueda con función de llanta para evitar que la rueda se salga del acople permitiendo que tenga holgura para poder girar con facilidad. Las piezas son mostradas a continuación:

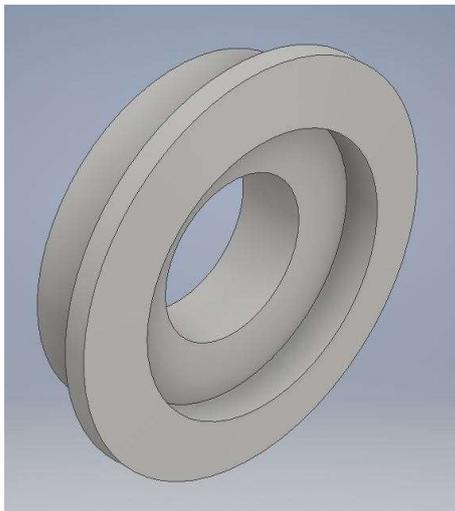


Ilustración 26. Llanta rueda pequeña

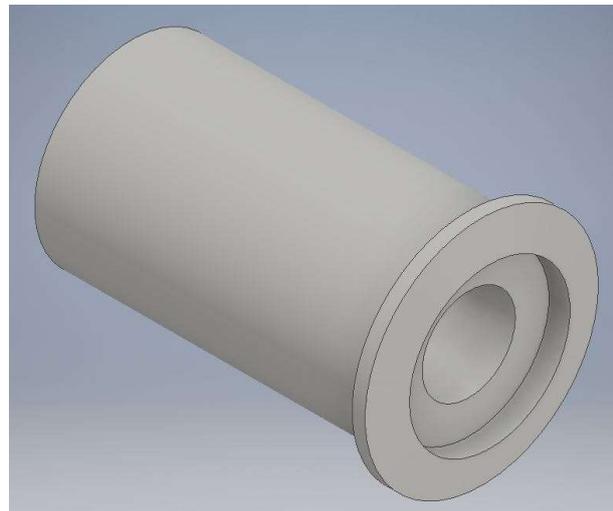


Ilustración 27. Llanta rueda grande

La definición de las piezas se puede encontrar en *Documento III: Planos, Plano 8. Llanta rueda pequeña* y *Documento III: Planos, Plano 9. Llanta rueda grande*.

3.1.3. Cableado

Cable rigidizador

Cuando se ha introduce la cámara por la tubería, el cable Ethernet no soporta la compresión. Es por ello por lo que se adquirió un cable de acero utilizado por los electricistas, conocido como “guía pasacables” que admitiera tanto compresión como tracción.



Ilustración 28. Guía pasacables

Por otro lado, el enganche de la guía a la pieza sería mediante un rodamiento, de esta manera, se permite el giro libre del cable sin que la carcasa se vea afectada.

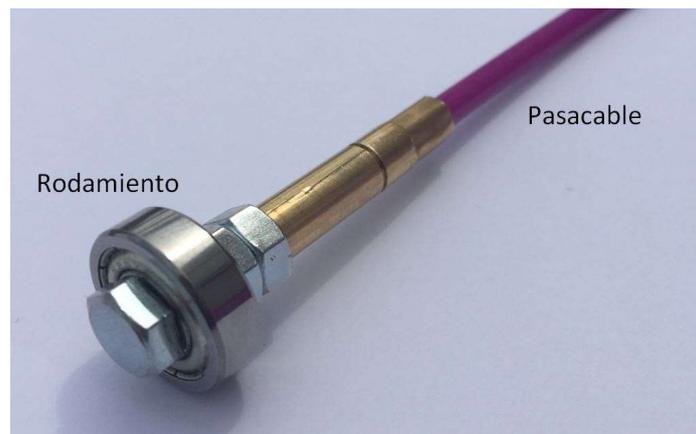


Ilustración 29. Rodamiento 16x5x5

El rodamiento es de métrica 5 y se engancha directamente al pasacables.

Protector helicoidal de cables

De la carcasa salen dos cables: el rigidizado y el Ethernet. Por ello, se adquirió un protector helicoidal cuya función es hacerlos uno.

Siendo el resultado el siguiente:

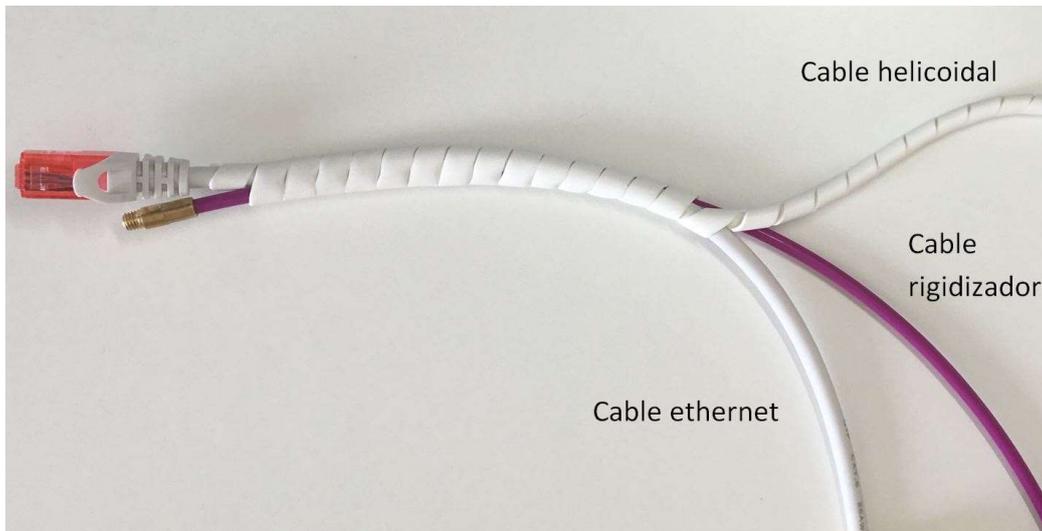


Ilustración 30. Protector helicoidal

Carcasa enrollables

Con el fin de facilitar la recogida del cable, se adquiere la siguiente carcasa enrollables:



Ilustración 31. Carcasa enrollables



Ilustración 32. Enrollables con cable

3.2. Electrónica

En este apartado se van a desarrollar los componentes electrónicos que componen el sistema de inspección. Estos componentes son los encargados de realizar la transmisión de los datos captados por la cámara, de transformarlos y hacer que el usuario pueda observarlos a través de su dispositivo móvil.

3.2.1. Sistema de visión

Cámara de inspección

En un primer momento se pensó en una cámara USB que enviara la información mediante cable USB. Analizando esta situación, se pudo comprobar que las excesivas caídas de tensión que se generarían, ocasionarían una gran pérdida de calidad de imagen, las cuales se podrían reducir amplificando el cable cada cierta distancia, por el hecho de tener que seccionar el cable, se descartó como solución.

Posteriormente se estudiaron las cámaras IP, ya que crean una página web en la que se puede observar la imagen en tiempo real.

Debido a que se deseaba poder controlar la iluminación y obtener información adicional de temperatura y humedad a través de una interfaz web, se decidió emplear una Raspberry Pi que podía albergar dichos servicios e igualmente exportar video en *streaming* de cualquier cámara USB conectada a ella. Esto nos daba flexibilidad a la hora de elegir la cámara ya que las cámaras IP tienen un coste superior a las USB.

Con la elección del tipo de cámara y el tipo de cable solucionados, quedaba solamente encontrar una cámara que se adaptara a las necesidades. En un primer momento, se buscó una cámara USB para desmontarla y reducirla en su tamaño y, tras realizar un análisis y estudio de mercado, se encontró una cámara sin carcasa, compuesta únicamente por su circuitería y lente.



Ilustración 33. Lente 170º 1080p

La cámara que se puede ver en la imagen, modelo USB MJPEG ELP-USBFHD01M-L28, está compuesta por una lente y una placa base para enviar la información recibida. Además de ofrecer una alta resolución, su gran angular permite una visión más amplia (170º) y su reducido tamaño posibilita una menor dimensión en el diseño final.

Características de la cámara	
Número de modelo del producto	ELP-USBFHD01M-L28-S
Peso del producto	82 g
Dimensiones del producto	11,2 x 9,1 x 7,1 cm
Tamaño	Pequeño
Color	Negro
Fuente de alimentación	DC
Voltaje	5 voltios
Rango de temperatura	-20 hasta +70 °C
Lente	2.8mm Lente gran angular

Tabla 1. Características de la cámara

a) Conexiones USB y micro USB de la cámara a la Raspberry Pi

Para reducir la longitud de los cables, se montaron y soldaron conectores USB y micro USB en función de si se requería potencia y masa, o también transmisión de datos.

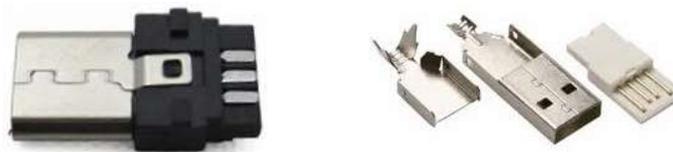


Ilustración 34. Conector micro USB macho y USB macho

Se siguió la siguiente guía de conexiones:

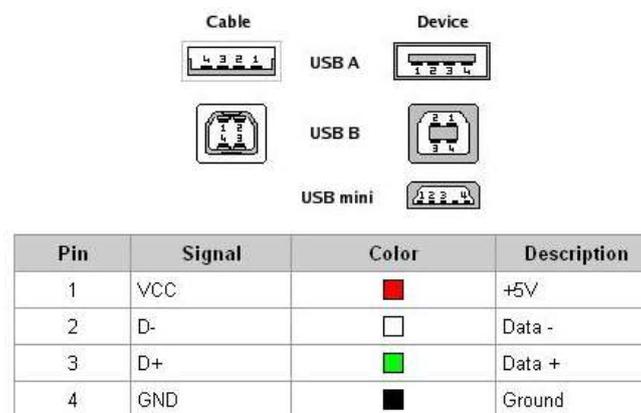


Ilustración 35. Conexiones USB

b) Sujeción de la cámara en la carcasa

Por necesidad la cámara ha de estar situada en el centro de la carcasa, por ello, se ha diseñado el siguiente acople que fija la posición de la lente:

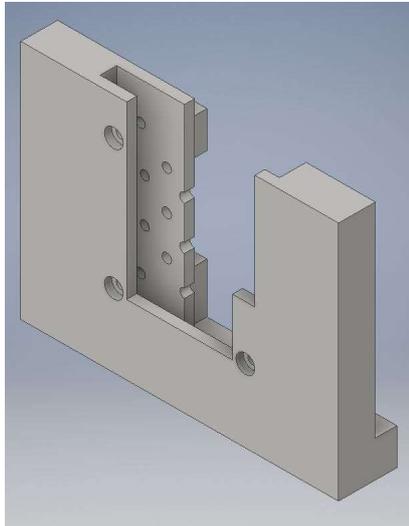


Ilustración 36. Sujeción lente

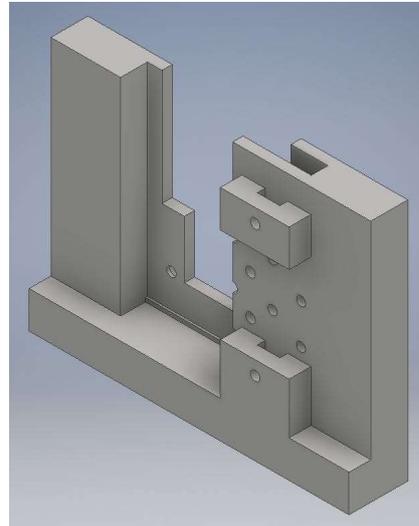


Ilustración 37. Sujeción lente

Se ha tenido en cuenta el calentamiento de la circuitería de la cámara, por lo que se han añadido unos orificios que permiten la refrigeración. La definición de la pieza anterior se puede encontrar en *Documento III: Planos, Plano 10. Sujeción cámara.*

Sistema de iluminación

Debido a las condiciones del entorno, dentro de una tubería y sin iluminación, es necesario adoptar una solución que permita iluminar el espacio, para obtener así una imagen más nítida. En un primer momento se pensó en adquirir los leds y montar la circuitería, pero tras analizar diferentes alternativas de iluminación, se decidió por una corona de leds ya fabricada.



Ilustración 38. Corona de leds

a) *Pieza unión corona de leds - lente*

El hueco interior de la corona es mayor que el diámetro de la lente, por lo que se puede introducir una dentro de la otra. Para hacer de ambas una sola pieza, se diseñó en Inventor y se imprimió en 3D. Esta pieza se encuentra incluida en el *Documento III: Planos, Plano 11. Unión corona de leds y lente inicial*.

El resultado es el siguiente:

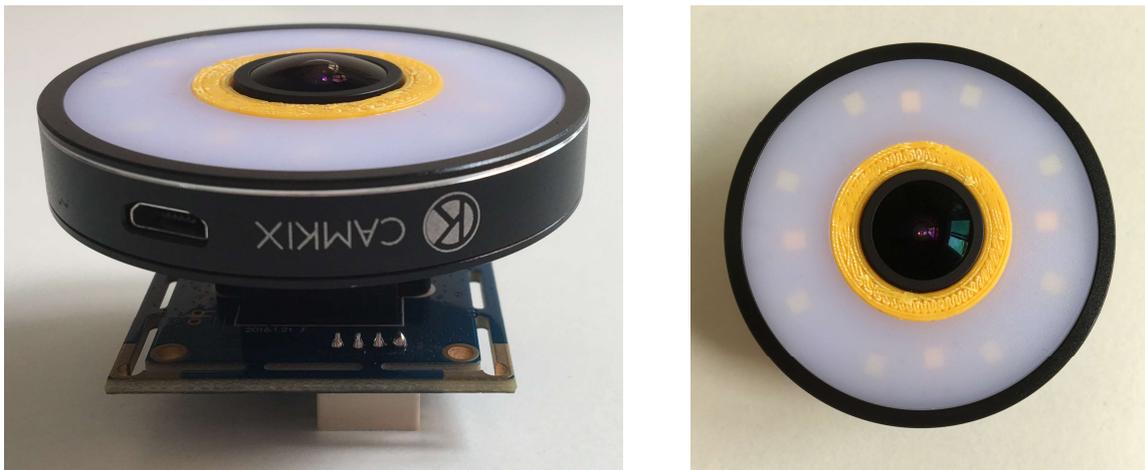


Ilustración 39. Unión lente y corona de leds

De esta manera se evitan los desplazamientos entre ambas piezas, permitiendo una iluminación equilibrada.

Sin embargo, la corona de leds ocupaba demasiado espacio. Fue este el motivo que condujo a desmontarla quedando de la siguiente manera:

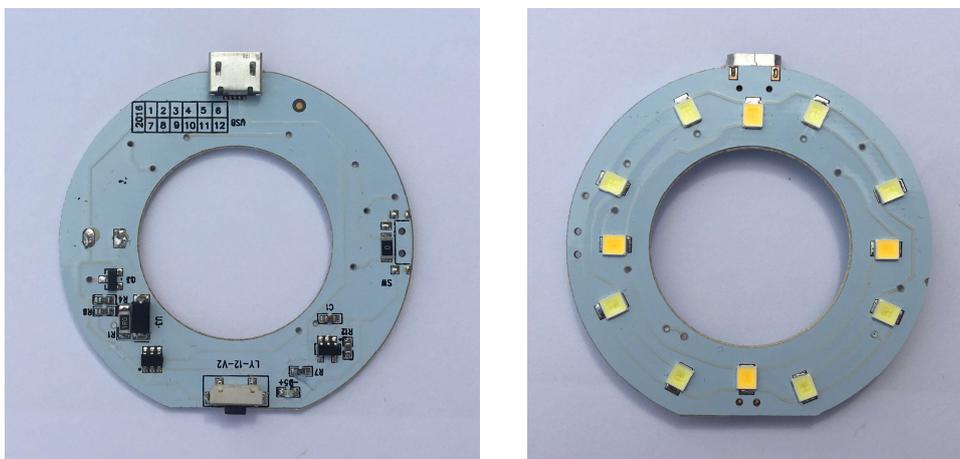


Ilustración 40. Desmontaje de corona de leds

La corona original disponía de un interruptor y de una batería que se recargaba mediante conexión micro USB, ambos elementos se eliminaron sustituyendo sus funciones mediante cables. La potencia y la tierra de la batería se conectaron a la salida de un reductor de potencia (explicado posteriormente), y la función de interruptor sería realizada a través de la Raspberry Pi.

Para ello, se ha diseñado un programa en Python que envía pulsos de tensión, pues el interruptor encendía los leds en cuatro niveles de intensidad: bajo, medio, alto y nulo.

La pieza final de unión entre corona de leds y lente está incluida en el *Documento III: Planos, Plano 12. Unión corona de leds y lente definitiva.*

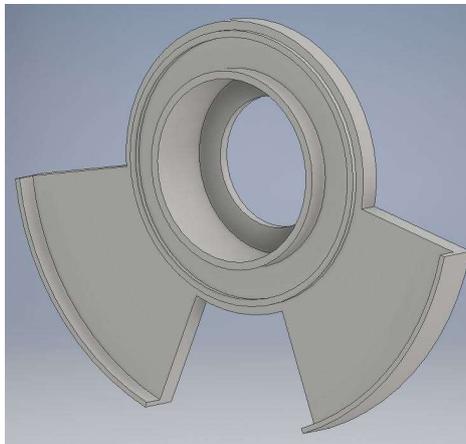


Ilustración 41. Pieza de unión corona de leds y lente

A través del diámetro más pequeño se introduce la lente, y sobre el mayor diámetro se apoya la corona de leds. El resultado de ambos elementos acoplados a la pieza es el siguiente:



Ilustración 42. Conjunto corona de leds y lente

El aspecto final es el siguiente:

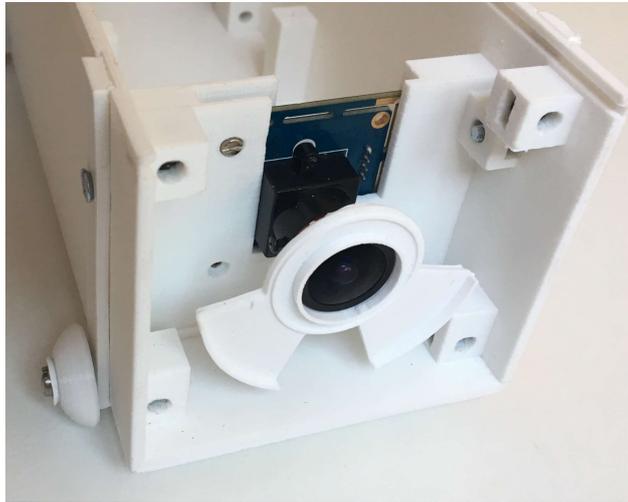


Ilustración 43. Lente en sujeción

Filtro protector de la lente y corona de leds

La lente se ha protegido con un filtro de una cámara réflex de 58 mm, diámetro suficiente para proteger tanto la lente como la corona de leds.



Ilustración 44. Filtro protector corona de leds y lente

Se analizaron distintas alternativas hasta que se decidió por el filtro. A pesar de ello, se estudió la posibilidad de utilizar vidrio plástico policarbonato debido a sus propiedades resistentes y de transparencia, pero se descartó porque solo se vendían planchas de 2 m² y encarecía mucho el presupuesto final.

Otra alternativa era metacrilato, sin embargo, se probó y reflejaba en exceso la luz de los leds y disminuía la calidad de la imagen.

a) *Pieza unión filtro protector - corona de leds*

Se diseñó el acople del filtro para reducir la altura de la carcasa, es por eso por lo que las dimensiones del acople están restringidas por el tamaño del filtro.

Por otro lado, se han diseñado dos piezas entre las que se coloca el filtro. Esta disposición evita el movimiento del mismo, fijando así su posición y limitando la entrada de sustancias a través de las holguras.

El resultado es el siguiente:

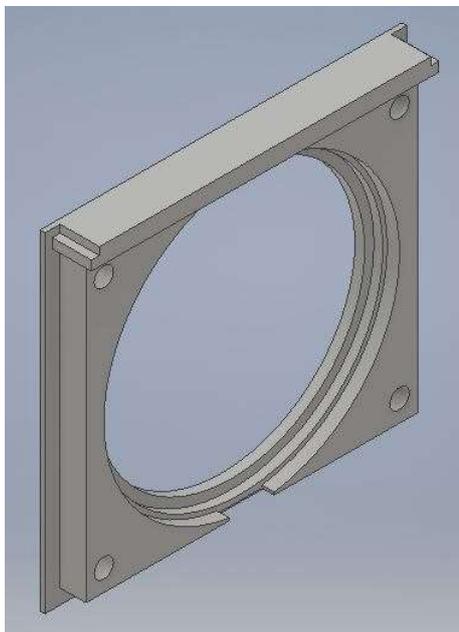


Ilustración 45. Acople del filtro

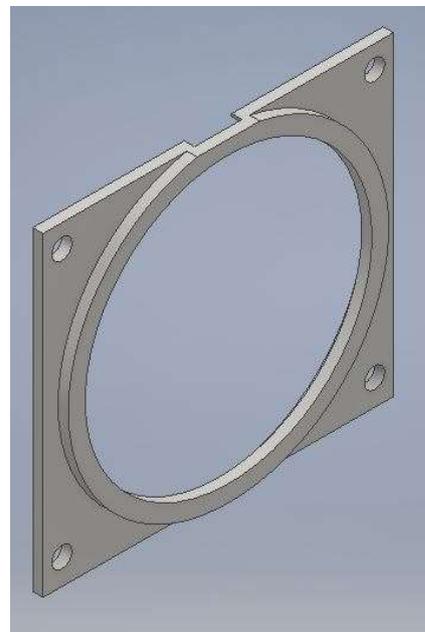


Ilustración 46. Fijación trasera

Los planos de la pieza se encuentran en *Documento III: Planos, Plano 13. Acople filtro protector* y en *Documento III: Planos, Plano 14. Fijación trasera*, respectivamente. En las esquinas se puede encontrar los agujeros para atornillar la pieza al resto de la carcasa que se han diseñado para M3. El filtro se coloca entre ambas piezas, para fijar así su posición.

El conjunto acople más filtro se puede observar en la siguiente imagen:

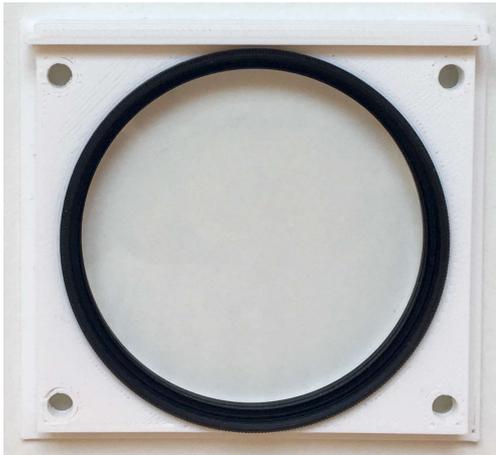


Ilustración 47. Pieza impresa acople del filtro

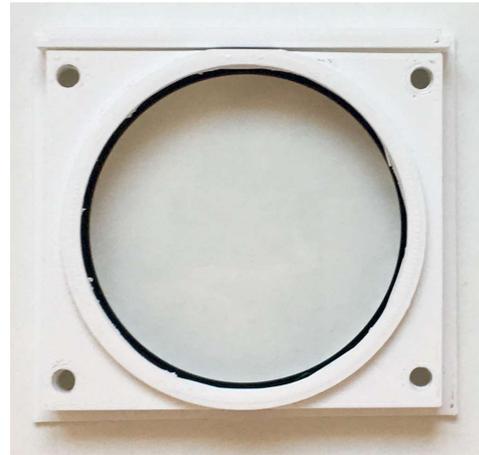


Ilustración 48. Pieza impresa fijación trasera

3.2.2. Raspberry Pi

La placa base de la cámara escogida es capaz de enviar los datos que esta capta, pero se necesita la ayuda de un procesador que comprima la imagen y el vídeo, y los envíe a un dispositivo móvil, como pueden ser una Tablet, un Smartphone, o un ordenador.

La encargada de esta función es la Raspberry Pi 3 modelo b, que contiene un procesador de cuatro núcleos a 1.2 GHz de 64 bits que permite no tener pérdidas de imagen, además, dispone de entrada USB y conector RJ45, por lo que, de esta manera, se puede conectar la cámara USB y recibir la información mediante cable Ethernet.

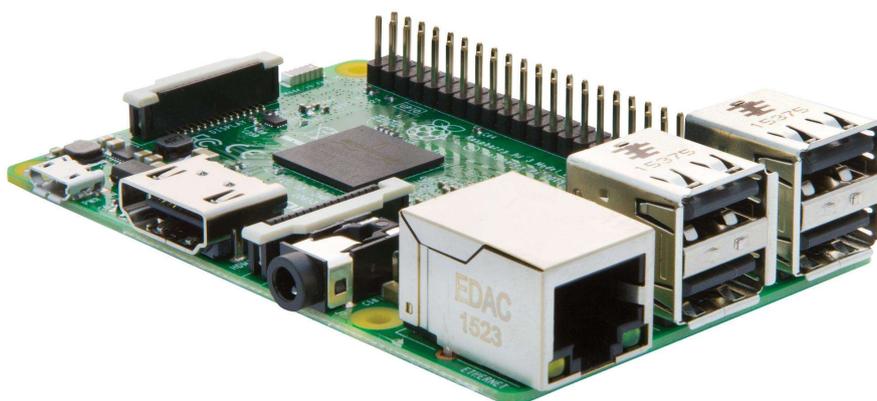


Ilustración 49. Raspberry Pi 3 b

A pesar de su apariencia, la Raspberry Pi es un ordenador al que se pueden conectar una pantalla, teclado y ratón para poder trabajar y una fuente de alimentación de 2,5 A. Si no se conectan dichos periféricos es posible acceder a ella a través de una conexión de red en remoto.

La Raspberry Pi dispone de 40 pines, conocidos como GPIO. Es un sistema de entrada y salida, ofreciendo así una interfaz para comunicación externa.

Configuración

La Raspberry Pi 3 b viene de fábrica sin ningún sistema operativo instalado, por lo que se optó por instalar el Raspbian. Para ello se descargó la imagen NOOBS que contenía el software y se guardó en una tarjeta microSD para su posterior instalación.

En cuanto se conecta el cable de la alimentación a la Raspberry Pi, esta arranca automáticamente pues no tiene un botón de encendido/apagado.

Disipadores de calor

Por otro lado, a la Raspberry Pi se le añadieron tres disipadores de calor para aumentar rendimiento de la misma.



Ilustración 50. Disipadores de calor de Raspberry Pi

Sensor de temperatura y humedad

Las condiciones de trabajo en las que se va a desenvolver el proyecto son severas respecto a la humedad. Además, al estar la Raspberry Pi encerrada en una carcasa, se hace necesario conocer la

temperatura en su interior para evitar sobrecalentamientos que puedan deteriorar la circuitería. Para ello, se ha instalado un sensor de temperatura DHT11 para controlar a la vez ambos factores.

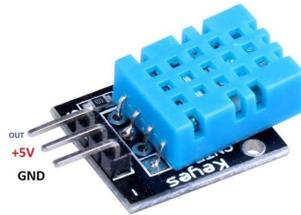


Ilustración 51. Sensor DHT11 de temperatura y humedad

Conversor DC-DC Buck

Sin embargo, la Raspberry Pi se alimenta con 5V, y la fuente de alimentación se compró de 9 V para poder alimentar también el router. Es por ello por lo que se necesita reducir esta tensión antes de alimentar a la Raspberry Pi. Convertidores DC-DC los hay Buck y Boost. El primero de ellos reduce la tensión de entrada, y el segundo, la aumenta.

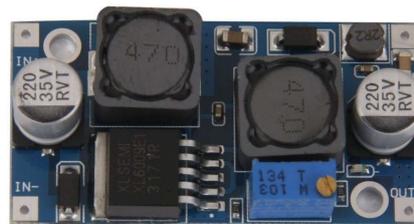


Ilustración 52. Convertidor DC-DC Buck

El cable divisor de alimentación se peló para dividir los cables interiores y poder soldarlos al convertidor al IN+ (potencia) e IN- (masa). A la salida del mismo se soldaron dos cables, que a su vez se soldaron en otro conector micro USB para introducirlo en la alimentación de la Raspberry Pi y a la alimentación de la corona de leds.

Flujo de energía

En el esquema general del montaje se tienen diferentes componentes de naturaleza eléctrica o electrónica y, por lo tanto, todos ellos necesitarán estar conectados a una fuente de alimentación que les proporcione la tensión necesaria para su funcionamiento. Sin embargo, no todos precisan del mismo potencial. Estas son las tensiones de trabajo de cada uno de los distintos elementos:

- **Router:** será alimentado a 9V.
- **Raspberry Pi:** la placa de control estará alimentada a 5 V. Es importante que la tensión no supere este valor, porque con el más mínimo aumento, la CPU sufre una sobretensión e incurre en un funcionamiento errático. Por ello es preferible trabajar a niveles de tensión ligeramente inferiores (entre 4.8 y 4.9 V).
- **Corona de leds:** necesitará estar conectada a 3.3 V, pero será la propia Raspberry Pi la que suministre dicha tensión.

En resumen, el router será alimentado a 9V y paralelamente se estará alimentando la Raspberry a 5V. Por ello será necesario derivar la tensión por un convertidor para poder reducir a los 5V necesarios para la CPU. En el siguiente esquema se puede ver el flujo de la alimentación descrito anteriormente, con su paso por los distintos elementos y las diferentes transformaciones.

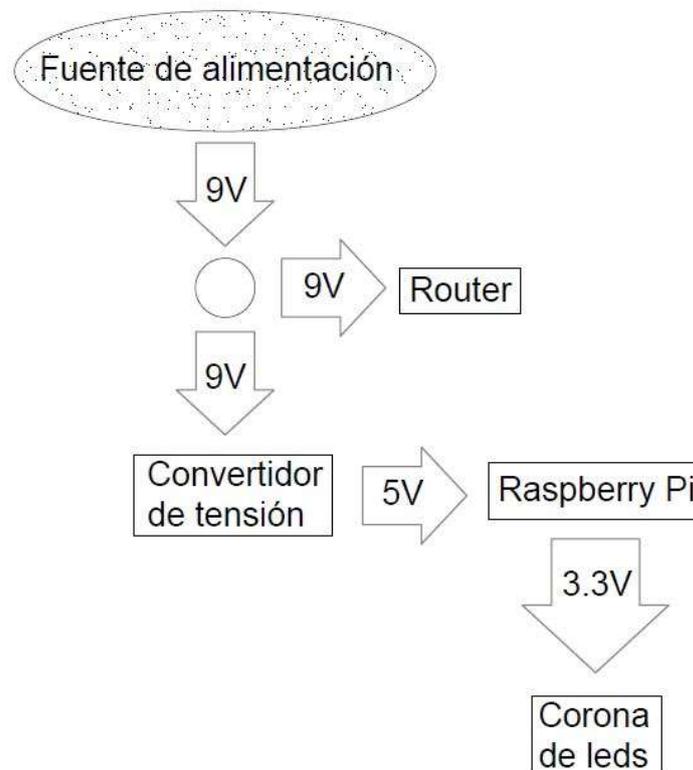


Ilustración 54. Esquema flujo de energía

Cabe destacar la posibilidad de que el cliente no disponga de un enchufe cerca, por lo que se ha pensado en la sustitución de la fuente de alimentación conectada a la red por una batería. Para esta situación se ha elegido una batería de 12 V, ya que son las más económicas en el mercado. Sin embargo, se requiere de una reducción de voltaje a 9 V a la entrada del sistema.

Se ha calculado el consumo de todo el sistema, y es de 0.7Ah, por lo que una batería de 7Ah tendría una duración de 10 h, tiempo suficiente para la inspección.

Por otro lado, se ha escogido recargable y es por ello por lo que también se ha tenido en cuenta un cargador. A continuación, se muestran los elementos necesarios:



Ilustración 55. Batería



Ilustración 56. Cargador de pinzas



Ilustración 57. DC-DC reductor

De esta manera el flujo de energía sería el siguiente:

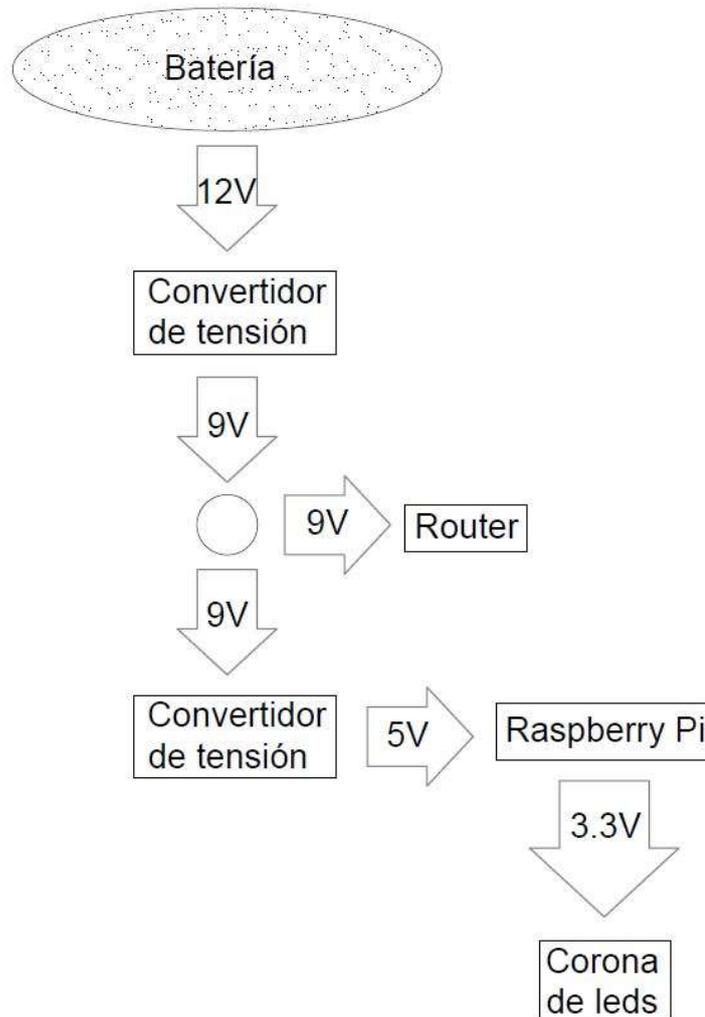


Ilustración 58. Flujo de energía con batería

3.2.3. Transmisión, envío y recepción de datos

Router

En la parte exterior de la tubería, donde se encuentra el trabajador inspeccionando, se dispondrá de un router y la fuente de alimentación.

El router crea una red local mediante cable Ethernet que recibe información de la cámara, y la envía al dispositivo móvil. A la fuente de alimentación, se conecta un cable divisor de tensión que permite alimentar diferentes elementos simultáneamente.



Ilustración 59. Cable divisor de alimentación

Una de las hembras se conectará al router y otra a un cable divisor de Ethernet. El cable Ethernet tiene en su interior 8 cables, 4 de los cuales se emplean para la transmisión de datos, dejando los otros cuatro libres para utilizarlos de la manera en que se desee. Este divisor de Ethernet permite aprovechar los cables libres para alimentación.



Ilustración 60. Cable divisor Ethernet

La cámara está diseñada para inspeccionar tuberías de hasta 20 metros de longitud. Por tanto, el cable Ethernet que se ha adquirido es de 25 m para poder tener maniobra con la conexión al router.

En el extremo opuesto del trabajador, encontramos la cámara que, mediante macho de Ethernet se conecta a otro cable divisor de Ethernet, para poder alimentar a la Raspberry Pi, y a su vez permitir la transmisión de información.

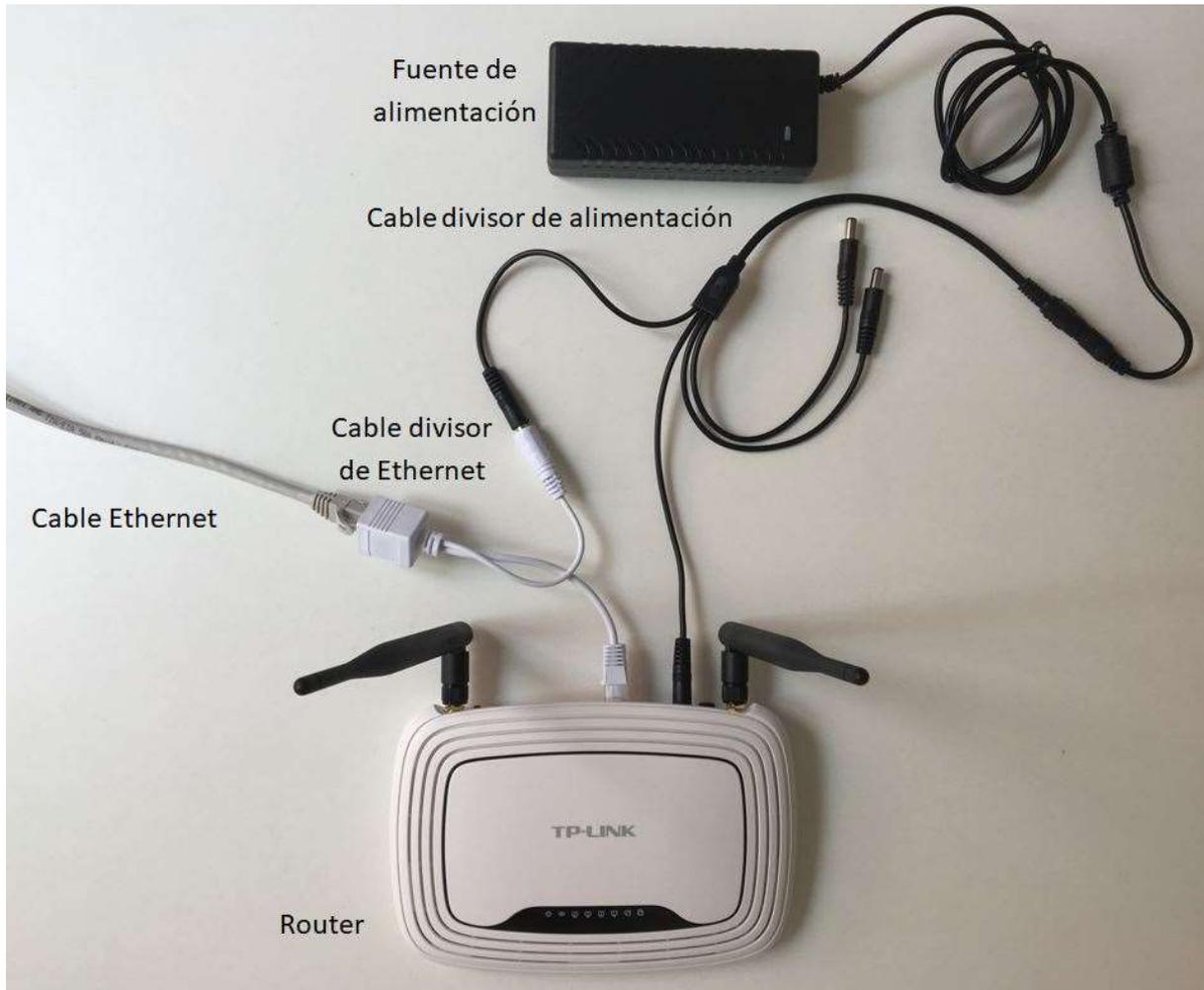


Ilustración 61. Conexión de cables: Router, fuente de alimentación.

Por último, se ofrece un esquema con el fin de aclarar el hardware:

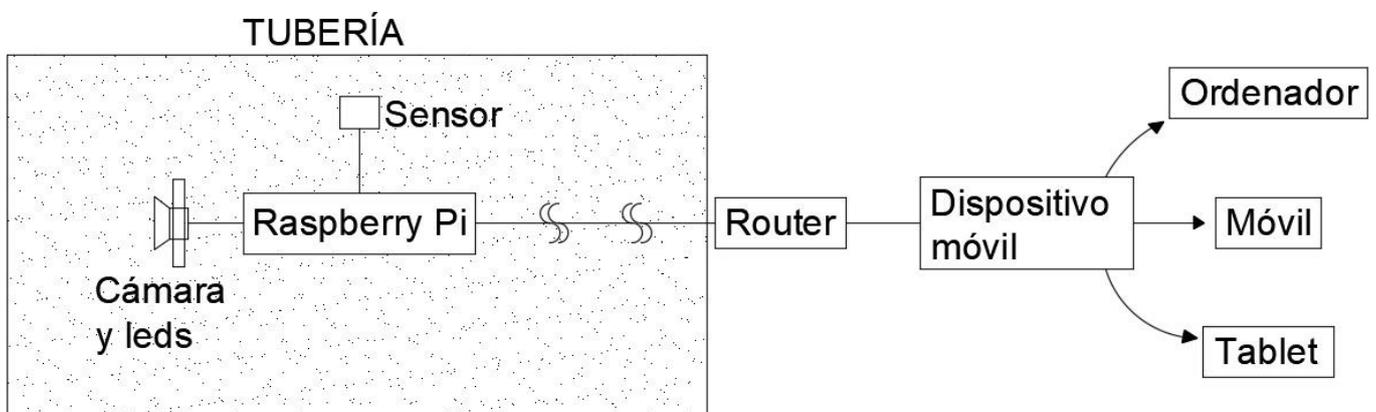


Ilustración 62. Esquema hardware

4. Software

La interfaz que se ha desarrollado permite el vínculo entre la Raspberry Pi y el trabajador. Se ha programado en HTML y se pueden distinguir tres partes diferenciadas:

- Transmisión de video en Streaming.
- Control de leds.
- Gráfica Temperatura-Humedad.

A continuación, se adjunta un esquema del funcionamiento de la interfaz gráfica.

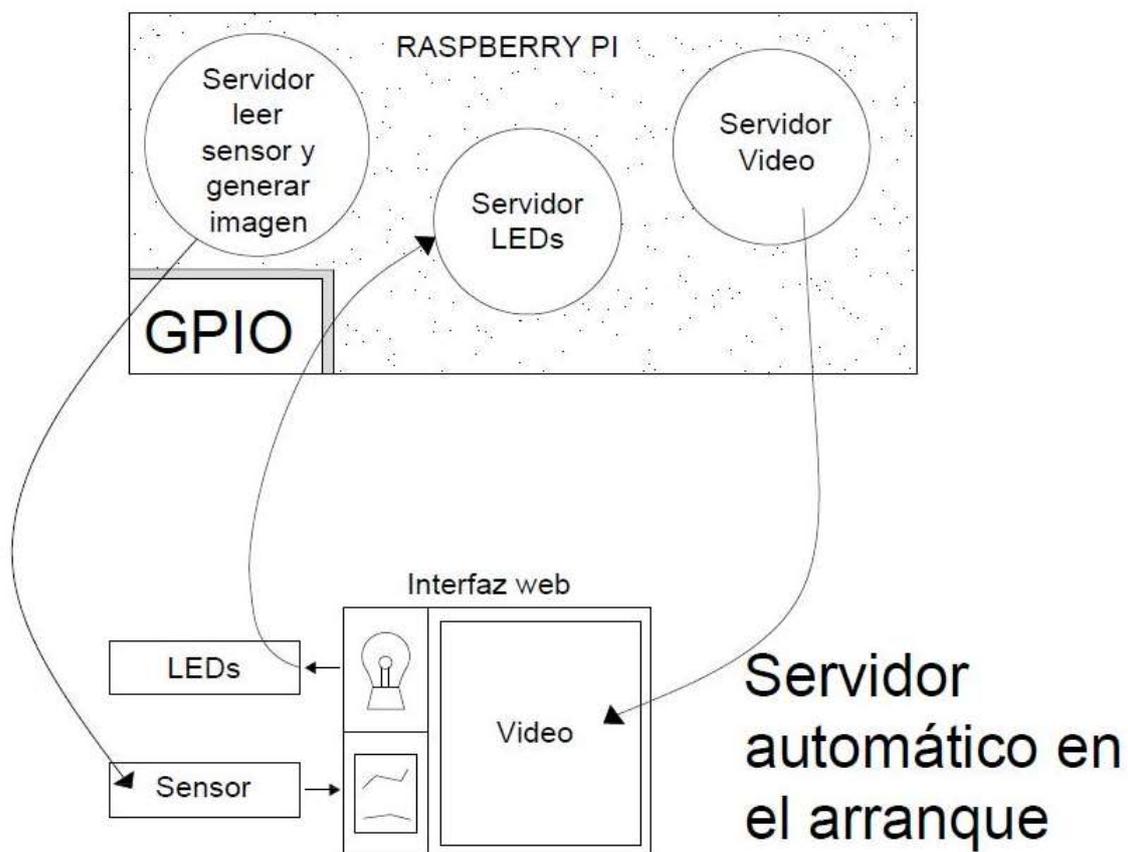


Ilustración 63. Funcionamiento interfaz gráfica

4.1. Interfaz web

Observando el esquema anterior, se puede apreciar que las flechas tienen un sentido, y es este el que indica cómo se realiza la transmisión de datos o peticiones. En el caso del video, es la Raspberry Pi la que envía información a la interfaz web, al igual que ocurre con la gráfica. La Raspberry Pi la ha

generado previamente a través de la información recibida del sensor, y la función de la interfaz es mostrar la gráfica en formato JPG.

Sin embargo, el funcionamiento de los leds es contrario. Desde la interfaz web, al pulsar sobre la bombilla, se envía una petición a la Raspberry Pi que a su vez la manda a la corona de leds, permitiendo así su encendido y apagado.

Por último, los servidores se han programado para que se activen en el momento en el que se encienda la Raspberry Pi, de este modo, el trabajador no tendrá que activar ningún programa para poder visualizarla. Lo único que se ha de hacer es conectarse a la red local que se ha generado gracias al router para poder visualizar la información.

A continuación, se indica el código que se ha programado en lenguaje HTML para el diseño de la interfaz gráfica. El funcionamiento de este consiste en crear una tabla compuesta por tres espacios a los que se les adjudican diferentes funciones.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.1//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml11/DTD/xhtml11.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" xml:lang="en">
  <head>
    <title>MJPG-streamer</title>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
    <!--<link rel="stylesheet" href="style.css" type="text/css" /> -->
    <script type="text/javascript" src="jquery.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="jquery.rotate.js"></script>
    <!--[if IE 6]>
    <link rel="stylesheet" href="fix.css" type="text/css" />
    <![endif]-->
  </head>

  <body>

    <table border=1 bgcolor=#00FF00>
      <tr>
        <td align=center valign=top width=21%>
          <h1>Temperature & Humidity</h1>

          <p id="graph"> <img src=temphum-graph.jpg width=95%> </p>
          <script type="text/javascript">
            var myTimer = setInterval(graph_action, 5000);
            function graph_action() {
              document.getElementById("graph").innerHTML = "<img src=temphum-
graph.jpg?rand="+Math.random()+" width=95%>";
            }
          </script>
        </td>
        <td align=center valign=top rowspan=2>
```

```
<h1>Camera Live</h1>

    <p id="streamwrap" class="xform-p">
        
    </p>
</td>
</tr>
<tr>
    <td align=center valign=top>

        <h1>Light Control</h1>
        <p id="leds" > <img src=bombilla.png width=100 id="leds"> </p>

        <script type="text/javascript">
            var leds=0;
            document.getElementById("leds").onclick = function() {leds_action()};
            function leds_action() {
                document.getElementById("leds").innerHTML = "<img src=bombilla-off.png
width=100>";
                $.ajax({
                    type: "POST",
                    url: "http://localhost:5000/leds-control",
                    async:false,
                });
                setTimeout(function() {
                    document.getElementById("leds").innerHTML = "<img src=bombilla.png
width=100>";
                }, 200);
            }
        </script>
    </td>
</tr>

</table>

</body>
</html>
```

4.2. Control de leds

A continuación, se indica el código del servidor de encendido de leds, accesible en el puerto 5000. Este incluye el código en Python 3 encargado de enviar la señal a la GPIO de la Raspberry Pi.

```
from flask import Flask
app = Flask(__name__)
```

```
@app.route("/leds-control",methods=['POST']) # consider to use more
elegant URL in your JS
def post_leds():
    print("Cambia la luz");

if __name__ == "__main__":
    # here is starting of the development HTTP server
    app.run()
```

4.3. Sensado de temperatura-humedad

El sensor DHT11 se programó escribiendo el código en dos lenguajes de programación: C++ y en Python. Ambos muestran por pantalla la temperatura y la humedad, sin embargo, se optó por usar el código obtenido mediante el programa Python debido a que este cuenta con una librería asociada con el sensor de temperatura usado, simplificando así la programación.

Los datos recogidos se almacenan en tres vectores: tiempo, temperatura y humedad. Ambos vectores tenían un tamaño de 20 valores, por ello, la actualización de un valor implica guardarlo en la última posición y borrar la primera de ellas.

Por errores desconocidos no siempre se podía recoger un valor, fue ese el motivo que impedía recoger valores cada periodo determinado, sin embargo, se actualiza la lista cada vez que el programa no da error. Con la finalidad de hacer la gráfica más real, se incluyó la librería TIME para hacer una diferencia de tiempos entre el ultimo valor tomado y el siguiente, para saber cuánto ha tardado en tomar dicha muestra.

El código del programa se muestra a continuación:

```
#!/usr/bin/python
import sys
import Adafruit_DHT

///definimos variables
t=0
tiempo=0
siguiente=0
anterior=0

///importamos librerías
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import time

///definimos los vectores que acumularán valores
listatiempo=[]
lista1=[]
```

```
lista2=[]

while True:
    inicio=time.time()
    humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(11, 4) ///leemos valores del sensor

    print('Temp: {0:0.1f} C Humidity: {1:0.1f} %'.format(temperature, humidity))
    fin=time.time()
    tiempo=fin-inicio ///calculamos el tiempo que tarda en tomar una nueva muestra
    siguiente=anterior+tiempo
    print("%.1f" %tiempo)
    print("%.1f" %siguiente)
    print(temperature)
    print(humidity) /// sacamos por pantalla los valores para comprobar que todo va bien
    listatiempo.append("%.1f" % siguiente)
    lista1.append(temperature)
    lista2.append(humidity)

/// creamos la gráfica
plt.grid(True)
plt.title(u'Evolucion de la temperatura y humedad')
plt.yticks(np.arange(0,101,10))
indice = np.arange(9) # Declara un array'''
plt.xticks(indice, (listatiempo[-9:len(listatiempo)]))
plt.plot(lista1[-9:len(lista1)],label='Temperatura')
plt.xlabel("t (seg)") # Inserta el título del eje X
'''plt.ion() '''
plt.plot(lista2[-9:len(lista2)],label='Humedad')
plt.legend()

plt.savefig('grafica.png') ///guardamos la imagen en formato png
plt.clf();

print(listatiempo[-9:len(listatiempo)])
print(lista1[-9:len(lista1)])
print(lista2[-9:len(lista2)])
anterior=siguiente ///actualizamos el tiempo de la muestra anterior
```

La interfaz web mostrará cíclicamente la imagen de la gráfica volcada para este programa con los valores actualizados para poder conocer en todo momento la temperatura y la humedad dentro de la carcasa. Un ejemplo de gráfica podría ser el siguiente:

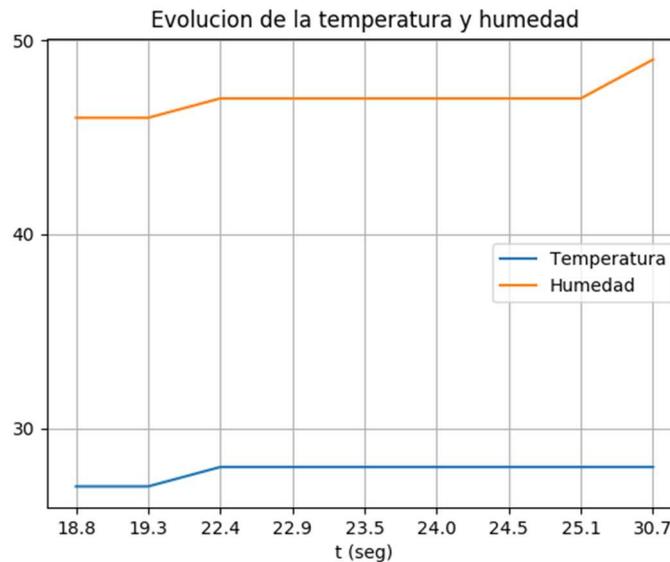


Ilustración 64. Evolución de la temperatura y humedad

4.4. Servidor de vídeo en Streaming

Para el servicio de video en Streaming se ha utilizado la aplicación *mjpg-streamer*, esta es un código libre (gratuito) que debe instalarse en la Raspberry para poder generar video en tiempo real. Se ha configurado para que se conecte a la cámara USB y genere un servicio web de Streaming al que se pueden conectar todos los dispositivos que estén conectados a la misma red.

Por otro lado, mediante este programa se puede configurar la calidad de imagen (resolución e imágenes por segundo).

Para más información se hace referencia en la bibliografía a la siguiente web en la que se pueden descargar todos los archivos necesarios para su instalación. (MJPEG-Streamer, s.f.)

4.5. Arranque automático

El arranque automático tiene la finalidad de poner en marcha todo lo que necesita la Raspberry Pi sin que el trabajador tenga que hacer nada. De esta manera, en cuanto se conecte el cable Ethernet a la Raspberry Pi y esta se encienda, se activará el programa de encendido de los leds, el de la gráfica de temperatura y humedad, y se habilitará la interfaz gráfica.

A continuación, se muestra el script del arranque automático, que previamente se ha tenido que añadir al fichero del sistema operativo Linux */etc/rc.local*. Los scripts añadidos en este fichero se arrancan automáticamente tras el inicio del sistema.

```
#!/bin/bash

RESOLUCION=1280x720

MJPEGHOME=/home/pi/mjpg-streamer-code-182/mjpg-streamer-experimental/
WWWHOME=$MJPEGHOME/www
LOGFILE=/tmp/$(basename $0 .sh).log

# kill all version
killall mjpg_streamer
killall /usr/bin/python
sleep 1

cd $WWWHOME

# leds server
/usr/bin/python leds-control-server.py &

# temp & hum server
/usr/bin/python estado.py

# image server
export LD_LIBRARY_PATH=$MJPEGHOME/
while ! $MJPEGHOME/mjpg_streamer -o "output_http.so -w $WWWHOME -p 8000" -i "input_uvc.so -r $RESOLUCION"; do echo "Reintentando .."; done
```

5. Comercialización

El proyecto está pensado para poderse comercializar, por ello se han considerado los siguientes aspectos:

- Marca y logo
- Manual de instrucciones
- Código QR
- Embalaje

5.1. Marca y logo

El nombre del producto es PI-INSPECTION (π), donde PI hace referencia a la utilización de la Raspberry Pi, e INSPECTION a la función que va a desarrollar.

Por otro lado, el logo del producto es la letra griega π situada en el interior de una circunferencia, simulando una tubería. El resultado es el siguiente: π

El resultado que se muestra a continuación, también se puede apreciar en la tapa y en embalaje del producto:

PI-INSPECTION π

Ilustración 65. Marca y logo

5.2. Manual de instrucciones

Para facilitar el montaje al trabajador se han redactado las siguientes pautas para la puesta en marcha del sistema:

5.2.1. Encendido del sistema

1. Conectar los cables tal y como muestra la siguiente imagen:



Ilustración 66. Ejemplo de montaje

2. Conectar la fuente de alimentación a la red eléctrica o a una batería.
3. Conectar el cable Ethernet a la carcasa
4. Ajustar el rodamiento de la carcasa al cable rigidizador.

Si todo ha ido bien, la corona de leds se habrá iluminado.

5. Conectarse al router:
 - a. Nombre: PI-INSPECTION
 - b. Contraseña: INSPECTION
6. Dar un margen de tiempo razonable (1 minuto) para que la Raspberry Pi se encienda y ejecute los programas.
7. Conectarnos al siguiente enlace: <http://192.168.0.101:8000/camera-control3.html>

5.2.2. Cambio de ruedas

1. Desatornillar las ruedas y las llantas que se dispongan en este momento en los acoples.
2. Poner en su lugar las nuevas ruedas.
3. Acoplar las llantas correspondientes a las ruedas.

5.3. Código QR

Para evitar al trabajador escribir la URL cada vez que se requiera, se ha generado un código QR que redirecciona automáticamente a dicha página.



Ilustración 67. Código QR

5.4. Embalaje

El embalaje consiste en una caja que tiene en el interior diferentes huecos a medida para los distintos elementos. Tiene el siguiente aspecto:



Ilustración 68. Caja

El material de la caja es poliespán expandido y los separadores son de cartón pluma. Además, está recubierto con adhesivo de tela. Por otro lado, la tapa es de metacrilato.

Se ha considerado la profundidad de los diferentes elementos y es por ello por lo que cada compartimento se ha diseñado con la altura apropiada gracias a bases de poliespán. El resultado se muestra a continuación:



Ilustración 69. Caja con elementos

6. Conclusiones

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha realizado el diseño y construcción de un sistema de inspección para facilitar las tareas de análisis en el interior de las tuberías de aguas residuales con el objetivo de detectar fallos en el funcionamiento causados por grietas, roturas, daños, etc.

Cabe recordar que el origen del proyecto surge de la necesidad de las empresas, cuyo ámbito laboral se centra en la rehabilitación y mantenimiento de edificios, de poder dar un mejor servicio al cliente en cuanto a la detección de goteras y pérdidas de agua en los colectores de aguas residuales de los edificios. Estos sistemas ya se encuentran disponibles en el mercado, pero debido a su alto coste, pocas empresas pueden permitirse adquirirlos.

En este apartado se va a redactar las conclusiones una vez realizado el trabajo. Para ello se analizan los objetivos iniciales y se comprueba si se han cumplido:

- Diseñar un sistema a nivel mecánico y electrónico, que permita al usuario ver en su dispositivo móvil el vídeo que el instrumento está grabando dentro de la tubería a tiempo real.
- Proponer medidas de mejora a las alternativas que figuran actualmente en el mercado. Dichas medidas se centran en el punto de vista económico, prevaleciendo siempre la funcionalidad.
- Plantear un estudio para su posible venta y comercialización.

En el presente trabajo se ha diseñado y construido un sistema de inspección, llamado PI-INSPECTION, que permite recorrer el interior de los colectores de aguas residuales y observar su interior para ayudar en la detección de grietas, roturas, etc. El dispositivo consta de una cámara que, con su gran angular y alta definición, 1080p, permite observar con todo detalle cualquier tipo de imperfección, y una corona de leds que permite iluminar la tubería.

El sistema de inspección consta en su interior de una Raspberry Pi, un ordenador de dimensiones reducidas que se encarga de enviar los datos captados por la cámara y transmitirlos vía Ethernet hasta hacerlos llegar al router. El router crea una red local, a la que puede acceder el usuario mediante su dispositivo móvil, conectándose a una interfaz web en la que podrá observar la información enviada por la cámara, así como regular la intensidad de los leds. También consta de una gráfica que relaciona temperatura y humedad con el tiempo.

En el mercado actual existen soluciones que facilitan la inspección de tuberías, pero los precios de estos equipos son muy altos, llegando a alcanzar los 60.000 €.

Para el presente trabajo se realizó un estudio de mercado, se analizaron y compararon diferentes modelos, destacando sus virtudes y defectos. Del análisis realizado se extrajeron dos conclusiones, la primera define todas aquellas características que debían constar en “PI-INSPECTION”

para poder realizar su función con satisfacción, mientras que la segunda definía los parámetros necesarios para tener acogida en el mercado y poder ser un producto competitivo:

Primera conclusión:

Para poder realizar su función de forma correcta y que el usuario esté satisfecho con el producto adquirido, ha de cumplir con las siguientes características:

- Alta resolución de la cámara.
- Buena iluminación.
- Alto grado de estanqueidad para evitar la introducción de humedad.
- Versatilidad de manejo.

Segunda conclusión:

Por otro lado, se pensó en ofrecer un producto funcional, pero reduciendo su precio tanto como fuese posible, por ello:

- Precio asequible.
- Buena funcionalidad y manejo.

Como se ha comentado previamente, PI-INSPECTION es un producto que puede resultar atractivo para las empresas que se dedican al sector de la restauración, ya que ayuda a la inspección, a la vez que se ofrece a un precio asequible. Estas características hacen que la venta y comercialización del producto sea factible.

Por tanto, se puede concluir que se han alcanzado los objetivos marcados al inicio de la memoria.

A nivel personal, me gustaría hacer constancia de lo agradecida que estoy de haber podido tener la oportunidad de trabajar en un proyecto de esta envergadura. He aprendido a desenvolverme en Inventor con el diseño de piezas, en entorno Linux con la Raspberry Pi, en la interfaz web con HTML, en AutoCAD con los planos, etc.

Por otro lado, me siento orgullosa de haber conseguido diseñar y fabricar un producto competitivo en el mercado del sector de la restauración. Además, he podido realizar un TFG de la especialidad que me gusta y aquel que escogeré en el master: Robótica.

7. Desarrollos futuros

El tiempo que ofrece un TFG no ha sido suficiente como para profundizar en todos los aspectos del sistema. Por ello se ofrecen algunas mejoras que se podrían implementar en un futuro:

- Estanqueidad
Se pueden diseñar juntas estancas en la carcasa para evitar en su totalidad la posible entrada de humedad.
- Raspberry Pi
Posibilidad de adquirir un modelo de menor dimensión, respetando que disponga de conexión USB y Ethernet.
- Carcasa
Diseño de una carcasa de sección circular.
- Impresión 3D
Utilización de materiales como Z-ASA-PRO o Z-ULTRAT, ya que soportan mejor la humedad.

No se descarta la posibilidad de implementar las anteriores mejoras en un futuro Trabajo Final de Máster.

8. Bibliografía

- Debian. (s.f.). *Linux tutorials*. Obtenido de <https://www.debian.org/doc/manuals/debian-reference/ch01.en.html>
- *Inspecciones técnicas*. (s.f.). Obtenido de <http://www.inspeccionestecnicas.es/index.php>
- Lion Castañón, G. (2014). *Montaje de redes de saneamiento*. Paraninfo.
- Michael Moore, D. (2013). *Instant Slic3r*.
- MJPG-Streamer. (s.f.). *MJPG-Streamer*. Obtenido de <https://github.com/jacksonliam/mjpg-streamer/tree/master/mjpg-streamer-experimental>
- Panatec-Agua. (s.f.). *Panatec-Agua*. Obtenido de <http://www.panatec-agua.com/>
- Prusa3D. (2017). *Manual PRUSA Research*. Obtenido de http://manual.prusa3d.com/c/Spanish_manuals
- RaspberryPi. (2018). *Documentation Raspberyy Pi*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/documentation/>
- Rebollo Gallego, J. M. (s.f.). *Replanteo de redes de distribución de agua y saneamiento*.
- W3Schools. (s.f.). *W3Schools HTML Tutorials*. Obtenido de <https://www.w3schools.com/html/>
- W3Schools. (s.f.). *W3Schools Java Script Tutorials*. Obtenido de <https://www.w3schools.com/js/>



DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

ÍNDICE DE PRESUPUESTO

1. Introducción	1
2. Mediciones	1
3. Precio y rendimientos	2
3.1. Mano de obra	2
3.2. Materiales necesarios	3
3.3. Resumen del presupuesto.....	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Mediciones del tiempo empleado por el ingeniero en prácticas	2
Tabla 2. Mediciones del tiempo empleado por el tutor de la UPV	2
Tabla 3. Salario bruto mensual Ingeniero	3
Tabla 4. Costes fijos de materiales para fabricación	4
Tabla 5. Inversión para fabricación	5
Tabla 6. Cuadro de mediciones	5
Tabla 7. Presupuesto base de licitación	6

1. Introducción

En el presente documento se reflejan los costes derivados de la ejecución del proyecto.

En primer lugar, se indicará la medición de las horas empleadas de mano de obra para la elaboración del proyecto, tanto en la construcción, como en la redacción del documento.

A posteriori, se documentarán los detalles del coste de todos los elementos necesarios para el diseño y construcción del prototipo de cámara de inspección y robot móvil. Además, se incluirán los costes de la mano de obra medida anteriormente.

Como conclusión se resumirá el presupuesto, incluyendo todos los costes derivados del mismo.

2. Mediciones

Para calcular el coste de mano de obra es necesario obtener las mediciones de las horas utilizadas por parte de cada personal.

Entre estas diferenciaremos horas de reuniones y planificación del proyecto, horas de selección y compra de material, horas de diseño de piezas, horas de elaboración de planos, horas de fabricación de piezas, montaje, cableado, y elaboración del documento.

Se han considerado los siguientes trabajadores para el desarrollo del proyecto:

- **Ingeniero en prácticas:** Alumno encargado de la realización del proyecto, de la programación, del cableado y del diseño de piezas y elaboración de los planos correspondientes.
- **Ingeniero responsable:** Tutor en la universidad UPV.

Ingeniero en prácticas	Horas dedicadas (h)
Reuniones y planificación	30
Selección y compra de material	30
Diseño de elementos	100
Elaboración de planos	30
Fabricación de piezas	35
Montaje	70
Cableado	25
Programación	60
Elaboración del documento	70
Total	450 horas

Tabla 1. Mediciones del tiempo empleado por el ingeniero en prácticas

Ingeniero responsable	Horas dedicadas (h)
Reuniones y planificación	20
Total	20 horas

Tabla 2. Mediciones del tiempo empleado por el tutor de la UPV

3. Precio y rendimientos

3.1. Mano de obra

Para el cálculo de los rendimientos de las horas empleadas, se partirá del salario del ingeniero responsable, incluyendo retenciones como pagos a la seguridad social, desempleo, etc.

El salario mensual del ingeniero se establecerá en 2500 €, quedando el de ingeniero en prácticas en un 50% del anterior, lo que corresponde a 1250 €/mes.

Salario bruto mensual	2500.00 €
Pagas de salario (12)	30000.00 €
Pagas extra (2)	5000.00 €
Seguridad Social (20%)	6000.00 €
	41000.00 €
Seguridad Social (20%)	8200.00 €
Desempleo (7%)	2870.00 €
Fondo de garantía salarial (0,2%)	82.00 €
Total	52152.00 €

Tabla 3. Salario bruto mensual Ingeniero

A continuación, se calcula el salario equivalente de una hora del ingeniero responsable, considerándose para ello un calendario anual de 52 semanas, con 5 días laborables a la semana, y una jornada laboral completa (8 horas al día). Con ello, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{52152,00 \text{ €}}{52 \cdot 5 \cdot 8} = 25,07 \text{ €/hora}$$

Por ello, el salario del ingeniero en prácticas será el siguiente:

$$25,07 \text{ €} \cdot 0,50 = 12,54 \text{ €/hora}$$

3.2. Materiales necesarios

Se ha decidido clasificar los materiales comprados en dos tipos: coste o inversión; en primer lugar, se ha calculado el coste material que conllevaría fabricar un sistema de inspección (coste) y, por otro lado, las herramientas necesarias para poder crearlo, pero que se pueden reutilizar en la fabricación de otro proyecto (inversión).

	COSTE	UNIDADES	TOTAL
Raspberry PI 3, modelo B 1 GB	47,80 €	1	47,80 €
MicroSD 16 GB clase C	9,92 €	1	9,92 €
Lente de camba USB alta definición	49,00 €	1	49,00 €
Router	29,50 €	1	29,50 €
BW 1 a 4 vías CC Splitter	6,31 €	1	6,31 €
Set cable adaptador Passive Power	7,40 €	1	7,40 €
Disipador calor Raspberry Pi	4,99 €	1	4,99 €
Corona leds iluminación	15,99 €	1	15,99 €
Cable H-H/H-M/M-M	7,99 €	1	7,99 €
PHR4 conector J8.5 hembra 2mm	0,04 €	1	0,04 €
BPH002TP05S terminal K3.6	0,04 €	4	0,15 €
Conector USB-A macho soldar	1,39 €	2	2,78 €
Conector micro USB-A macho soldar	1,33 €	1	1,33 €
Separador de plástico 5 mm	0,06 €	1	0,06 €
Fuente de alimentación	13,08 €	1	13,08 €
Bolsa tornillos y tuercas	2,54 €	1	2,54 €
Convertidor DC-DC	5,32 €	1	5,32 €
Filtro protector	18,90 €	1	18,90 €
Bobina PLA 1.75 mm	21,00 €	1	21,00 €
Batería de GEL 12V 7,2Ah	18,90 €	1	18,90 €
Cargador automático de batería	14,90 €	1	14,90 €
Convertidor DC-DC de 12 V a 9 V	3,14 €	1	3,14 €
Recoge cables	9,95 €	1	9,95 €
Protector helicoidal	12,00 €	2	24,00 €
		TOTAL	314,99 €

Tabla 4. Costes fijos de materiales para fabricación

	COSTE	UNIDADES	TOTAL
Alimentación Raspberry PI 2.5 mA	12,83 €	1	12,83 €
Cable ethernet Cat 6, 1 m	1,74 €	1	1,74 €
Caja Raspberry PI	12,22 €	1	12,22 €
Cable HDMI-HDMI 1.8 m	3,24 €	1	3,24 €
Destornillador	1,80 €	1	1,80 €
Soldador	10,95 €	1	10,95 €
Stanley FMHT0-96230	18,00 €	1	18,00 €
Tester digital	9,66 €	1	9,66 €
Impresora 3D Prusa i3 MK2S	739,00 €	1	739,00 €
Teclado +Ratón USB cable	8,91 €	1	8,91 €
	TOTAL		818,34 €

Tabla 5. Inversión para fabricación

3.3. Resumen del presupuesto

A continuación, se presenta el cuadro de mediciones:

Elemento	Descripción	Valoración	Medición	Coste
Ingeniero tutor	Coste del tutor de la universidad	25,07 €/hora	20 horas	501,40 €
Ingeniero en prácticas	Coste del ingeniero en prácticas encargado de desarrollar el proyecto	12,54 €/hora	450 horas	5.643,00 €
Materiales	Materiales empleados en la fabricación del sistema de inspección	314,99 €	1 Ud.	314,99 €
Inversión inicial	Materiales y herramientas utilizadas en la fabricación del sistema de inspección	818,34 €	1 Ud.	818,34 €

Total Presupuesto 7.277,73 €

Tabla 6. Cuadro de mediciones

Por último, se detalla el presupuesto base de licitación:

Presupuesto de ejecución material	7.277,73 €
Gastos generales (12%)	873,32 €
Beneficio industrial (6%)	436,66 €
Presupuesto de inversión	8.587,71 €
IVA (21%)	1.803,41 €
Presupuesto base de licitación	10.391,12 €

Tabla 7. Presupuesto base de licitación

El coste de proyecto asciende a un total de:

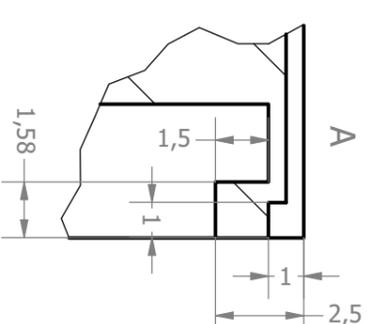
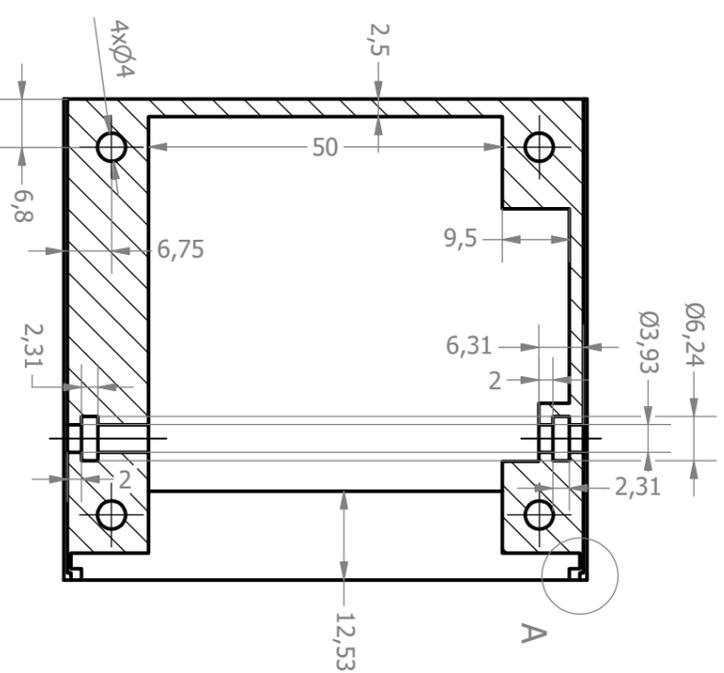
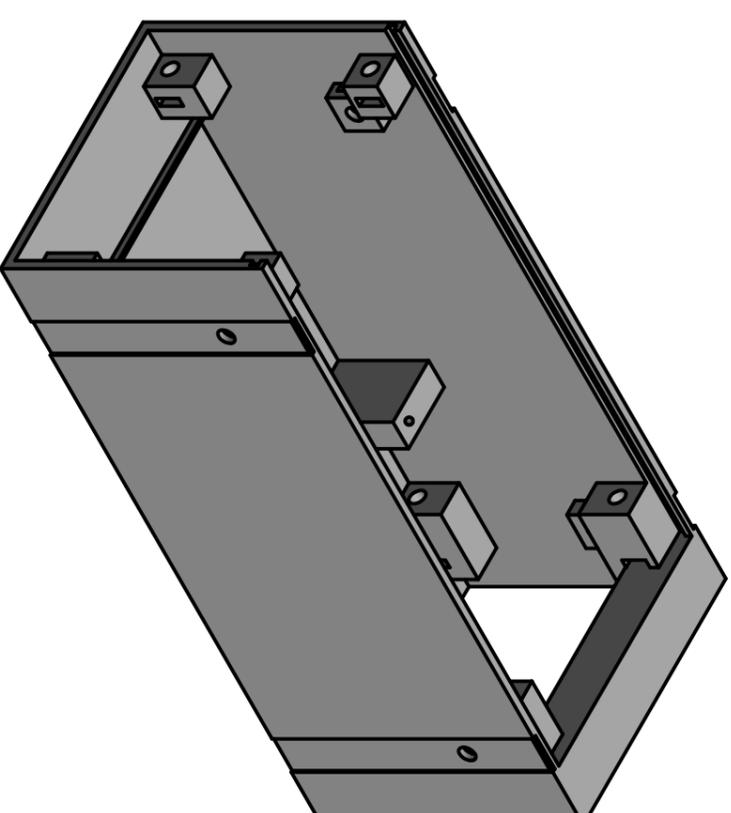
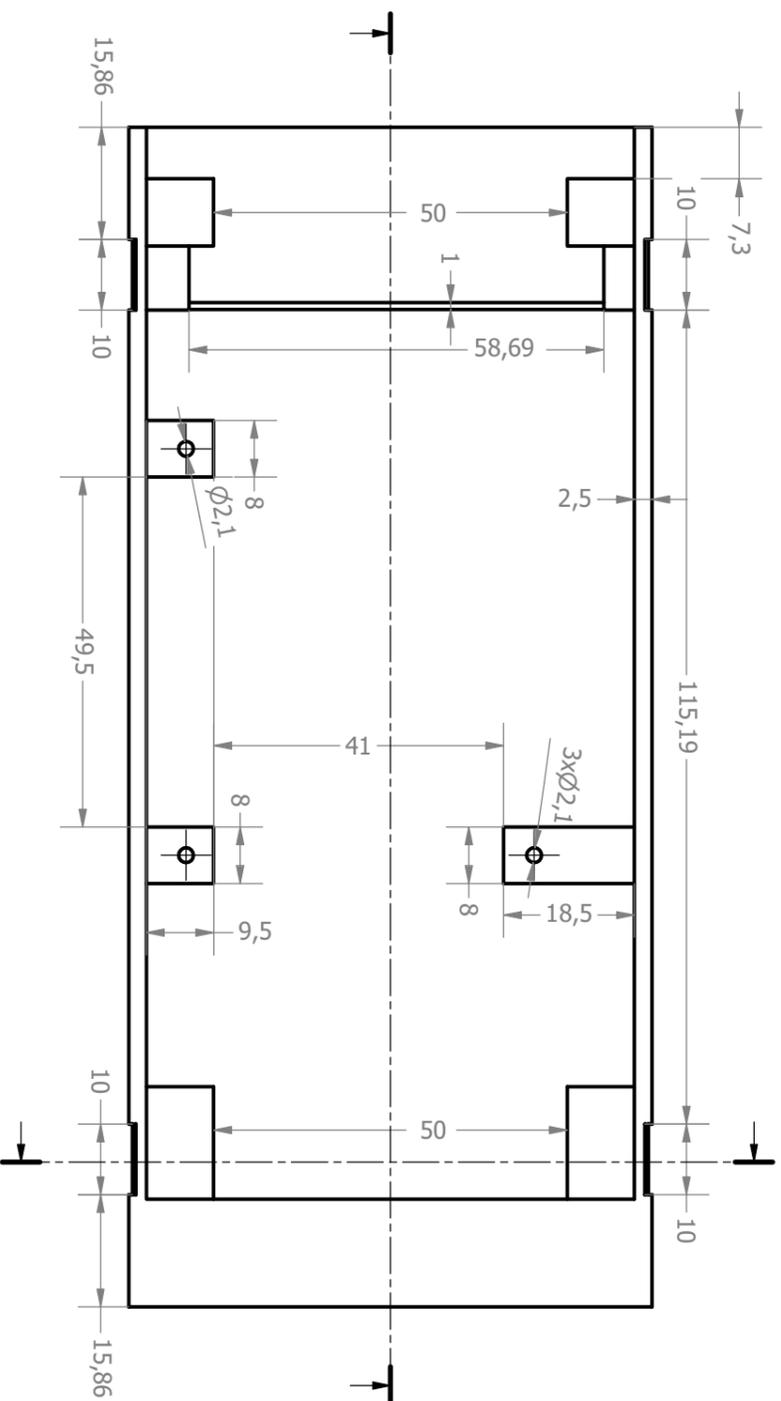
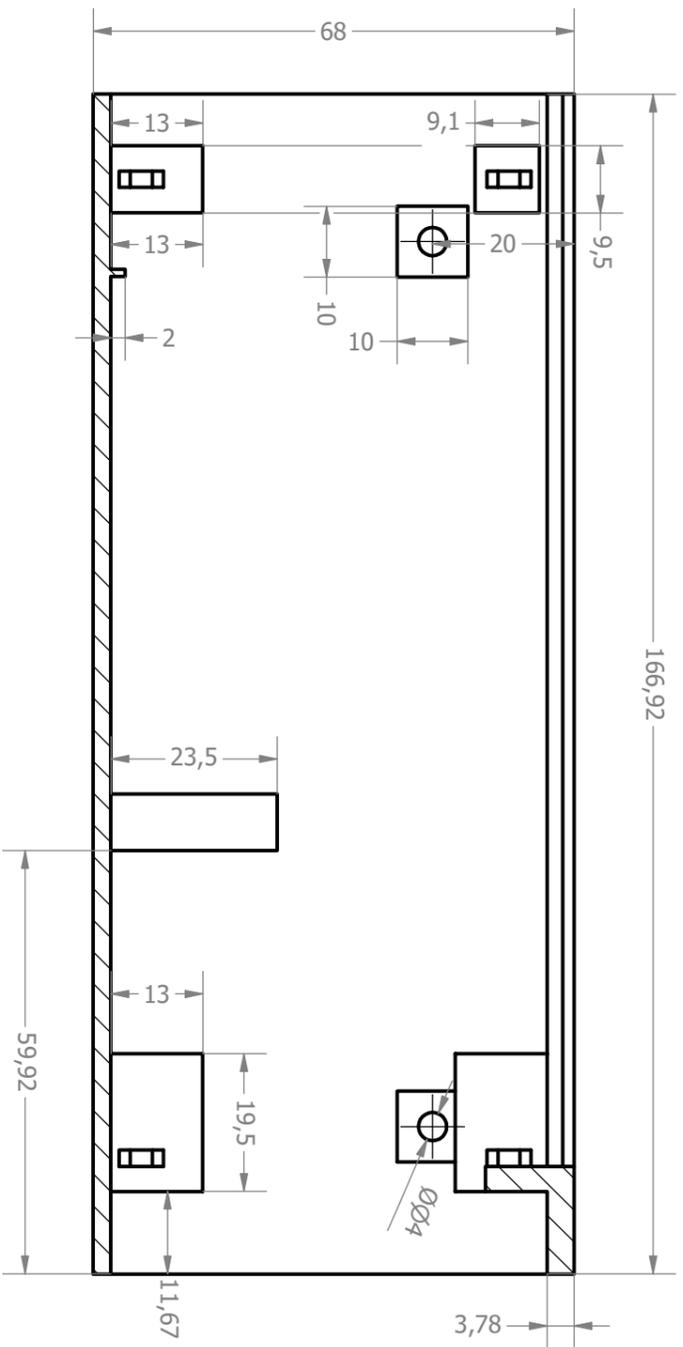
DIEZ MIL TRES CIENTOS NOVENTA Y UN EUROS CON DOCE CÉNTIMOS DE EURO.

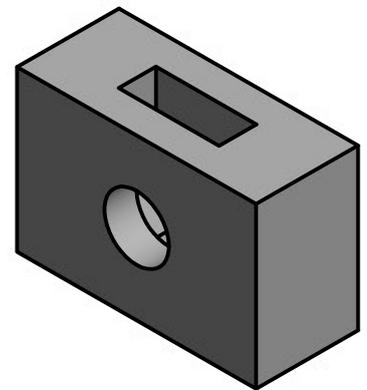
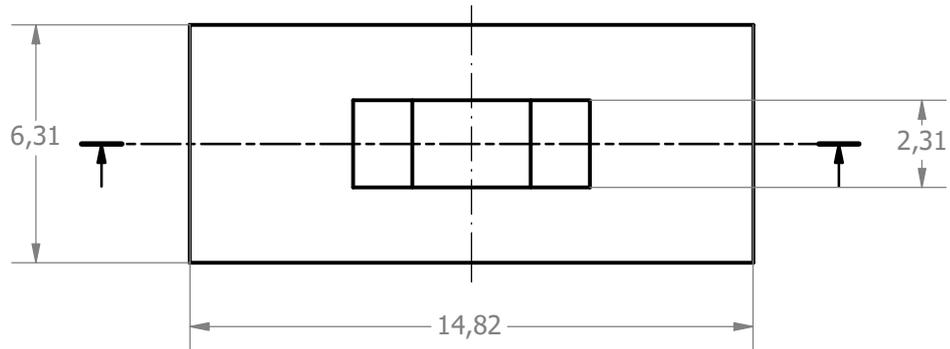
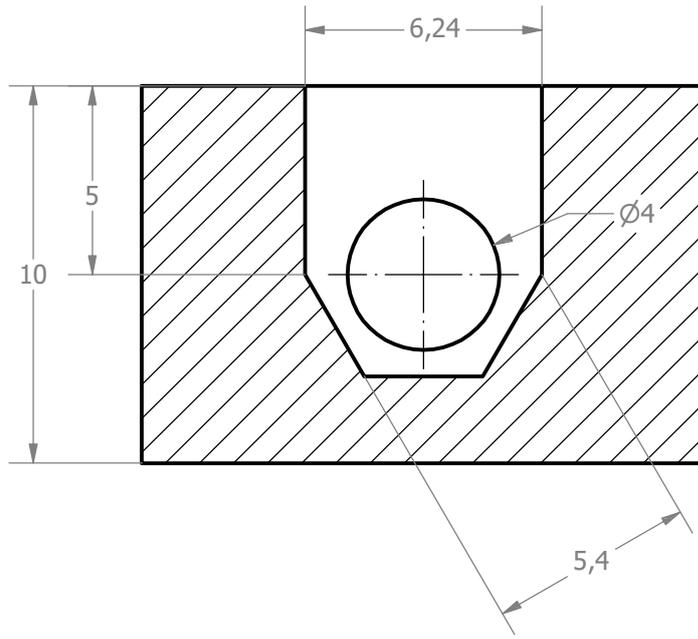


DOCUMENTO III: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1. Carcasa.....	1
2. Detalle rosca M3.....	2
3. Parte trasera.....	3
4. Tapa	4
5. Acople ruedas.....	5
6. Rueda pequeña.....	6
7. Rueda grande	7
8. Llanta rueda pequeña	8
9. Llanta rueda grande	9
10. Sujeción cámara.....	10
11. Unión de leds y lente inicial.....	11
12. Unión de leds y lente definitiva	12
13. Acople filtro protector.....	13
14. Fijación trasera	14





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Detalle rosca M3

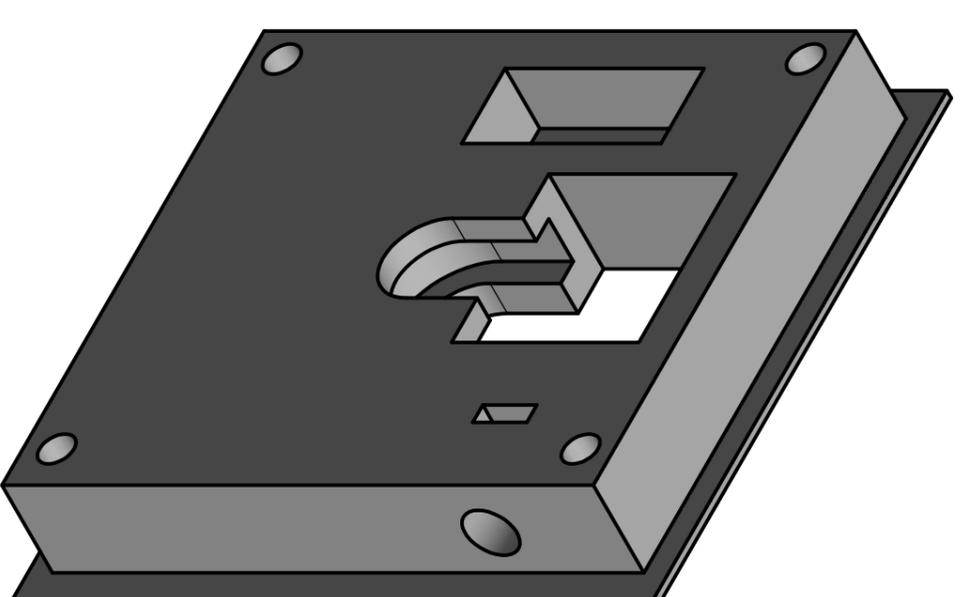
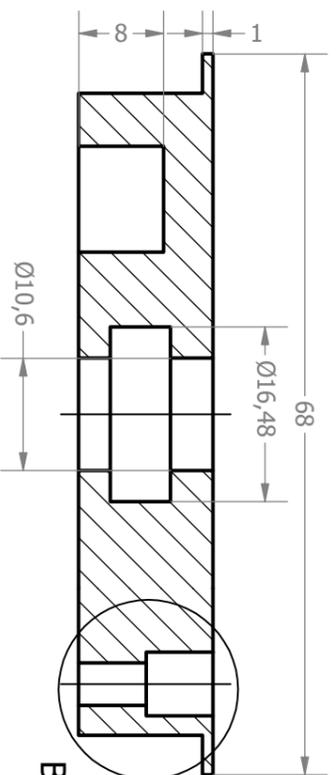
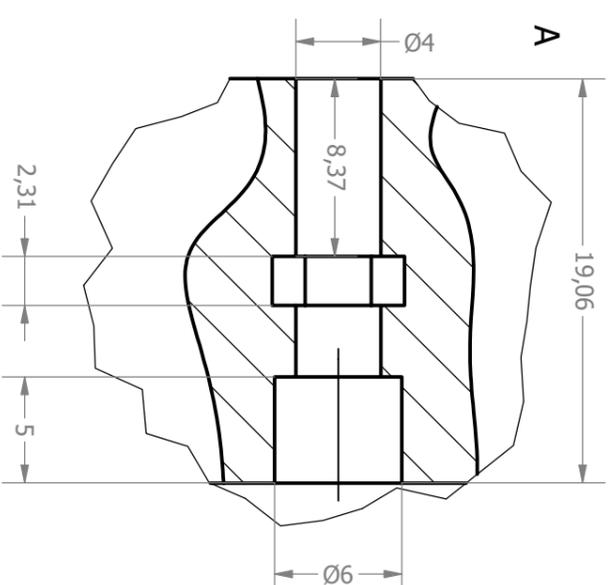
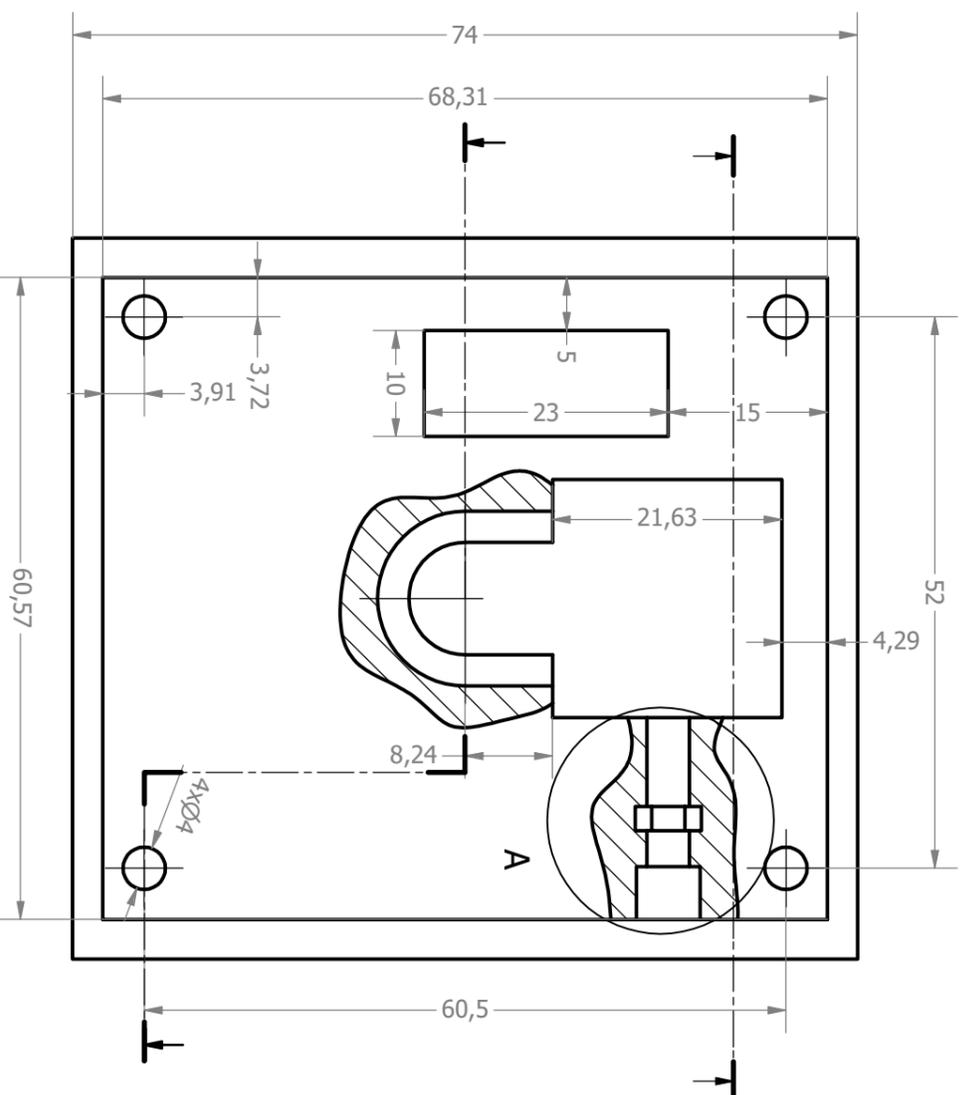
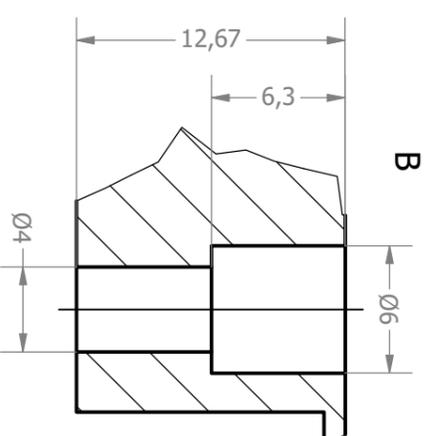
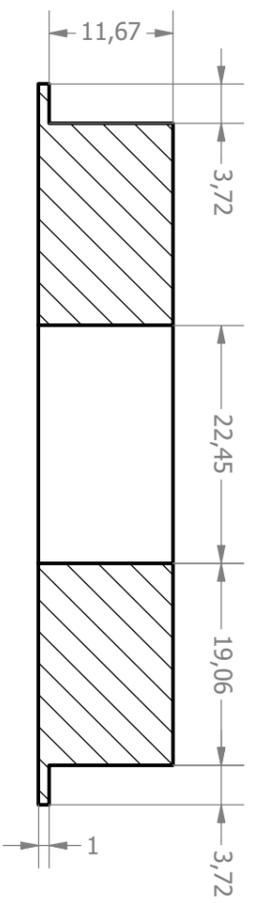
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

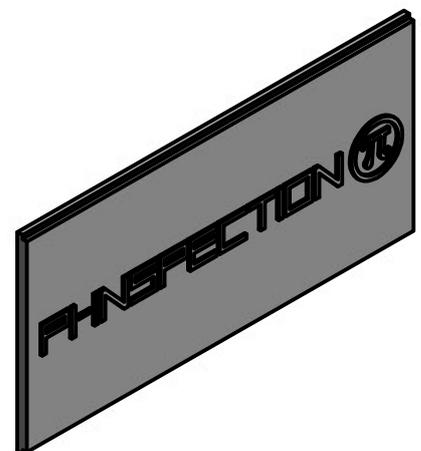
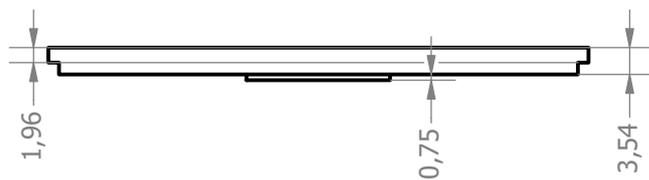
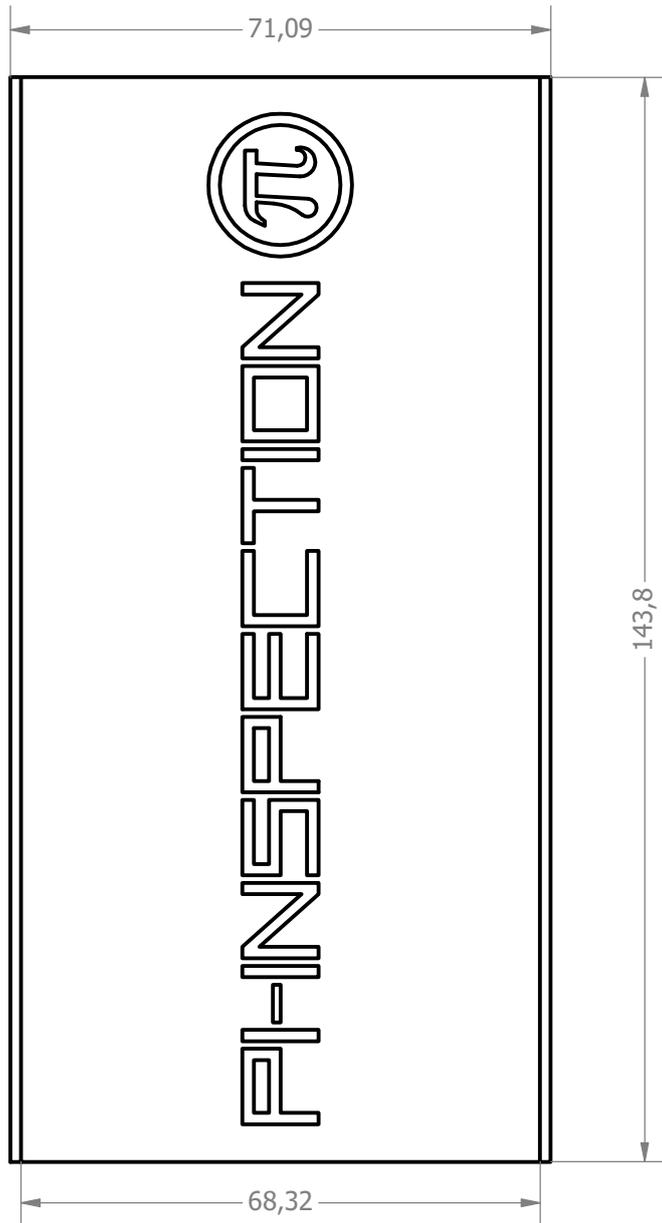
Fecha:
Abril 2017

Escala:
5:1

Nº Plano:

2





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Tapa

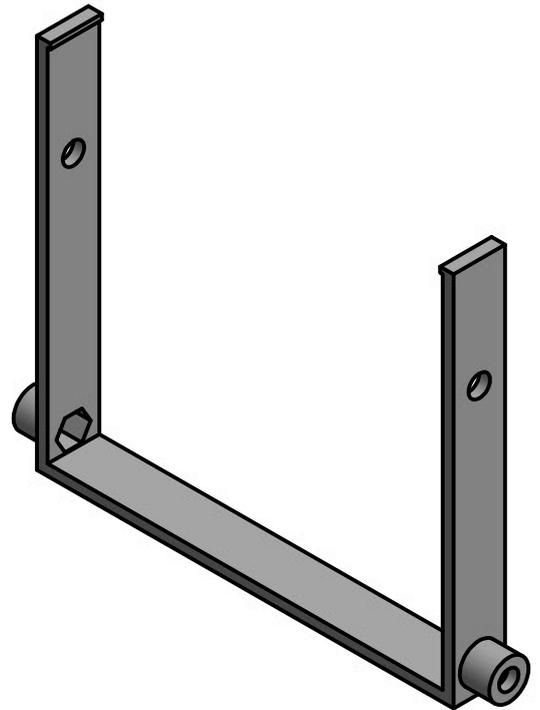
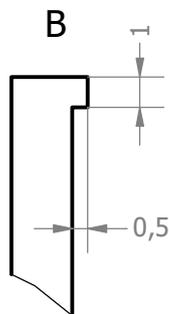
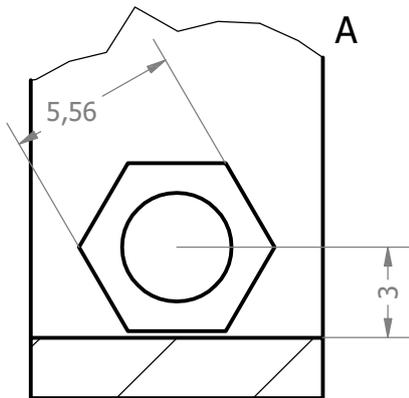
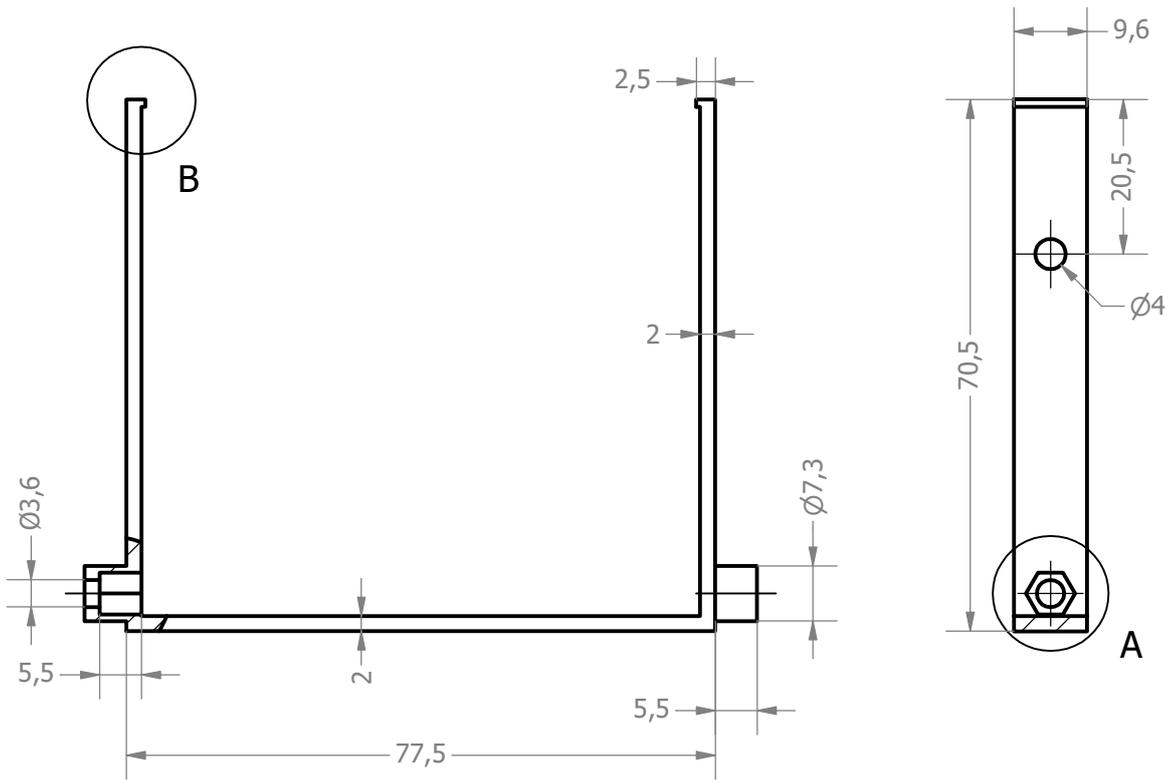
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Mayo 2017

Escala:
1:1

Nº Plano:

4



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Acople ruedas

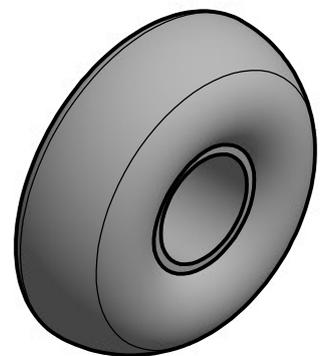
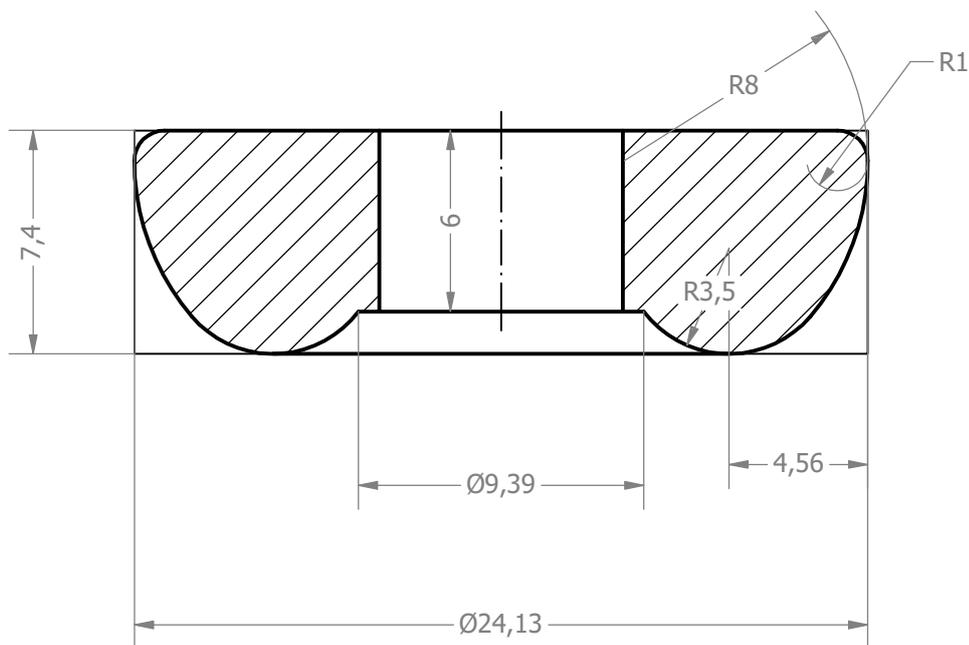
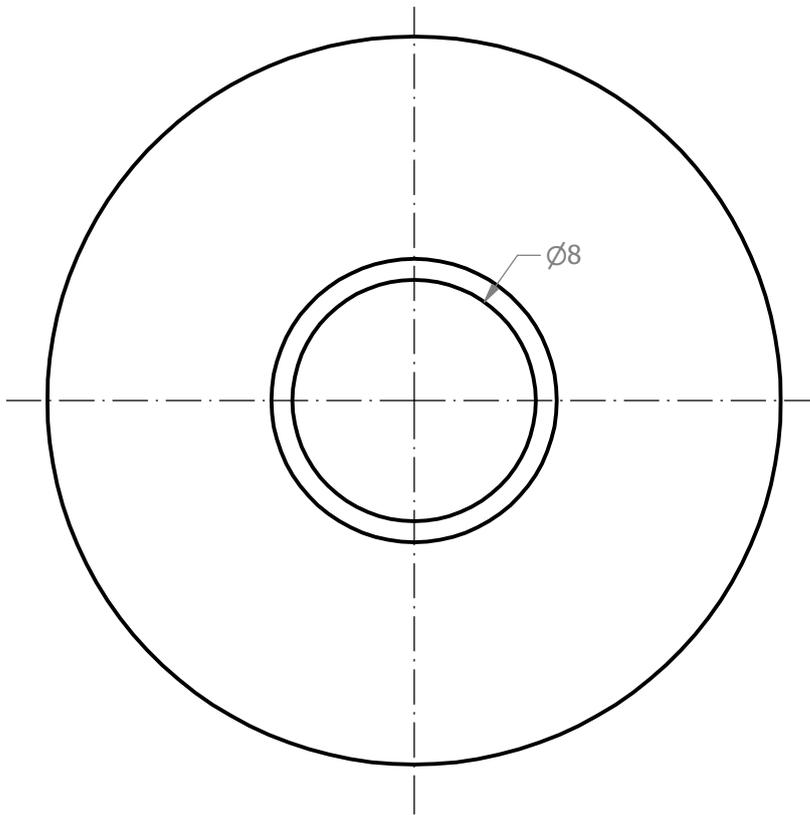
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Junio 2017

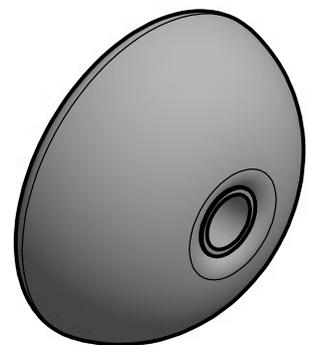
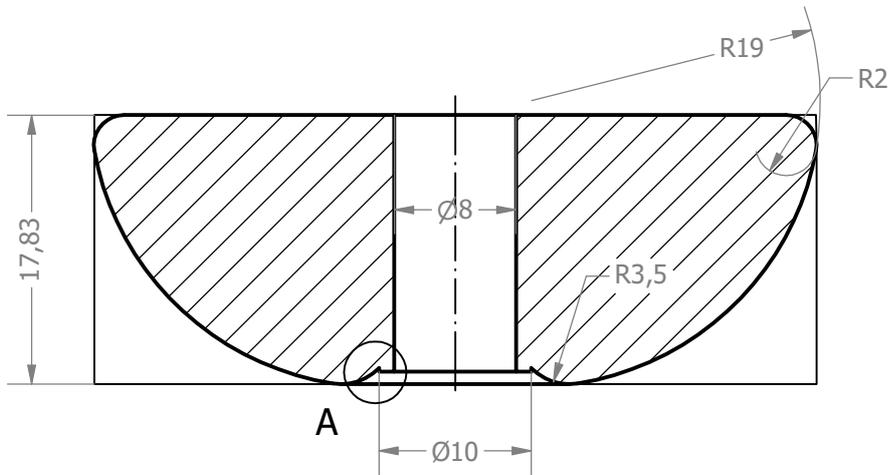
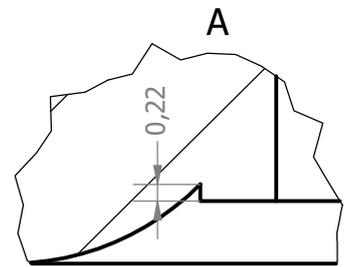
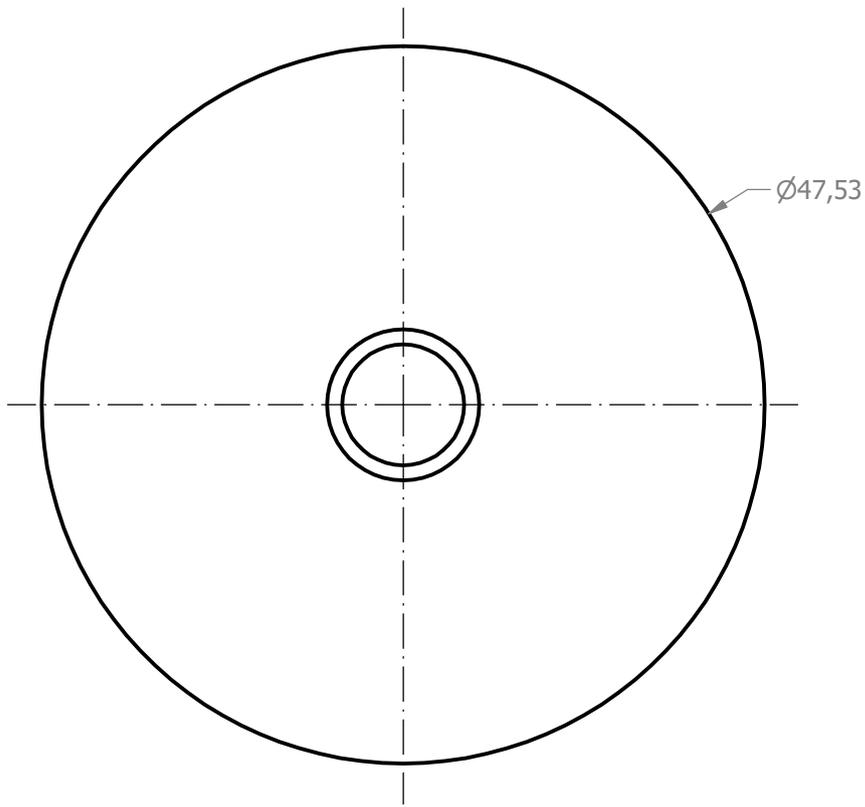
Escala:
1:1

Nº Plano:

5



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALÈNCIA	DISEÑO DE UN SISTEMA DE INSPECCIÓN DE TUBERÍAS MEDIANTE CÁMARA Y ROBOT MÓVIL	Plano:	Fecha:	Nº Plano: 6
		Rueda pequeña	Junio 2017	
		Autor:	Escala:	
		Arantxa Juárez Pérez	4:1	



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALÈNCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Rueda grande

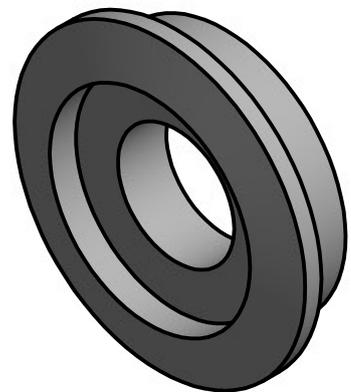
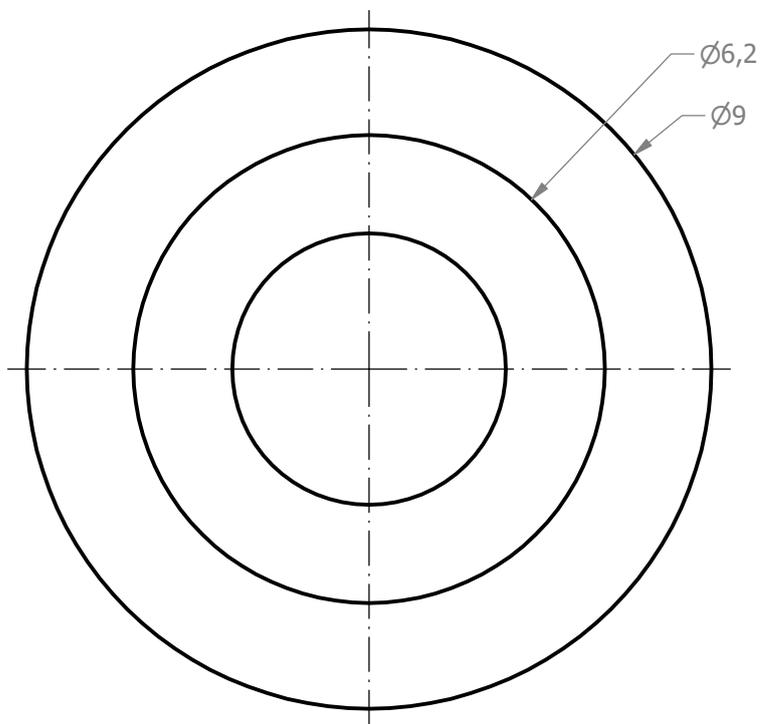
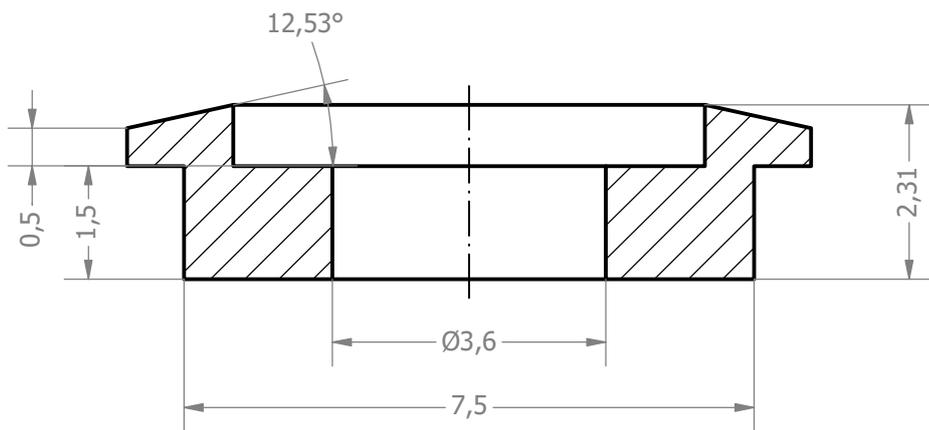
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Junio 2017

Escala:
2:1

Nº Plano:

7



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

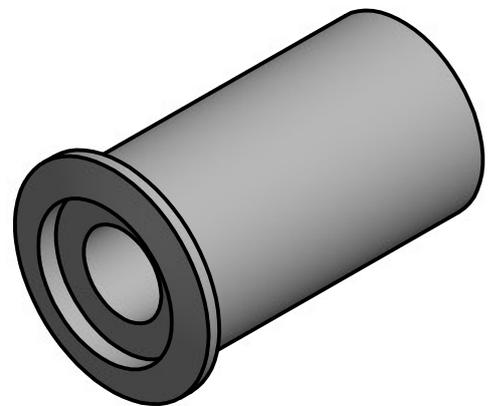
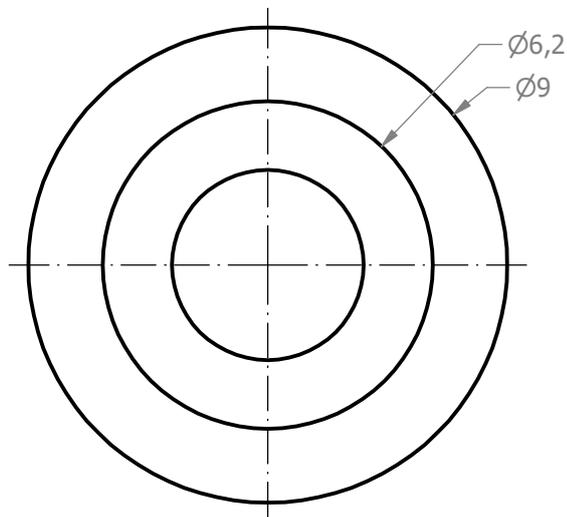
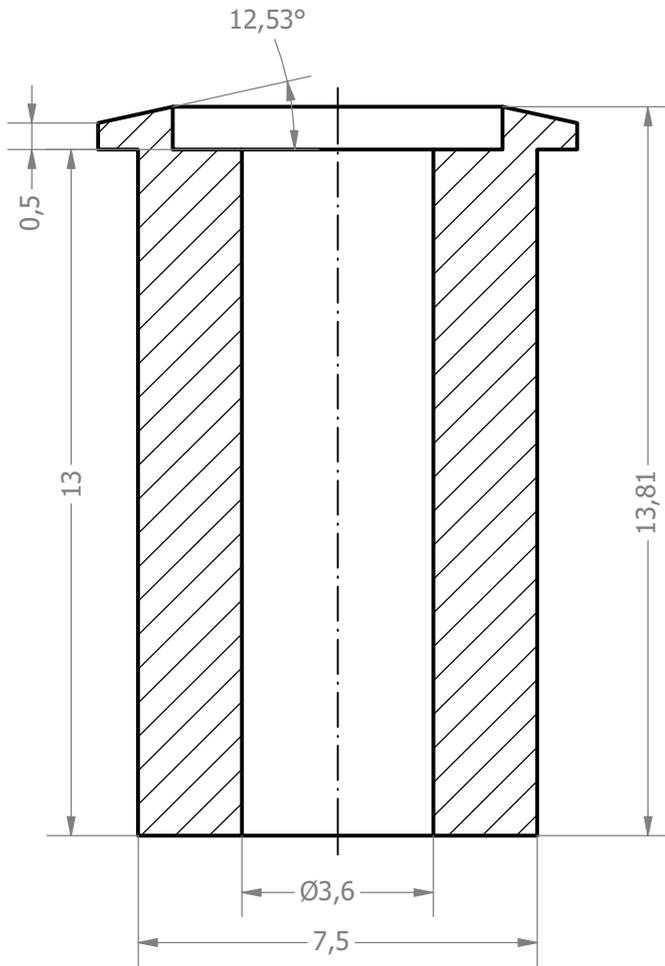
DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Llanta rueda pequeña
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Junio 2017
Escala:
10:1

Nº Plano:

8



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Llanta rueda grande

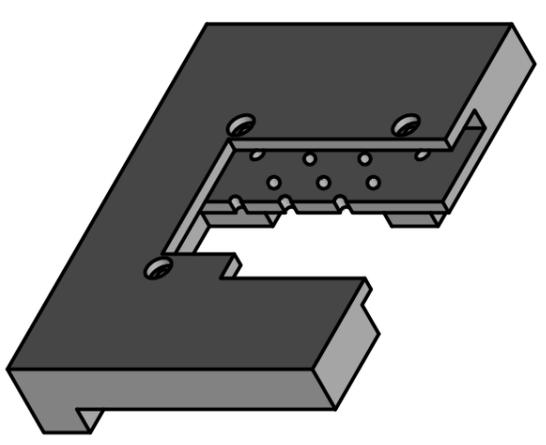
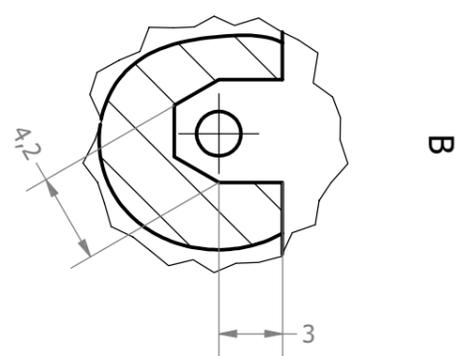
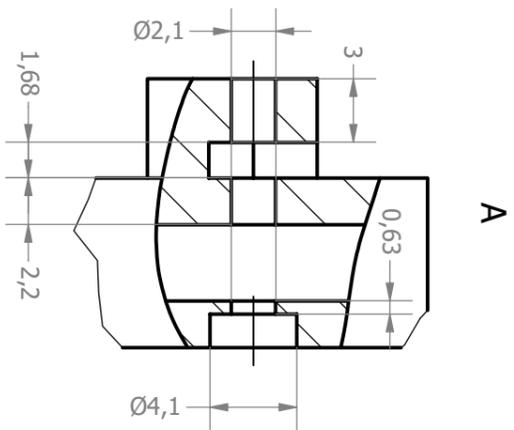
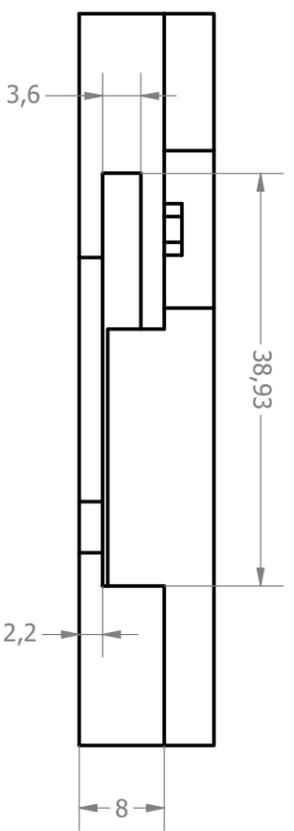
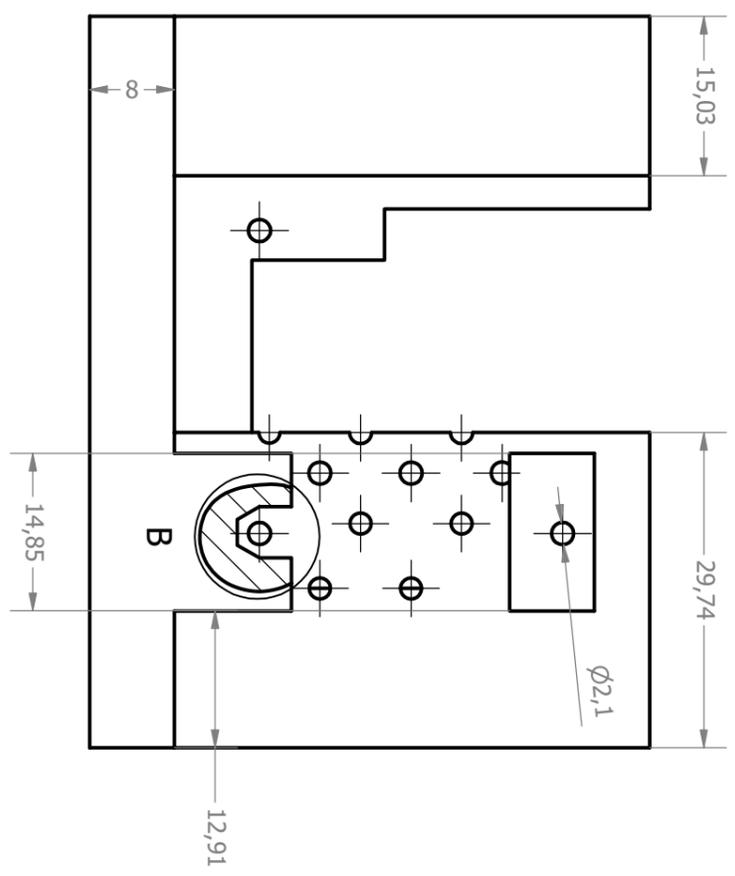
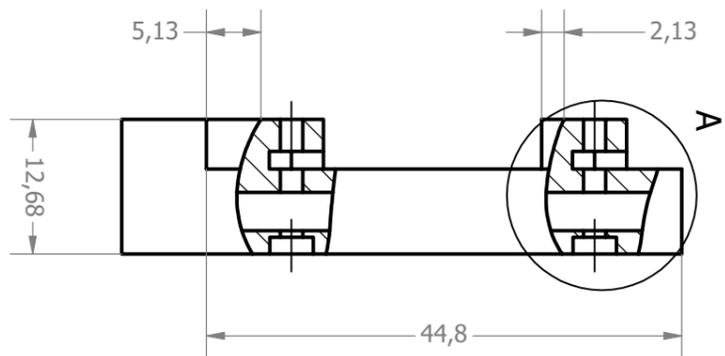
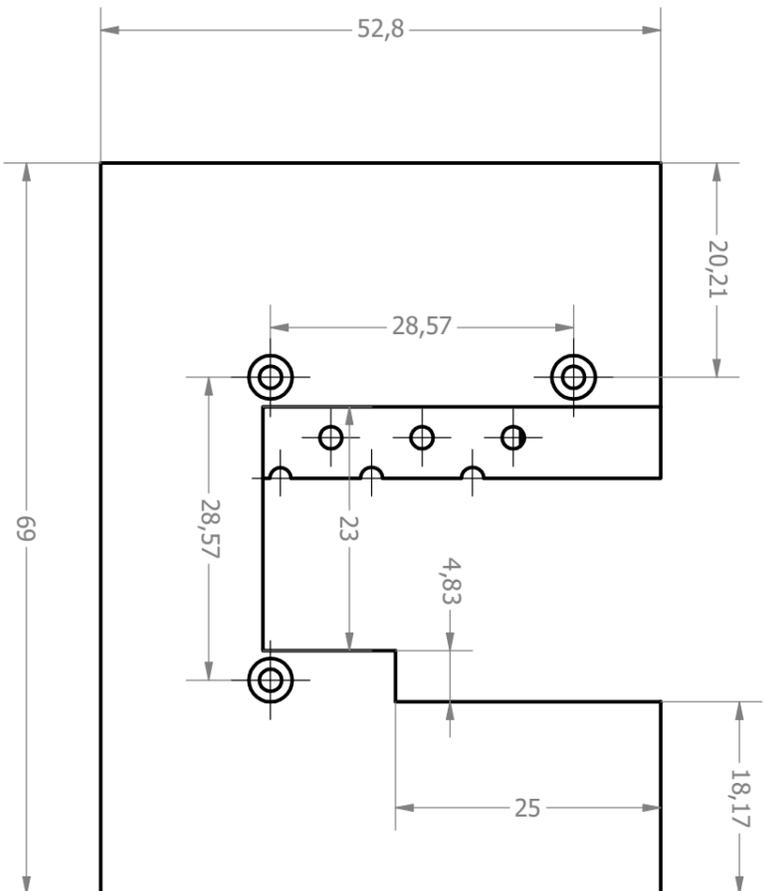
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

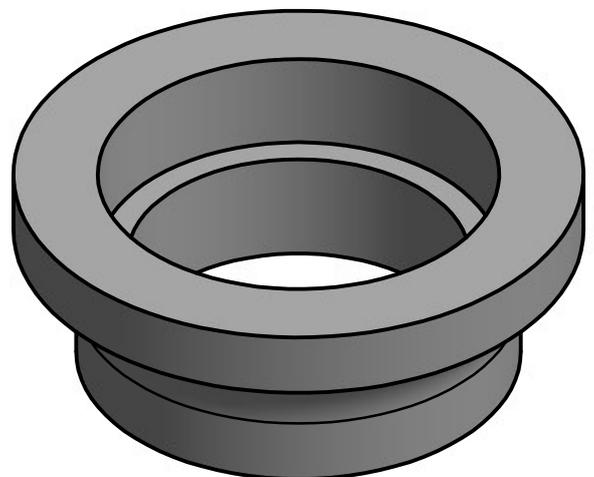
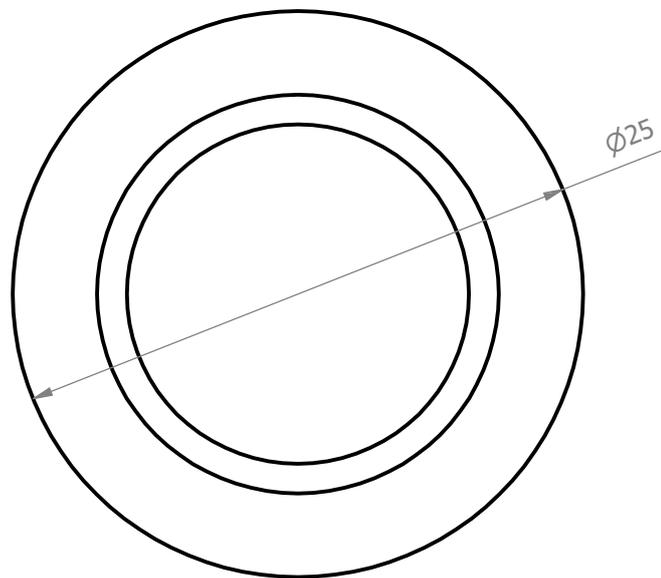
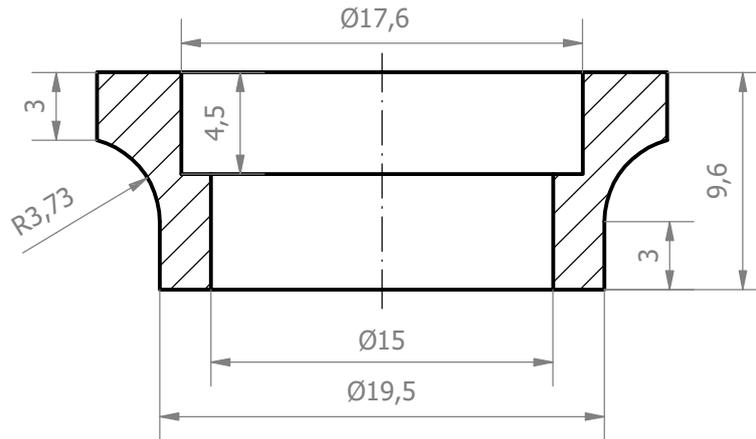
Fecha:
Junio 2017

Escala:
7:1

Nº Plano:

9





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano: Unión de leds
y lente inicial

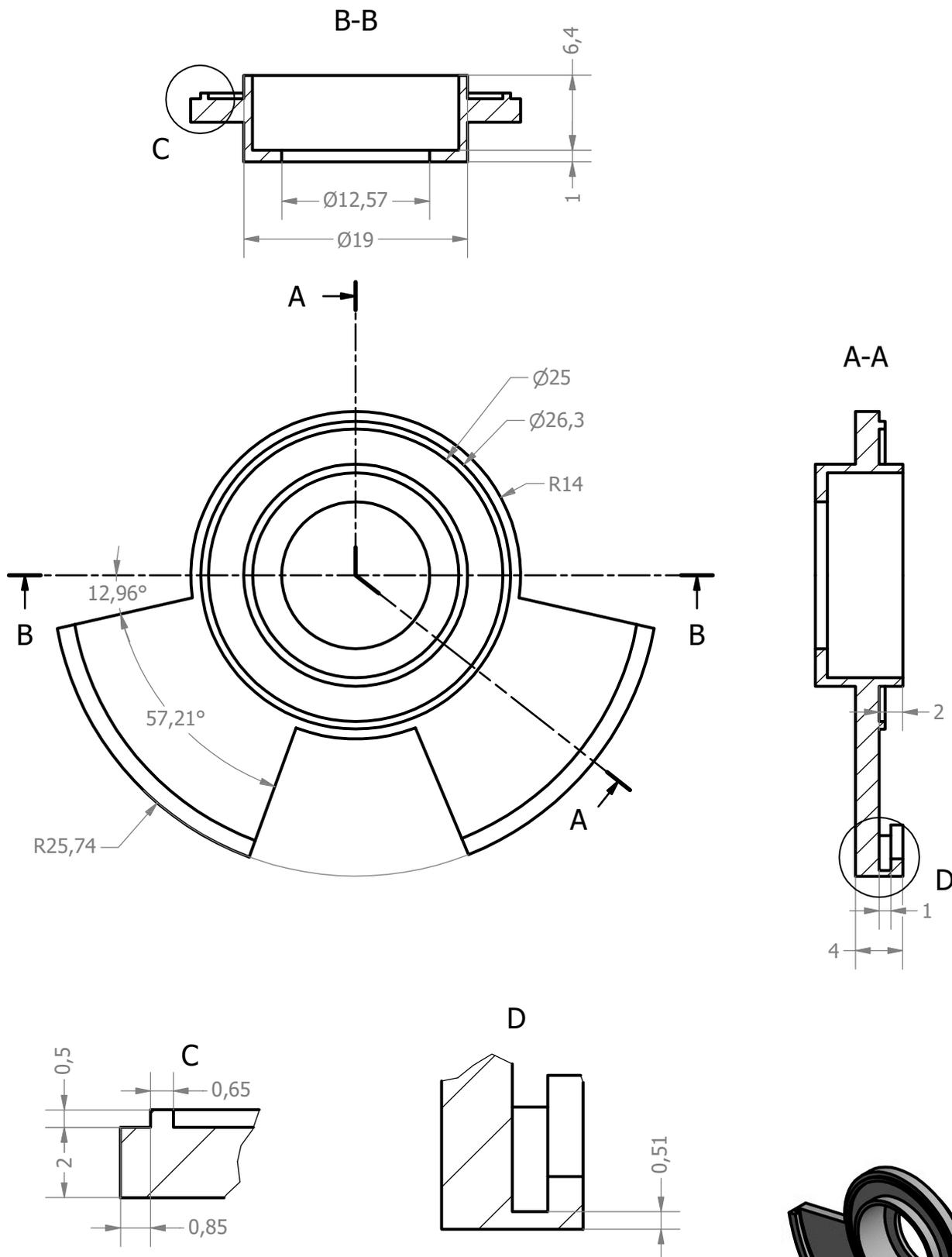
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Abril 2017

Escala:
3:1

Nº Plano:

11



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano: Unión de leds
y lente final

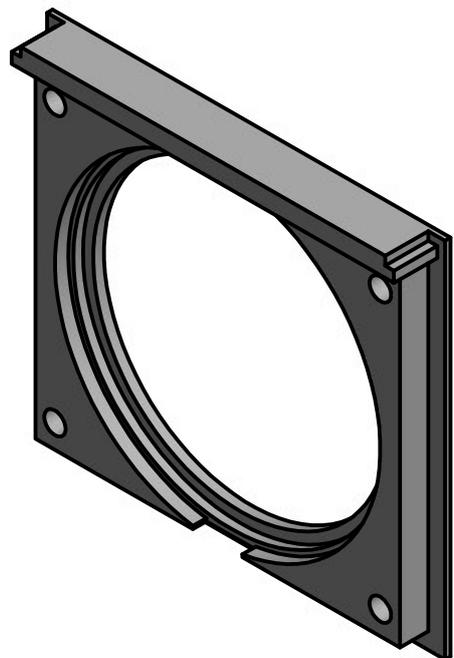
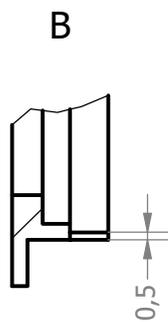
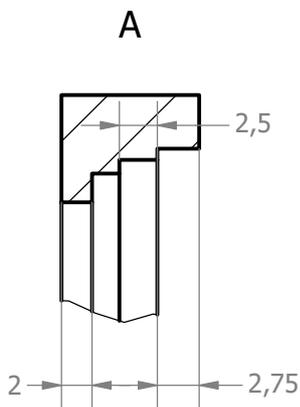
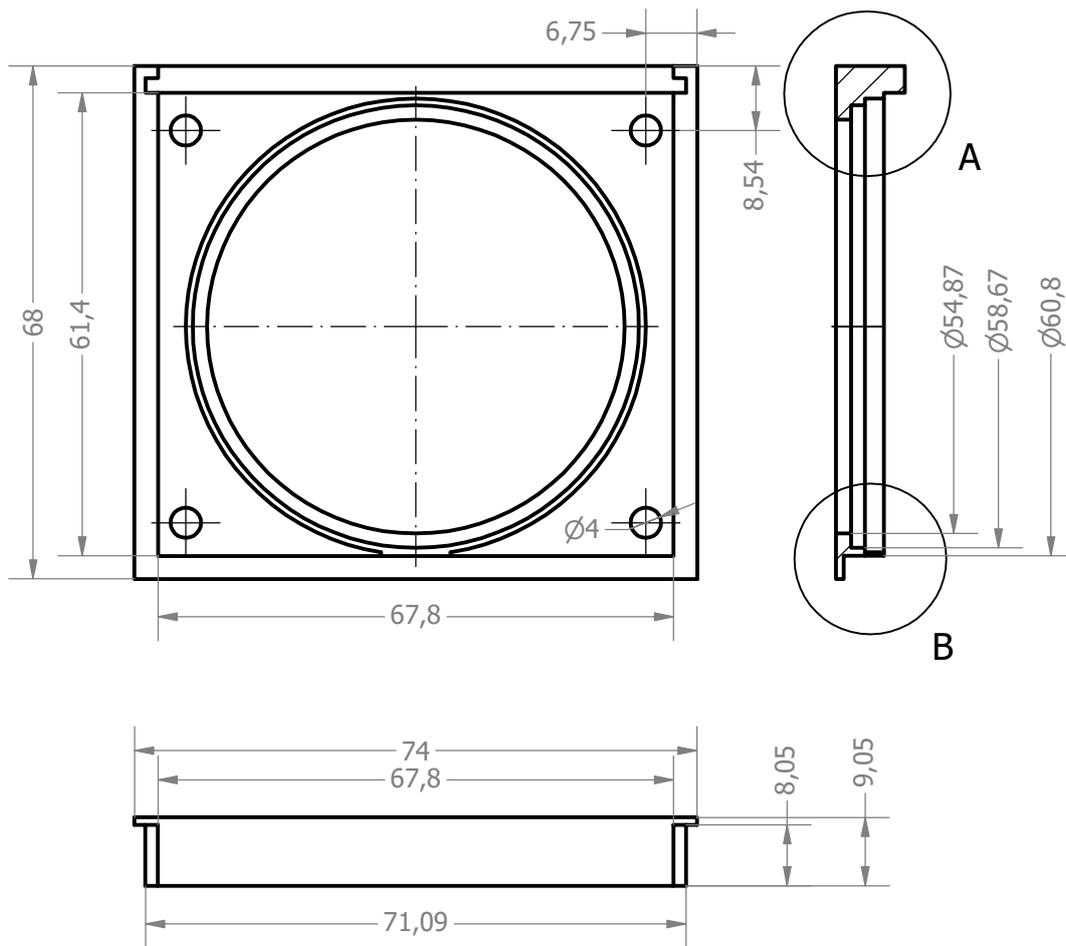
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Abril 2017

Escala:
2:1

Nº Plano:

12



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Acople filtro protector

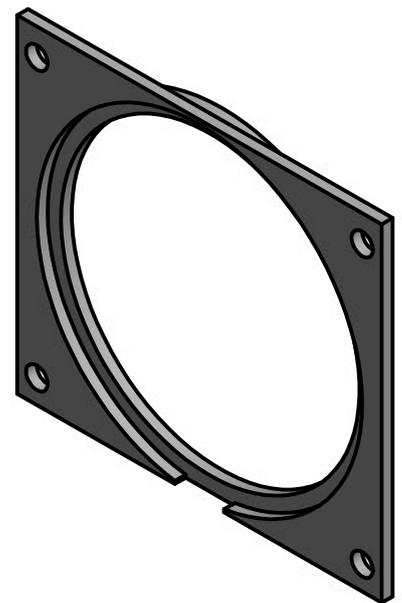
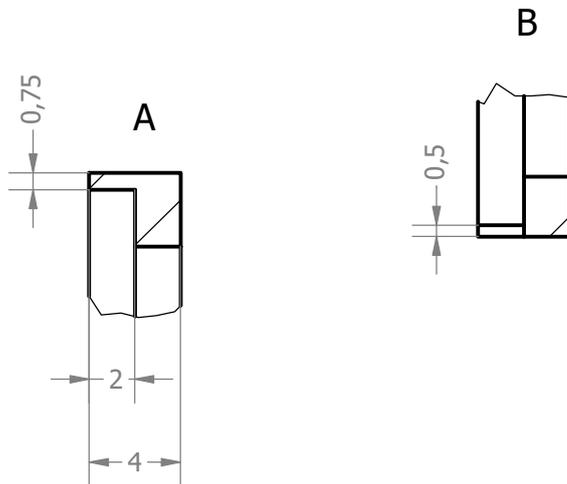
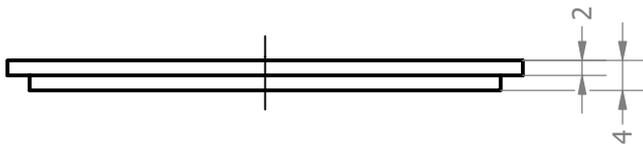
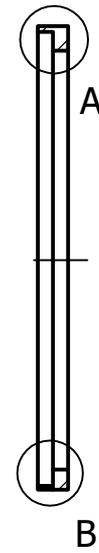
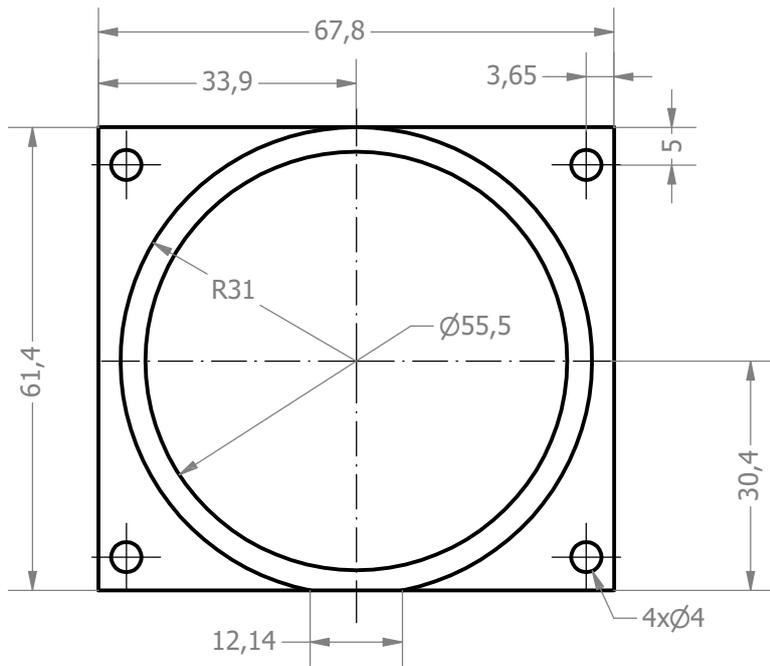
Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Junio 2017

Escala:
1:1

Nº Plano:

13



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALÈNCIA

DISEÑO DE UN SISTEMA
DE INSPECCIÓN DE
TUBERÍAS MEDIANTE
CÁMARA Y ROBOT MÓVIL

Plano:
Fijación trasera

Autor:
Arantxa Juárez Pérez

Fecha:
Junio 2017

Escala:
1:1

Nº Plano:

14