



## Detector de humo

Diseño de Sistemas Empotrados

Ingeniería de Computadores

**Grupo 1:** Rebeca Sanz Lozano

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	pág.3
Materiales .....	pág.4-5
Hardware .....	pág.6-10
Software .....	pág.11-13
Conclusión .....	pág.14
Anexo .....	pág.15-17

## INTRODUCCIÓN

Aproximadamente en el año 2019 se produjeron 119 incendios domésticos. El uso de detectores de humo ha quedado demostrado para reducir esa cifra de incendios. Sin embargo, España no cuenta con una legislación que obligue a tener un detector de humo en la vivienda. Otros países europeos, por el contrario, sí. Si bien es cierto que se aconseja su uso no hay ninguna obligatoriedad al respecto y, por tanto, no existe ninguna sanción. Existen medidas para la prevención, pero muchos de estos incendios se producen durante la noche y esas medidas dejan de ser efectivas. Por lo que el uso de los detectores de humos sería una medida muy aconsejable.

Esto ha motivado a la elaboración del presente proyecto. En este trabajo se realizará un detector de humos basado en la dispersión de Rayleigh. Además, se ha desarrollado un prototipo 3D del detector en forma de gato para darle un toque más personal y único.

## **MATERIALES**

A continuación, veremos un listado de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto. Además, se han clasificado en dos tablas. Ya que, muchos de estos materiales son prescindibles y también se ha añadido el precio de cada componente.

- Arduino nano
- Placas PCB doble cara
- Led azul
- Cables y cable 5 pines macho-hembra
- Buzzer
- Fotodiodo receptor de infrarrojos y led infrarrojo
- Resistencia 1M para el fotodiodo
- Resistencia 220  $\Omega$  para el led infrarrojo
- Resistencia 100  $\Omega$  para el led azul
- Impresora 3D Prusa Mini+
- Kit de soldador
- PLA blanco y negro
- Pila 9V

<b>Componente</b>	<b>Precio</b>
Arduino nano	5€
Placas PCB doble cara	1€
Led azul	-
Cables	-
Cables 5 pines macho-hembra	-
Buzzer	-
Led infrarrojo	0.50€
Fotodiodo receptor de infrarrojos	2€
Resistencia 1M para el fotodiodo	-
Resistencia 220 $\Omega$ para el led infrarrojo	-
Resistencia 100 $\Omega$ para el led azul	-
Pila 9V	-
Super Starter Kit UNO R3 Project	40€
<b>TOTAL</b>	<b>48.5€</b>

Muchos de estos componentes ya los tenía de antes o estaban incluidos en el kit. Adicionalmente se han usado otros materiales para la elaboración del gato. Estos materiales no son necesarios. Se podría desarrollar el proyecto sin ningún problema sin ellos por lo que su compra no es necesaria. Como ya disponía de ellos los he usado.

<b>Componente</b>	<b>Precio</b>
Impresora 3D Prusa Mini+	484.90€
Kit de soldador	20€
PLA blanco	15€
PLA negro	20€
<b>TOTAL</b>	<b>540€</b>

A pesar de que parezca un proyecto muy caro no es así puesto que la segunda tabla refleja los materiales necesarios para hacer el gato en sí, pero se podría realizar sin necesidad de tener que comprar una impresora 3D. Pero si alguien no tuviera muchos de estos componentes el precio para realizarlo sería de aproximadamente 50€.

## HARDWARE

En primer lugar, vamos a ver el desarrollo del hardware. Para ello vamos a dividirlo en varias secciones.

La primera de ellas es el desarrollo del modelo. Como he comentado previamente, el proyecto se ha basado en un fenómeno físico conocido como la dispersión de Rayleigh.

La dispersión de Rayleigh es la dispersión de la luz o de otras radiaciones electromagnéticas. Es por ello por lo que, por ejemplo, vemos el cielo de color azul. Por tanto, describe el comportamiento de la luz cuando entra en contacto con una partícula.



La luz llega desde un determinado ángulo y la partícula propaga la luz en todas las direcciones.

En este caso se va a usar una fuente de luz que será el led infrarrojo que va a estar en una recámara junto al fotodiodo en una determinada inclinación.

Si no se detecta humo, la luz simplemente se dispersa y no ocurre nada. Pero el momento en el que hay humo la luz se propaga por las partículas del humo y esto lo detecta el fotodiodo tal cual se ve en el dibujo.



La segunda de ellas es el diseño 3D. Tanto el gato como la recámara para el infrarrojo y el fotodiodo han sido desarrolladas con la aplicación Fusion 360.

En esta fase se sitúa el primer problema. Como vimos en clase, el LDR se nutre de la luz ambiente. En este caso esto es un problema, ya que, si entrara luz en la recámara, se podría ver como humo, aunque realmente no hubiera nada. Por ello, la elección del material para la impresión de la recámara supuso ciertos contratiempos.

La recámara, por tanto, ha de permitir que, entre el humo, pero no la luz. Para ello se hicieron varias pruebas con tres materiales. En primer lugar, ASA. Después, PLA. Y, por último, PETG. Se hicieron las pruebas con Arduino y se obtuvieron los siguientes resultados.

ASA [V]	PLA [V]	PETG [V]
739 / 3.61	751 / 3.67	555 / 2.71
737 / 3.60	752 / 3.68	555 / 2.71
738 / 3.61	751 / 3.67	555 / 2.71
737 / 3.60	752 / 3.68	553 / 2.69
737 / 3.60	754 / 3.69	554 / 2.70
737 / 3.60	754 / 3.69	554 / 2.70
739 / 3.61	760 / 3.71	555 / 2.71
740 / 3.62	759 / 3.70	556 / 2.72
742 / 3.63	761 / 3.72	557 / 2.73
738 / 3.61	755 / 3.69	556 / 2.72



*Materiales de izquierda a derecha: PETG, ASA, PLA*



*Ejemplo de pruebas con los materiales*

En vista de los resultados, PLA es la mejor opción. La interpretación de estos números es la siguiente. Como he dicho, no queremos que entre luz en la recámara y se refleje y esto sucede cuanto más bajo es el número. Lo ideal sería que los valores fueran 1023 pero a la hora de realizar estas pruebas había luz, ya que no se había imprimido la recámara final hasta saber que material usar.

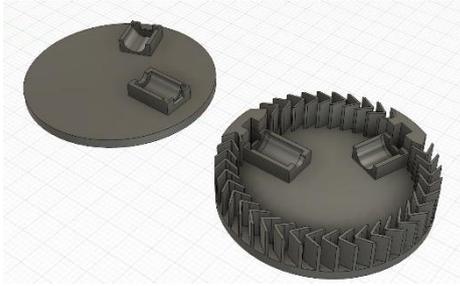
Por tanto, tomando los valores de la tabla anterior ASA tiene una media de 738, PLA de 755 y PLEG de 555. PLA es por ello la mejor opción ya que tiene el valor más alto. Un valor más alto significa menos luz reflejada que es lo que queremos.

Además, estos valores expresan los voltios en cada momento usando los respectivos materiales. Lo ideal hemos dicho que sería que esos valores fueran 1023, lo que quiere decir que fueran 5 V. Es por ello por lo que cuanto mayor sea el valor más nos acercamos.

Otro problema encontrado fue entender correctamente estos resultados, así como el funcionamiento de los fotodiodos. Los fotodiodos tienen la misma construcción que tiene un diodo, pero además son sensibles a la luz y están polarizados inversamente, esto quiere decir que la corriente fluye en el sentido inverso, son P-N. Por lo tanto, estos resultados surgen de medir en el fotodiodo, lo correcto sería en la resistencia, pero se puede hacer de las dos maneras. Al medir en la resistencia con el polímetro se obtiene 0 V, en el mejor caso, lo cual tiene sentido porque indica que en el fotodiodo no hay corriente por tanto no hay luz y, por tanto, no hay humo.

Se puede hacer siguiendo los dos razonamientos. En mi caso he medido antes de la resistencia por tanto si hay 5 V que es el equivalente a 1023 en el monitor serie. El circuito va a buscar el equilibrio, por tanto, cuando se detecta humo esa cifra baja y de igual manera pasa a ser menos de 5 V. Si por el contrario se mide en la resistencia se va a observar el funcionamiento del fotodiodo lo cual indica que en cuando se detecta luz hay un aumento de corriente.

Después de realizar esta prueba y entender lo que se estaba obteniendo, se diseñó la recámara y posteriormente se imprimió. El resultado es el siguiente, con el diseño 3D y el resultado final.



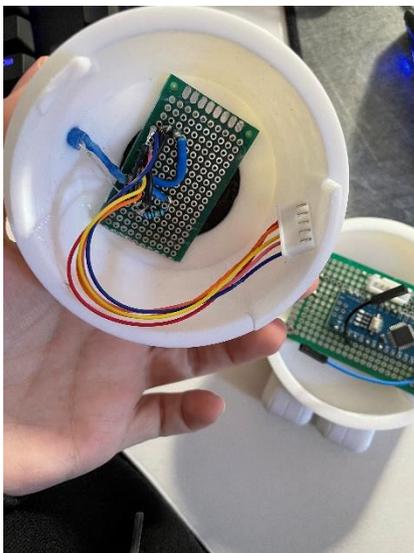
*Diseño 3D de la recámara*



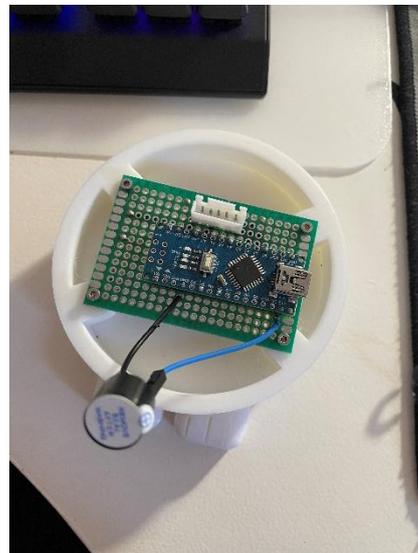
*Resultado final de la recámara*

Además, el material es en negro ya que de ser blanco se reflejaría aún más luz. Después de la impresión final se hizo otra prueba para ver que valores se obtenían y la media estaba alrededor de 1015, que no son 1023, pero permite asegurar que el detector no va a saltar por “falso” humo.

Una vez solucionado el problema, podemos ver en detenimiento el hardware del proyecto. En el anexo aparecen las fotografías de los diseños 3D que se realizaron.



*Primera parte del circuito*



*Segunda parte del circuito*

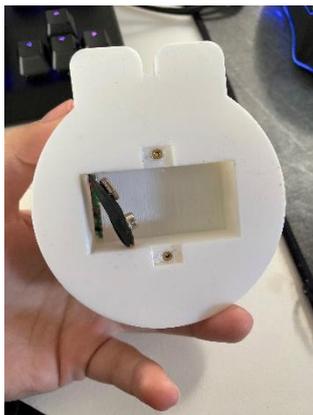
A pesar de que los primeras pruebas se hicieron con un Arduino Uno y protoboard, posteriormente se pasó al circuito que se muestra en las imágenes superiores. El circuito se ha dividido en dos partes, el cuerpo del gato se puede abrir y se vería de esa forma.

La primera parte es la que está conectada con la recámara donde se encuentran el led infrarrojo y el fotodiodo. Estos dos componentes están conectados a una de las placas PCB que se han usado en este proyecto y así posteriormente, con el resto del circuito. Además, en esa placa se soldaron las respectivas resistencias que se necesitaban para el infrarrojo y el fotodiodo. También en esta parte de la placa se encuentra el led azul que se enciende si se detecta humo. Por último, se observan los cables 5 pines macho-hembra que conectan las dos partes.

La segunda parte es la parte inferior del cuerpo del gato. En ella se encuentra la placa Arduino que conectaría con la otra parte como he mencionado anteriormente. También están los cables que conectan el buzzer con el Arduino. Se hizo así ya que, si este componente dejaba de funcionar o surgía algún problema, sería más sencillo cambiarlo.

Por último, en la parte inferior hay un espacio para una pila. De esa manera no se necesita un ordenador para alimentar el circuito. Si se quisiera usar el detector de otra manera se alimentaría de otra forma. Pero para este caso con una pila de 9V es más que suficiente para hacer la demostración.

Por último, en el anexo aparece un dibujo esquemático del circuito en el cual se puede observar todo lo explicado en este apartado.



*Parte inferior*



*Resultado final*

## SOFTWARE

A continuación, pasaremos a la explicación del código del proyecto.

En primer lugar, se encuentra la declaración de las variables que se van a usar. El buzzer está conectado con en el pin 12 del Arduino. El sensor por el que se van a leer los datos, que es el fotodiodo y está conectado por el pin A0 y el led con el pin 3.

Además, se ha creado un array, valores, para almacenar todos los valores que se lean desde el pin 12. La media1 y media2 son dos variables que se van a emplear para el cálculo de la media de esos valores almacenados y por último, se ha definido una constante para el delay.

```
const int buzzer = 12;
int sensorPin = A0;
int valores[10];
int i;
int media1, media2;
const int led = 3;
#define TIME 4000
```

Ahora pasaremos a ver el void setUp.

```
void setup() {

    Serial.begin(9600);
    pinMode(buzzer, OUTPUT);
    pinMode(led, OUTPUT);

    media1 = calcularMedia();
    delay(TIME);
}
```

Se puede observar que tanto el buzzer como el led van a ser nuestros elementos de salida, es decir, van a ser los encargados de generar la respuesta en caso de detectar el humo. También aparece una función que explicaré posteriormente igualada a una de las medias para almacenar en ella ese valor y el delay de 4 segundos.

```

int calcularMedia() {
    int media;
    int sum = 0;

    for(i = 0; i<10; i++){
        valores[i] = analogRead(sensorPin);
        sum+= valores[i];
        /*Serial.print("Valor: ");
        Serial.println(valores[i]);
        Serial.print("Sum: ");
        Serial.println(sum);*/
    }
    media = sum / 10;
    return media;
}

```

La función calcularMedia() sirve precisamente para eso, para calcular la media de los valores. En lugar de usar un umbral estático se van a analizar una serie de valores, se va a realizar la media y después se van a comparar con otra media de otros valores. En función de lo que se obtenga se activará la alarma o no.

Simplemente utiliza 10 valores que lee desde el sensor y los almacena en el array. Después realiza la suma de esos valores para después usar ese valor para el cálculo de la media y devuelve ese valor. Hay varias líneas del código comentadas puesto que son solo comprobaciones de que se está haciendo correctamente.

```

void loop() {

    media2 = calcularMedia();

    Serial.println(media1);
    Serial.println(media2);

    if(media2 < media1 - 5){

        tone (buzzer, 100);
        digitalWrite(led, HIGH);

        Serial.println("Alarma activada ");

    } else {

        media1 = media2;
        noTone(buzzer);
        digitalWrite(led, LOW);
        Serial.println("Alarma no activada ");

    }

    delay(4000);

}

```

Por último, en el loop el código va a realizar lo siguiente. Se va a realizar la segunda media. Se van a imprimir los valores para ver si está funcionando correctamente.

Ahora lo que se quiere es comparar las dos medias que se tienen. Como comenté al principio, se obtienen valores muy constantes, entre 1012-1016 por lo que si solo se compararan esos valores podría activarse la alarma fácilmente sin que hubiera humo. Por eso, se restan 5 a la primera media. El valor de la media2 tiene que ser menor que el de la media1 porque como se explica en la parte del hardware, el diodo está colocado al revés.

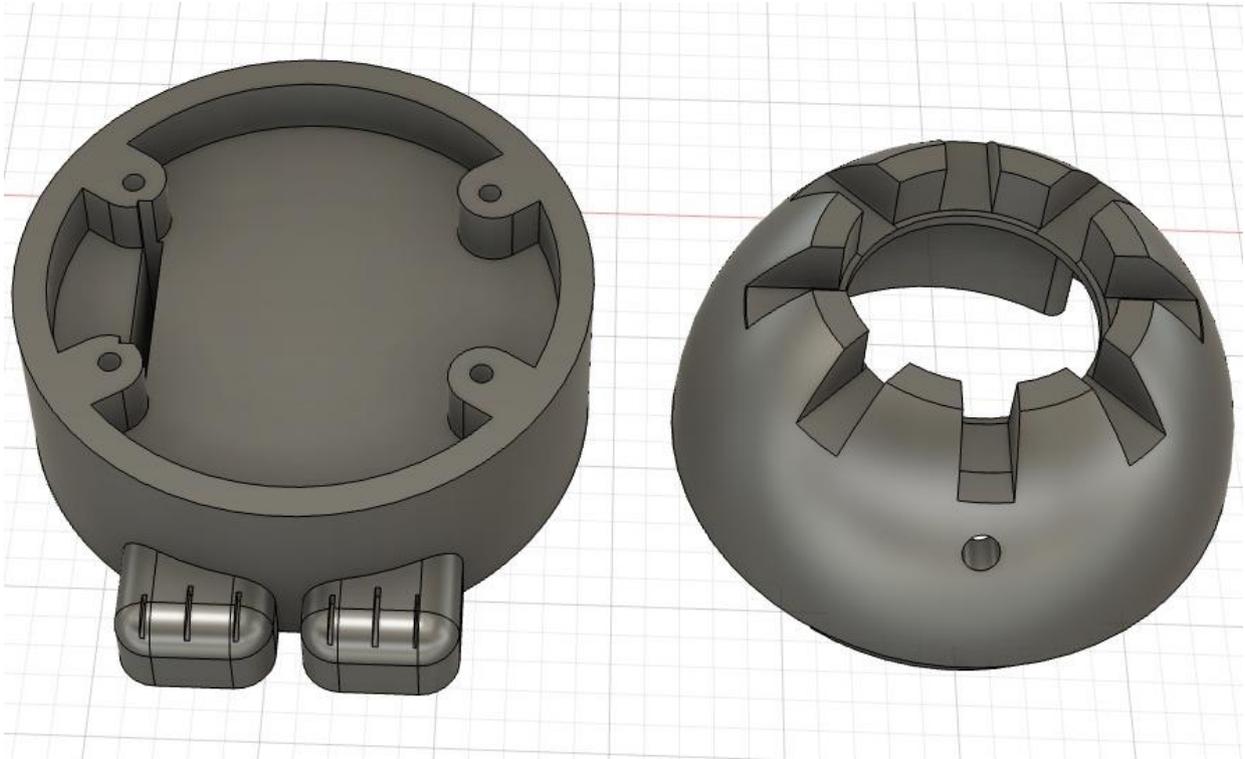
Por tanto, si el valor es menor se va a activar la alarma y por consiguiente el buzzer sonará y el led se encenderá. Si por el contrario no es menor, la alarma no se activa. Hay un delay de 4 segundos que trae como consecuencia que, si se ha detectado humo y se pasa a no detectar humo, por unos segundos la alarma va a seguir sonando. Esto se podría cambiar poniendo un valor de delay más pequeño, pero para el ejemplo con 4 segundos está bien porque así se puede ver la diferencia.

## CONCLUSIÓN

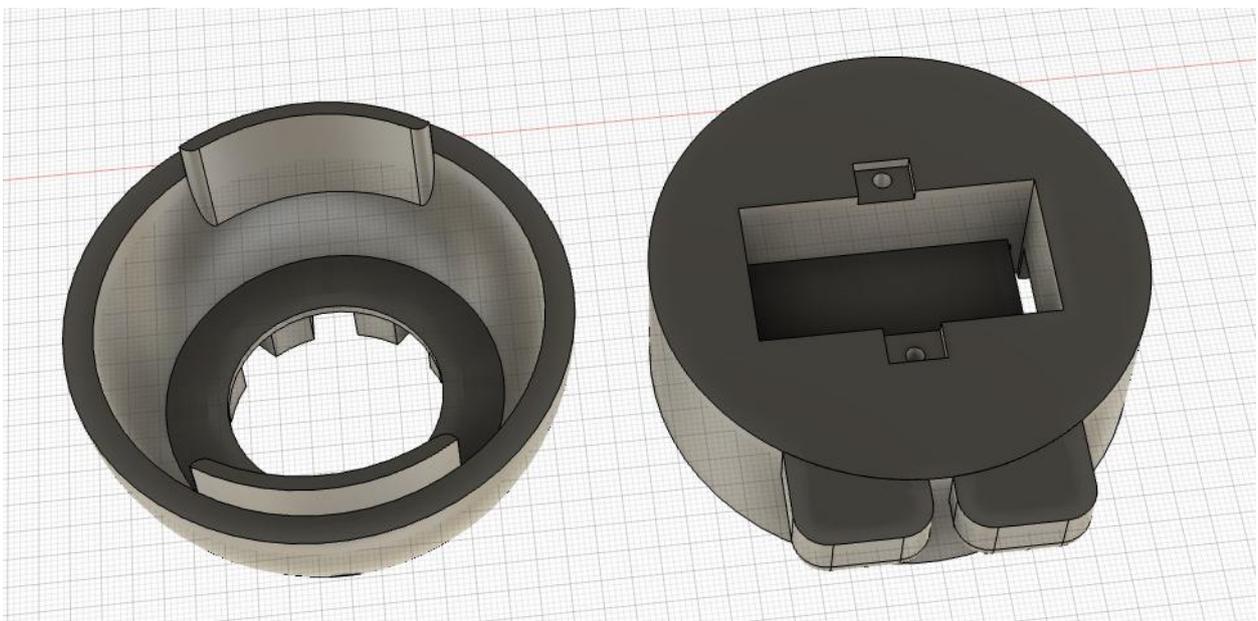
El mayor contratiempo del proyecto fue el hardware. El diseño 3D fue muy costoso ya que se tuvo que repetir numerosas veces hasta dar con las medidas exactas. La parte inferior del gato está hecha a medida de una pila para que no fueran necesarios tornillos y poder sacarla fácilmente, pero esto dio lugar a muchos errores también.

Además de los diseños 3D, la elección del material para la impresión supuso ciertos contratiempos. A pesar de ello, después de numerosas pruebas se consiguió lo que se buscaba. La parte del software por su parte no era tan compleja. Por tanto, se han cumplido las expectativas del proyecto.

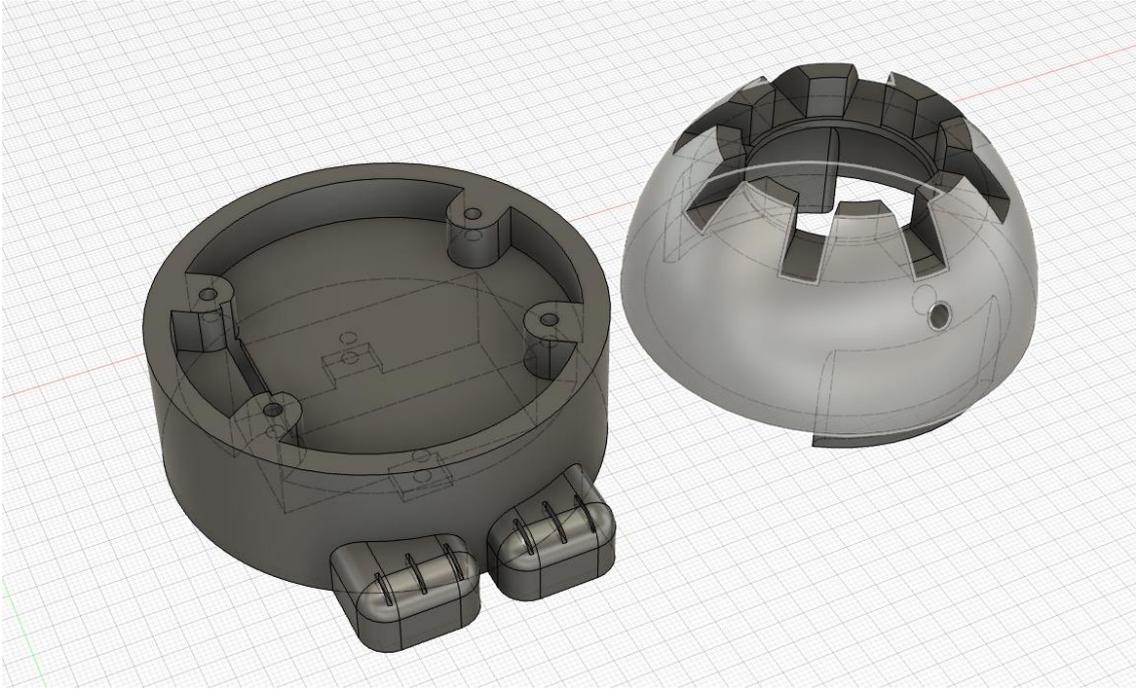
## ANEXO



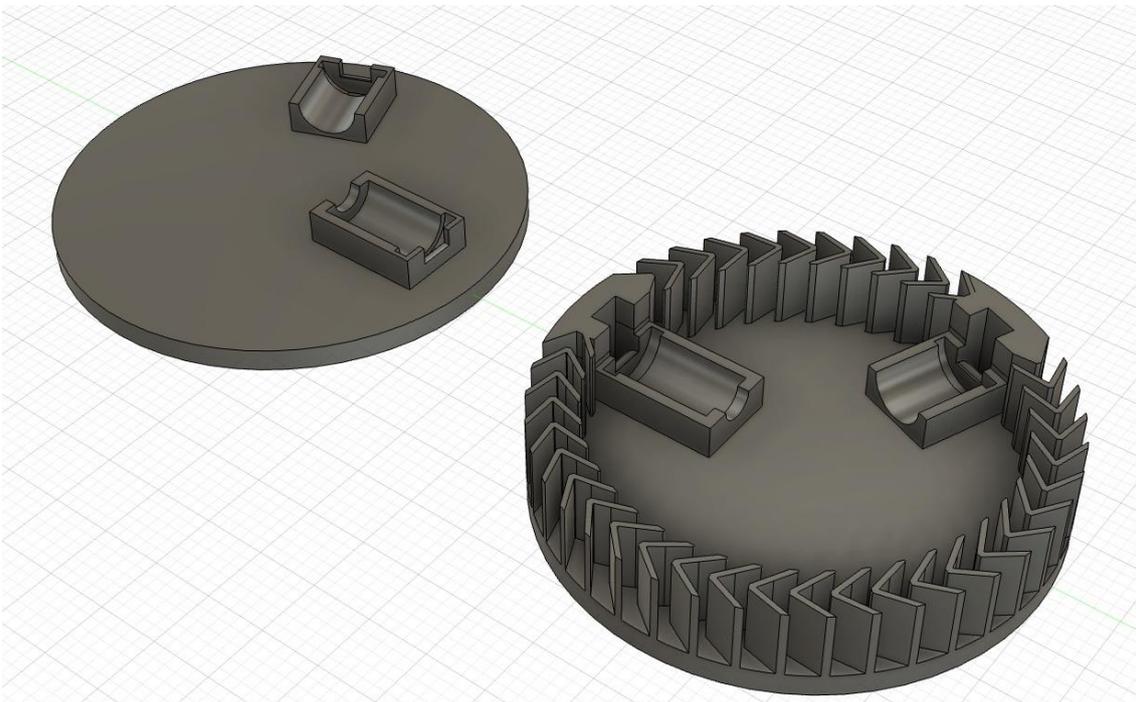
*Diseño 3D con Fusion 360 del gato*



*Diseño 3D con Fusion 360 del gato*



*Diseño 3D con Fusion 360 del gato*



*Diseño 3D con Fusion 360 de la recámara*



Dibujo circuito parte inferior gato



Dibujo circuito parte superior gato