

**UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS
TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN
INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA
(UAIIE)**

“CONVOCATORIA 2019”

**IV PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA**

**SUMIDEROS DE ALCANTARILLADO
ROBOTIZADOS**

AUTOR/ES:
Joel Masó, Aida Torres y Roger Perramon

BLOQUE TEMÁTICO:
Urbanismo inteligente

NIVEL EDUCATIVO:
4º de E.S.O

COORDINADORA:
Roser Casas Cornellà

Abril de 2019

Resumen

PROBLEMA DETECTADO

La dificultad para conseguir un buen mantenimiento, limpieza y conservación del gran número de sumideros de las alcantarillas, que poseen las ciudades, tiene sus repercusiones.

La más evidente es la poca filtración del agua en los días de fuerte lluvia. Las obstrucciones, que se hallan en ellos: hojas, residuos, tierra, ..., provocan charcos de grandes dimensiones y, en alguna ocasión, inundaciones de calles y avenidas.

SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución, que proponemos para que el funcionamiento sea óptimo en todo momento, es crear un prototipo de sumidero, concretamente sumideros robotizados y radiocontrolados.

Sustituimos la rejilla por una doble caja tapada: una sellada con los componentes electrónicos y mecánicos para su funcionamiento y la otra, consistiría en una tapa deslizante dejando al descubierto la rejilla, de modo que, en caso de lluvias fuertes o torrenciales, fueran capaces de abrirse solos.

Al estar la rejilla tapada, siempre se mantendrían limpios y el paso del agua no tendría ninguna obstrucción. En caso que lloviera o hubiera agua que filtrar, esta cubierta se movería hacia dentro del pavimento y dejaría la rejilla al descubierto con el fin de que el agua entrara dentro de la alcantarilla. Así, el agua pasaría sin obstrucción alguna y evitaría las inundaciones en la ciudad o, al menos gran parte de ellas.

Para activarlos, proponemos sensores de humedad y/o radiocontrolados.

Para la implantación de este nuevo sumidero, utilizaríamos el mismo agujero que los actuales, y solo deberíamos instalar la caja con todos los componentes electrónicos y una rejilla renovada de polipropileno; por ese motivo, serían más económicos que los actuales ya que se rempazan con regularidad debido a robos.

Palabras Clave

Sumidero, robot, Arduino, servomotor, bluetooth.

Índice

Resumen.....	2
Palabras Clave.....	3
Índice.....	4
Proyecto tecnológico «sumideros robotizados».....	5
1.Introducción.....	5
2.Desarrollo del proyecto tecnológico.....	8
2.1 Solución propuesta.....	8
2.2 Funcionamiento del sumidero robotizado.....	9
2.3 Creación de la maqueta	10
3. Aspectos técnicos.....	11
3.1 Alimentación.....	11
3.2 WIFI y aplicación móvil.....	11
3.3 Memorias técnicas del proyecto.....	12
Componentes electrónicos.	
Partes que forman la arquitectura del imbornal.	
Funcionamiento mecánico.	
Funcionamiento electrónico.	
Programación	
4. Otros.....	19
Material propuesto para sumidero real	
Intercambio de aires	
Seguridad en el sumidero	
5.Vídeo de presentación del proyecto.....	20

1- INTRODUCCIÓN

¿CÓMO SURGIÓ LA IDEA?

Nuestra idea surgió después de observar los efectos de la lluvia torrencial sobre nuestra ciudad. Esta, inundó algunas calles y barrios, no se podía andar por la calle ni transitar con los vehículos.

Quisimos encontrar la causa y sus respectivas soluciones ya que esta situación se repite en otras ocasiones.

Ese mismo día, observamos que después de la intervención de los bomberos, las calles de la ciudad volvían a su aspecto habitual. El trabajo de éstos consistía en levantar la rejilla de los sumideros y, de esta forma, el agua se filtraba rápidamente. Pudimos llegar a la conclusión que el mantenimiento de los embornales eran la principal causa del problema y pusimos nuestra atención en cómo mejorarlos.



¿QUÉ SON LOS SUMIDEROS?

Para que el proyecto quede más claro, definimos la palabra sumidero:

Según la RAE es un conducto o canal por donde se sumen las aguas.

Es el dispositivo de desagüe, generalmente protegido con una rejilla, que cumple una función análoga a la del imbornal .

Sería el dispositivo por donde se vacía el agua de lluvia de las calzadas de una carretera o calle.

PROBLEMAS DEL FORMATO ACTUAL DE REJILLAS DE LOS SUMIDEROS

○ DISEÑO DE LOS SUMIDEROS

Creemos que el diseño de los actuales rejillas de los imbornales no tiene en cuenta los residuos que se generan en la calle: las hojas, tierra, semillas, polvo, colillas, escombros, Estuvimos unas semanas haciendo fotos de los sumideros de la ciudad. Comparando todas las fotos que hicimos, nos dimos cuenta que pocos de ellos estaban limpios. Hasta el punto de formarse tierra, la cual estimulaba el crecimiento de las plantas dentro de los sumideros.



○ PROBLEMAS CAUSADOS POR FALTA DE MANTENIMIENTO

Para saber más nos entrevistamos con el concejal y el técnico de Medio Ambiente y Sostenibilidad de la Ciudad.

Nos comentó que la ciudad dispone de unos 16.500 sumideros aproximadamente, al ser un número tan elevado, las brigadas de limpieza solo pueden limpiarlos una vez al año.

La falta de limpieza de estos, conlleva que se atasquen y que exista acumulación de residuos.

- BRIGADAS DE LIMPIEZA

Nos percatamos de un problema, que reconoció el mismo concejal. Las brigadas de limpieza, cuando limpian las aceras y calzadas con el soplador, envían las hojas y suciedad hacia el



asfalto por donde pasa el camión de limpieza. Esto provoca que muchos residuos queden atascados en los laterales de las calzadas, donde justamente se posicionan los sumideros. Por ese motivo, el tema de la limpieza de las calles implica un aumento al atasco de los sumideros.

- ACCIDENTES

Las rejas de los sumideros también pueden ser causantes de accidentes i/o muertes.

Al levantar provisionalmente las rejillas de los sumideros para que el agua pueda circular mejor provoca que quede un agujero invisible a nuestros ojos. Esto puede ocasionar que una persona ponga el pie donde no debe (porque no se puede ver el agujero) y caiga dentro de este sumidero.

Este es un problema real que ha ocurrido y hemos contrastado con personas y experiencias reales.

- ATASCO DE LAS RUEDAS --> Cuando los embornales se encuentran en un paso peatonal, cabe la posibilidad que todo objeto con ruedas: carritos de compra, patinetes, sillas de ruedas, cochecillos.... puedan atascarse en la rejilla, igual que los zapatos de tacón.

- ROBOS --> Con frecuencia, según información del Ayuntamiento, roban las rejillas del sumidero para venderlas. Por eso, nosotros proponemos una mejora del sumidero y del material utilizado.

2.DESARROLLO DEL PROYECTO TECNOLÓGICO

2.1 SOLUCIÓN PROPUESTA

Estuvimos semanas pensando cómo podríamos llegar a modernizar los sumideros para que pudieran absorber el agua siempre que fuera necesario y, por otra parte, que no tuviera acceso toda la suciedad, hojas, colillas... que dificultan el paso del agua hacia la alcantarilla.

Llegamos a la conclusión de robotizarlos. Hicimos varios planteamientos y modelos. Siempre pensamos en mantener la estructura interior del sumidero para no realizar nuevas obras.

Nuestra idea principal fue la de crear una caja robotizada de protección de la rejilla del sumidero, capaz de abrirse automáticamente y dejarla al descubierto en el caso de lluvia, desde el control de lluvias del propio ayuntamiento o bien a través de una aplicación que permitiera, desde cualquier Android, abrir las cubiertas de los imbornales por zonas o barrios de la ciudad. Así, conseguiríamos mantener siempre limpios los orificios de desagüe, las arquetas i los conductos de salida.

Se trata de un sumidero que normalmente estaría cerrado. Este, está dividido en dos partes, la de los componentes electrónicos y la otra, por donde entraría el agua.

Una vez pensada la idea, decidimos ir al Ayuntamiento para resolver nuestras dudas y aclarar aspectos de los sumideros, así como presentar nuestra propuesta para su valoración. Los técnicos nos facilitaron el presupuesto de los sumideros actuales, la cantidad y posición de ellos en la ciudad de Girona. Nos dieron información de como funcionaban las brigadas de limpieza, el presupuesto dedicado a ello, información sobre la lluvia, y todo lo relacionado con sumideros.

2.2 FUNCIONAMIENTO DEL SUMIDERO ROBOTIZADO

El sumidero diseñado consta de una rejilla como las actuales, pero permanece totalmente oculta cuando no llueve. En cambio, cuando llueve, el sistema de detección de lluvia que tienen los ayuntamientos de cada localidad, informa a los sumideros, los cuales se abren automáticamente.

Cuando recibe la orden de abrirse, dos motores situados en la parte aislada del sumidero, arrastran la tapa hacia dentro para dejar la rejilla totalmente visible. Con esto queremos destacar que la cubierta que esconde la rejilla cuando está en seco, no va por encima de la otra parte de los componentes, sino que se esconde por la parte inferior de la misma, haciendo así que todo quede a nivel del suelo.

De esta manera, se consigue que el agua pase tranquilamente sin que nada dificulte su entrada.

Cuando la lluvia se detiene, el sumidero se vuelve a cerrar automáticamente o, mediante la aplicación que emite la orden desde un dispositivo móvil.

Además, en el proceso de retorno, si alguna piedra o arena se ha quedado incrustada, dispone de una rampa, como se puede apreciar en la imagen, la cual está haciendo presión hacia al suelo. Esto provoca que las piedras o cualquier cosa externa se elimine y arrastre por el agujero hacia la alcantarilla.

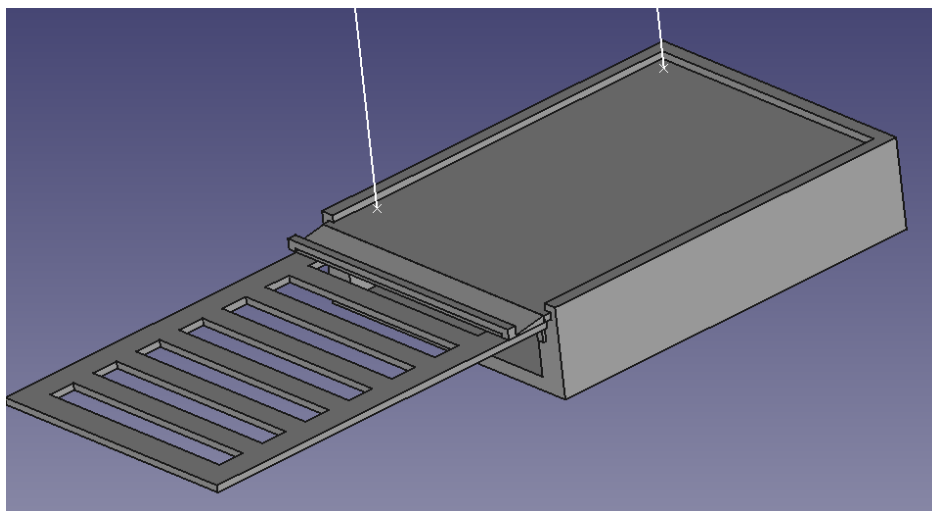
2.3 CREACIÓN DE LA MAQUETA EN 3D

La escala de maqueta es 1:2,5

Empezamos a diseñar este sumidero en papel y lápiz, después de unos cuantos esbozos conseguimos la idea definitiva para pasarla a 3D.

Freecad → Utilizamos el programa Freecad. Nos permitió ser muy exactos en las medidas de cada una de sus partes, así como poder encajar todos los componentes electrónicos.

Una vez con el sumidero en mano, juntamos todas las piezas, ya que lo imprimimos por partes y luego instalamos todo el sistema de componentes electrónicos necesarios para su funcionamiento. Finalmente empezamos a hacer pruebas y retocar nuestro programa para su mejora.



(sumidero abierto)

3.ASPECTOS TÉCNICOS

3.1 ALIMENTACIÓN

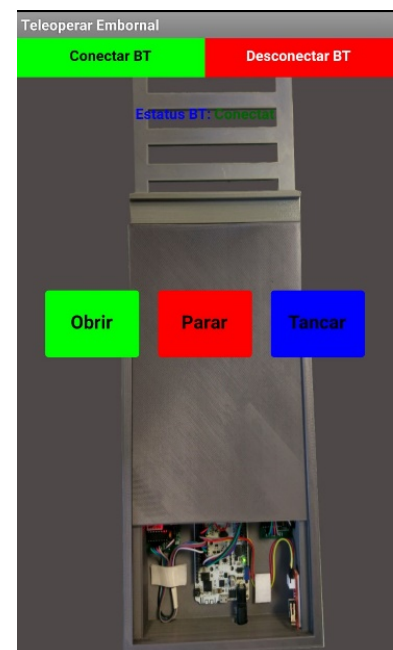
Para valorar y explicar los aspectos técnicos sobre la alimentación y conexión del sumidero a la red, nos basamos en la información que nos facilitó el ayuntamiento. De allí, sacamos la idea de conectar los sumideros que habíamos diseñado, al sistema de iluminación de la ciudad, ya que cerca de un sumidero siempre hay una farola o un punto de luz público. Esta sería la forma de recargar la batería del imbornal. El sumidero iría conectado a la corriente de la ciudad para recibir información de los detectores de lluvia instalados en las farolas y, usaríamos esa misma conexión para cargar una pequeña batería dentro de él. De esta manera, se cargaría por la noche. El consumo sería mínimo, ya que solo funcionaría en caso de lluvia, mantenimiento o riego de calles.

3.2 EI WIFI Y LA APLICACIÓN MOVIL

El wifi nos podría ayudar para abrir todos los imbornales a la misma vez y a partir de ahí, tuvimos la idea de diseñar una aplicación móvil de la cual harían uso las brigadas y el mismo Ayuntamiento.

Esta aplicación tendría un mapa de la ciudad dividida en zonas. A través de ella, se permitiría abrir automáticamente todos los sumideros de una zona determinada, para la limpieza de ésta o para su mantenimiento. También se podría abrir un sumidero en concreto porque estarían todos ellos identificados con un número o valor.

Esto nos permitiría que si el sumidero se desconectara de la red, tuviera alguna incidencia de que el motor no pudiera avanzar, ... lanzaría un mensaje de alerta a los



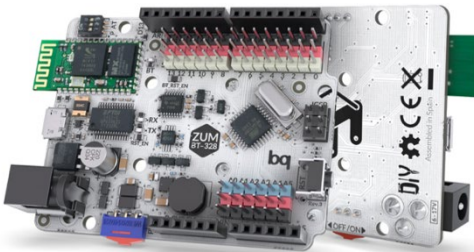
dispositivos móviles de las brigadas de limpieza.

Diseñamos una aplicación para enseñar cómo podría llegar a funcionar el sumidero. Esta aplicación fue diseñada gracias a la página de diseño móvil de MIT app inventor (Massachusetts Institute of Technology).

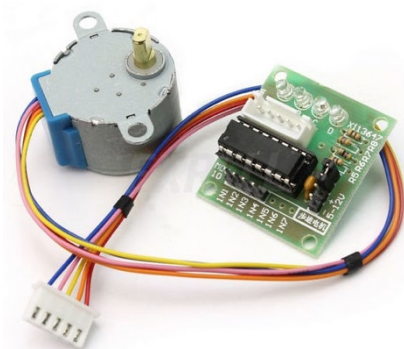
3.3 MEMORIAS TÉCNICAS DEL PROYECTO

COMPONENTES ELECTRONICOS DEL PROYECTO

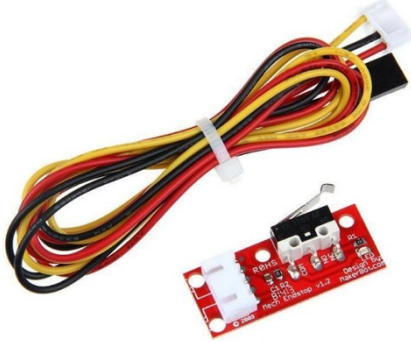
- Hardware de control, con microcontroladora de Arduino modelo bq ZUM BT 328. Incorpora Bluetooth. Es la encargada de dar órdenes a los dispositivos de E/S y gestionar su funcionamiento.



- 2 motores paso a paso unipolares para Arduino, modelo 28BYJ-48 y el adaptador basado en el chip ULN2003A, Soporta de 5V a 12V. Son los encargados de dar movimiento a la tapa.



- 2 interruptores final de carrera con adaptador para Arduino. Soporta hasta 5A y 250V. Son los encargados de que la tapa no rebase los límites de la caja, hacia fuera y hacia dentro.



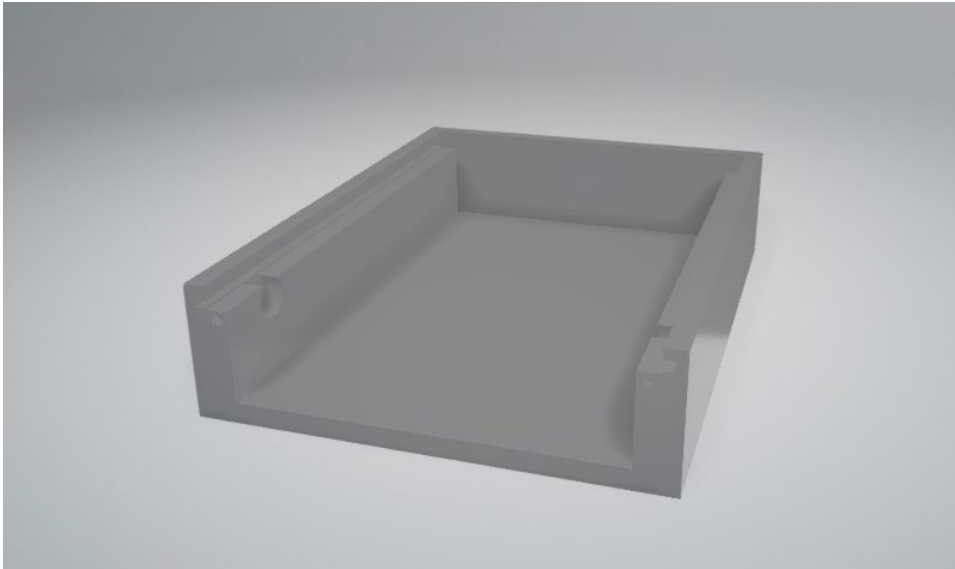
PARTES QUE FORMAN LA ARQUITECTURA DEL EMBORNAL

Nuestro sumidero está dividido en 2 partes:

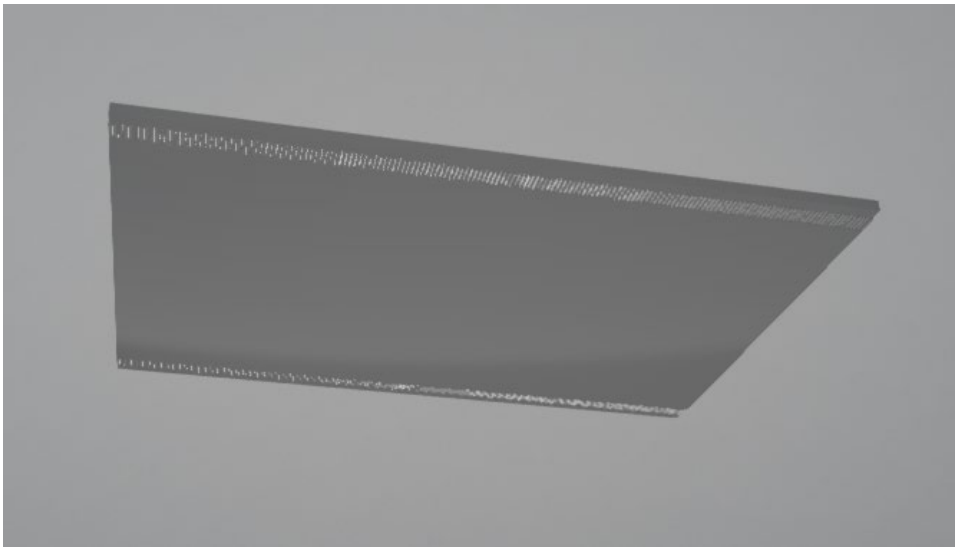
- Una impermeable donde no hay ningún componente electrónico, ni cables, ni ninguna entrada de energía. Ésta, se abre cuando llueve o cuando las brigadas lo solicitan, y consta de una rejilla como la de los sumideros actuales.
- La otra parte, está totalmente sellada y aislada de la calle, del asfalto, del agua y de cualquier cosa externa que pueda estropear los elementos electrónicos y, por tanto, estropear el sumidero.

Las partes que forman el cajón que realizamos nuestra maqueta están impresas con material PLA en una impresora 3D FFF. Hay 2 partes móviles, que son la tapa dentada y el engranaje dentado, el resto son elementos fijos y son los siguientes:

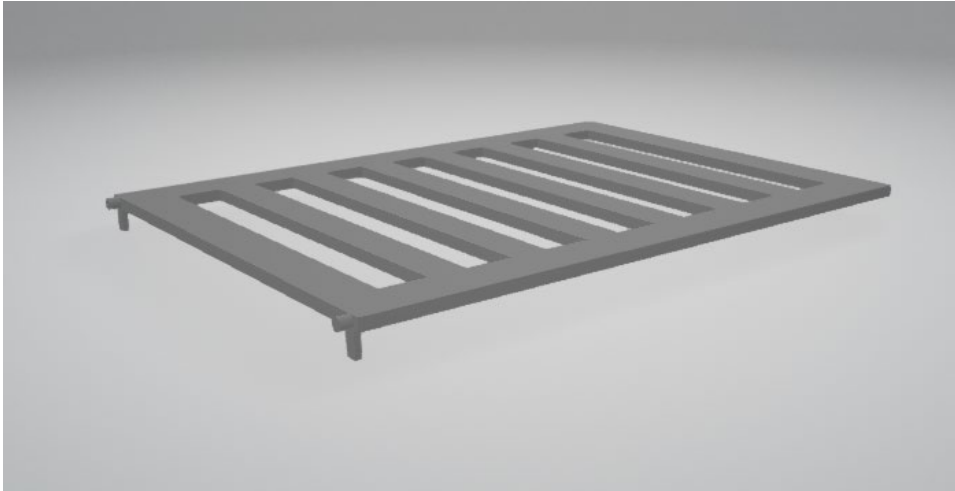
- El propio cajón



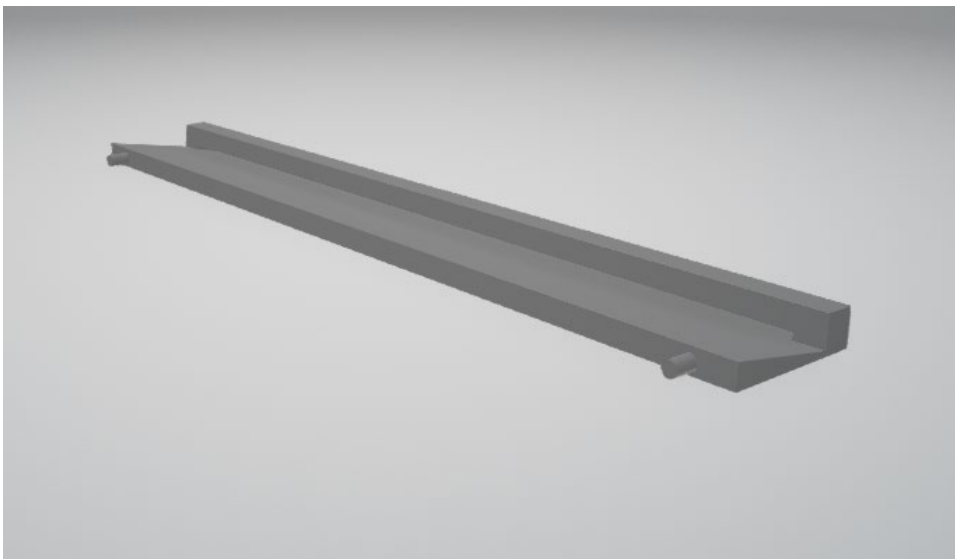
- La tapa dentada.



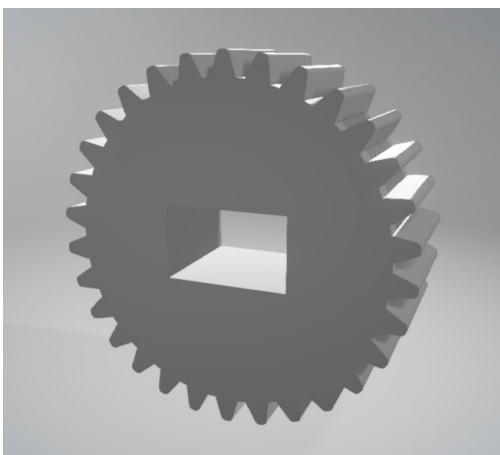
- La rejilla.



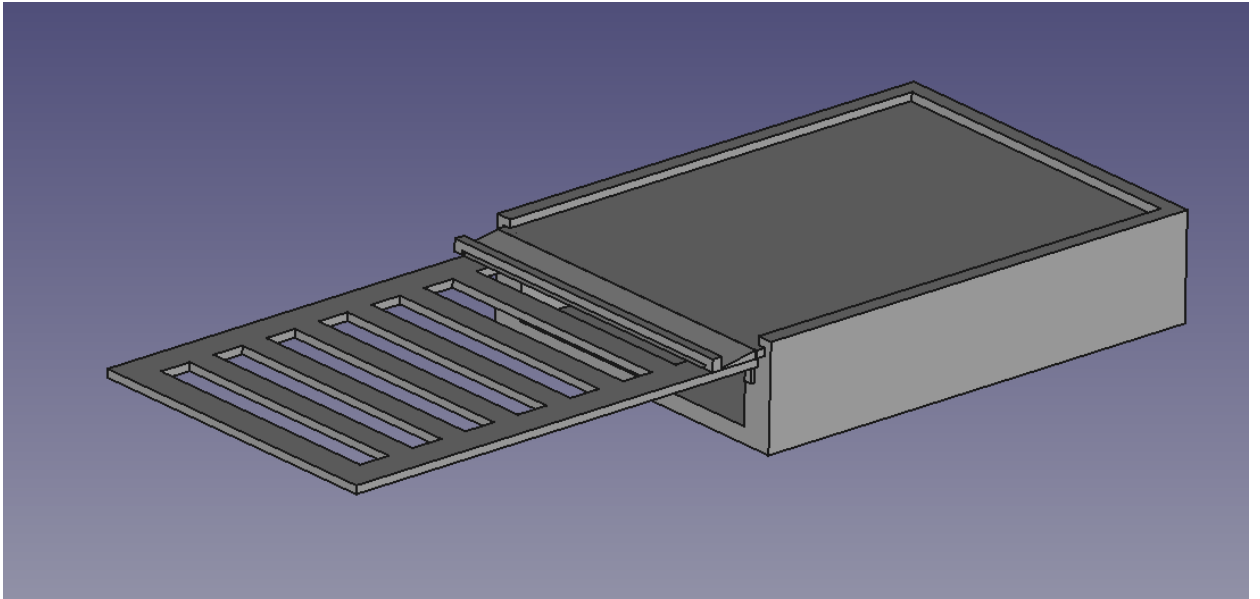
- El recoge hojas.



- Y el engranaje dentado.

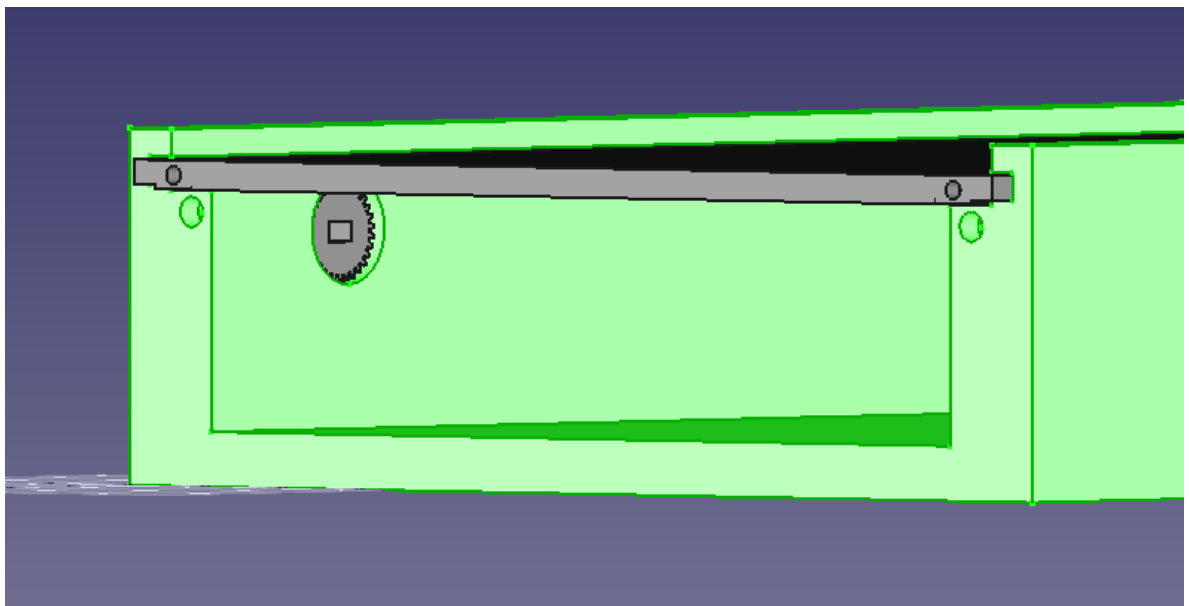
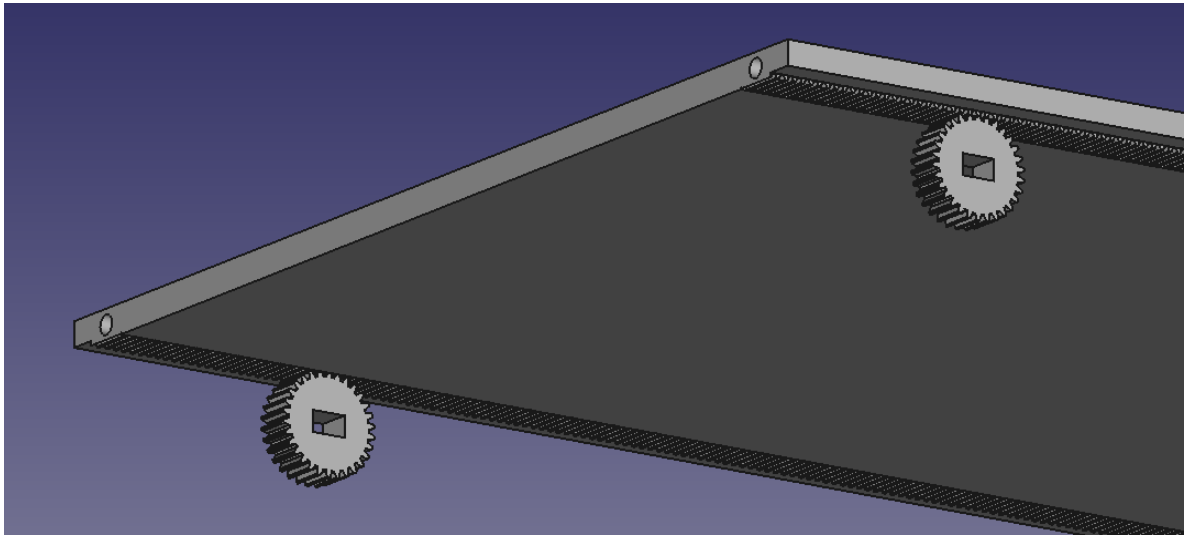


- Composición completa del sumidero abierto.



FUNCIONAMIENTO MECÁNICO

La tapa dentada, está encajada en las dos hendiduras longitudinales, que hay en los dos laterales del cajón y acoplada al engranaje dentado que está alojado en las dos entrantes circulares que también están en los laterales de la caja, estos a su vez están acoplados al eje de los motores, los cuales dan la tracción en los dos sentidos y producen el movimiento hacia delante y atrás de la tapa.



FUNCIONAMIENTO ELECTRÓNICO

Alimentamos la placa microcontroladora con alimentador externo de 9V. Éste será el encargado de recibir órdenes desde el móvil vía bluetooth y se las enviará a los motores para que actúen, siempre y cuando los interruptores finales de carrera no se lo impidan.

El motor se conecta al adaptador con chip ULN2003A, y éste a la placa controladora a “-”, “+” y 4 señales IN1, IN2, IN3 y IN4, que son las cuatro bobinas que tenemos que excitar para que el motor se mueva. Con la programación enviaremos órdenes para que se mueva los dos motores o se detengan.

Como medida de seguridad para que la tapa no se salga del cajón o no toque con el tope interior, hemos instalado 2 finales de carrera, que detectan los límites del cajón, mediante un interruptor, que queda en OFF si intenta salir la tapa, y el otro en ON si intenta tocar el fondo de la caja, lo cual provoca el paro de los motores.

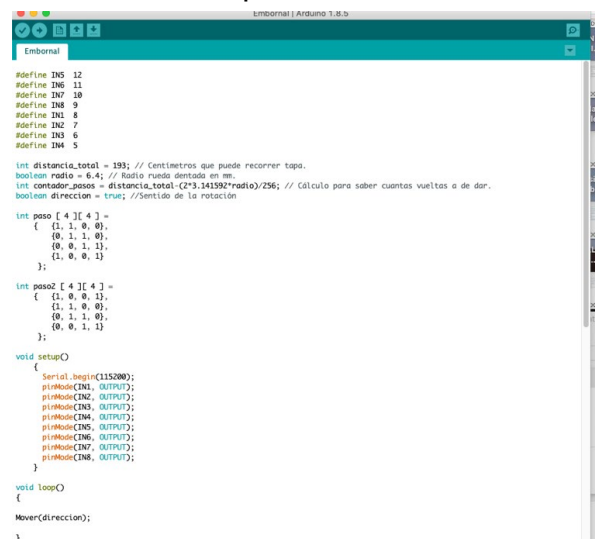
PROGRAMACIÓN

Diseñamos el circuito virtualmente, y empezamos a programarlo con (Arduino IDE) el cual usa lenguaje escrito (Java, Lenguaje C, C++)

Diseñamos el programa para que se abriera/cerrara a través de la aplicación que posteriormente íbamos a desarrollar, habilitando la conexión a través de bluetooth.

Una vez terminada y exportada la instalamos en nuestros dispositivos móviles, con el formato de archivo apk.

Lo que más nos dificultó a la hora de programar fue la velocidad de los motores, ya que deben ir perfectamente coordinados para que la desviación de la tapa sea siempre 0, lo cual haría que se estropeará y el sumidero dejara de funcionar. Pudimos retocar la velocidad y movimiento de los motores y calcular si alguno iba más lento que el otro.



```
Embornal | Arduino 1.8.5

#define IN5 12
#define IN6 11
#define IN7 10
#define IN8 9
#define IN1 8
#define IN2 7
#define IN3 6
#define IN4 5

int distancia_total = 193; // Centímetros que puede recorrer tapa.
boolean radio = 6.4; // Radio rueda dentada en mm.
int contador_pasos = distancia_total / (2 * 3.141592 * radio) / 256; // Cálculo para saber cuantos vueltas a de dar.
boolean direccion = true; // Sentido de la rotación

int paso2 [ 4 ] [ 4 ] =
{
  { 1, 1, 0, 0 },
  { 0, 1, 1, 0 },
  { 0, 0, 1, 1 },
  { 1, 0, 0, 1 }
};

int paso1 [ 4 ] [ 4 ] =
{
  { 1, 0, 0, 1 },
  { 1, 1, 0, 0 },
  { 0, 1, 1, 0 },
  { 0, 0, 1, 1 }
};

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
  pinMode(IN5, OUTPUT);
  pinMode(IN6, OUTPUT);
  pinMode(IN7, OUTPUT);
  pinMode(IN8, OUTPUT);
}

void loop()
{
  Mover(direccion);
}
```

Tuvimos que programar cada motor individualmente, al estar paralelos, cuando uno avanza, el otro tiene que retroceder para mostrar el efecto de que la tapa se abre/cierra.

4. OTROS

MATERIAL

El material escogido para el sumidero real es el polipropeno.

El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos (homopolímero, copolímero rándom y copolímero de alto impacto), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos.

Características:

- Óptima relación Costo / Beneficio.
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones comerciales, como, packaging, industria automotriz, textiles, menaje, medicina, tuberías, etc.
- Buena procesabilidad: es el material plástico de menor peso específico (0,9 g/cm³), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.
- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad.
- Muy resistente.

INTERCAMBIO DE AIRES

Una de las preguntas que nos hicimos era el intercambio de aires entre la alcantarilla y el exterior para disminuir los malos olores dentro de ella.

Pensamos en un principio que una vez tapada no habría intercambio de olores, pero este no sería un problema ya que la tapa que esconde la rejilla no es totalmente hermética, por lo tanto, el aire pasa mínimamente habilitando un intercambio de aires.

SEGURIDAD EN EL SUMIDERO

Nuestro sumidero tiene un plan de seguridad basado en que el motor no puede usar más potencia de avance que la programada, así que si alguien pone el dedo, se le atranca el pie o hay algún tronco que impide que se cierre, el motor, al necesitar hacer más esfuerzo y no poder a causa de lo programado, vuelve a abrirse para al cabo de 10 minutos, volver a intentar taparse, en caso de que en este segundo intento no se pueda, se mantendrá abierto dando un aviso hasta que alguna persona de mantenimiento pase a revisarlo.

5. Video

En el siguiente enlace encontrareis un viséo-resumen del proyecto

<https://youtu.be/U5EL0RgyMFk>