



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Sistema de detección y
contención de incendios en
automóviles**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A (N)

Mario Alberto Olvera Gutiérrez

Carlos Segura Granados

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Livier Baez Rivas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Objetivo.....	5
Objetivos específicos.....	5
Alcances	5
Introducción.....	5
Capítulo 1: Marco teórico.....	7
Definiciones básicas	8
Etapas de un incendio	9
Triángulo de fuego	10
Clasificación de los incendios	12
Teoría de la extinción de los incendios.....	13
Estado del arte	14
Antecedentes	14
Partes más propensas a incendiarse en un automóvil	17
FIAT y Alfa Romeo	19
Land Rover.....	20
Sistema de protección contra incendio de la FES Cuautitlán.....	20
Modelo funcional de un robot para la detección y sofocación de un incendio	21
Diseño preliminar de un robot extintor de incendios que se desplaza por el techo.....	22
Diseño y construcción del robot móvil contra incendios “Robocatepetl”	22
Sistema de detección de incendios basado en robot aéreo quadrotor.....	23
Sensor basado en LED’s resistentes para detección de incendios.....	23
Capítulo 2: Diseño conceptual y de configuración	24
Necesidades	25
Sistema de detección	27
Sistema de contención	28
Especificaciones objetivo	29
Sistema de detección	30
Sistema de contención	31
Diagrama de caja negra.....	32
Diagrama de caja negra a detalle	33
Diagrama completo del sistema contra de incendios.....	35
Storyboard.....	36

Generación de conceptos.....	37
Sistema de detección	38
Sistema de contención	38
Ambos	39
Selección de conceptos	40
Sistema de detección	41
Sistema de contención	43
Ambos sistemas.....	47
Especificaciones finales	49
Diseño de configuración.....	50
Sistema de detección	51
Sistema de contención	53
Capítulo 3: Diseño de detalle	56
Subsistema de detección.....	57
Subsistema de contención	69
Sistema completo real de contención	73
Integración de los subsistemas.....	73
Algoritmo de programación	79
Capítulo 4: Pruebas finales y resultados.....	83
Montaje de elementos en el carro	84
Protocolo de prueba.....	88
Resultados.....	90
Temperatura	90
Humo.....	91
Fuego.....	91
Capítulo 5: Conclusiones y trabajo a futuro	100
Conclusiones	101
Trabajo a futuro	104
Anexos.....	106
Anexo 1	107
Anexo 2 Código de programación.	119
Anexo 3 Diagramas eléctricos	127
Anexo 4 CAD's de prototipos del sistema.....	129

Referencias.....	147
------------------	-----

Objetivo

Diseñar un sistema mecatrónico para detectar y contener el incendio dentro del cofre de un automóvil.

Objetivos específicos

Implementar un sistema de detección de incendios.

Diseñar, fabricar e implementar un sistema de contención de incendios.

Acoplar los dos sistemas anteriores para realizar pruebas dentro de un vehículo real.

Proteger la integridad del conductor y en la medida de lo posible evitar daños al automóvil.

Alcances

- Hacer pruebas dentro de un prototipo.
- Desarrollar el sistema de detección en la zona del motor y alrededor del mismo.
- Desarrollar y acoplar el sistema de contención en el cofre del automóvil.
- Contener de incendios de los tipos B y C.

Introducción

A partir de la invención del automóvil, el número en circulación de éstos ha crecido exponencialmente, por lo tanto, la cantidad de accidentes relacionados con incendios también ha ido en aumento, a pesar de los avances tecnológicos alcanzados durante este tiempo.

Por esta razón y basados en datos obtenidos en la NFPA (National Fire Protection Association), donde se ve claramente que la incidencia de incendios, así como el número de heridos y los daños provocados son altos. Decidimos llevar a cabo un sistema de detección y contención de incendios.

La finalidad del sistema es mejorar la seguridad del conductor al evitar que intervenga y se exponga al peligro de intentar apagar un siniestro.

El funcionamiento del sistema como se verá a lo largo de la tesis consiste en la colocación de arreglos de sensores en las zonas más propensas a incendiarse dentro del cofre de una automóvil y un sistema de contención acoplado al mismo que se activa al recibir la señal del sistema de detección.

Con esto se espera sentar las bases para el desarrollo de futuros proyectos en esta área, así como disminuir la cantidad de muertes, heridos y pérdidas materiales asociadas al fuego.

Capítulo 1: Marco teórico

Definiciones básicas

Sistema

Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Para ser un sistema éste debe contar con entradas (datos, energía etc.) y obtener salidas (energía, información etc.) [1, 2].

Detección

Localización de alguna cosa que no puede observarse directamente mediante aparatos o métodos físicos o químicos [7]. Sin embargo, para este trabajo se define como sistema de sensores y equipo interconectado asociado que detecta la presencia de fuego y emite una señal de calor o activa automáticamente la alarma [8].

Contención

De acuerdo a la RAE (Real Academia Española) se define como contención, disputar, litigio trabado entre partes, esfuerzo. Sin embargo, para este trabajo se consideró que es la acción de volver seguro el sitio del siniestro, restableciendo ciertas condiciones del medio ambiente [4].

Incendios

Un incendio es la manifestación de una combustión incontrolada. En ella intervienen materiales combustibles como gases, líquidos y sólidos que forman del entorno y se utilizan en la industria y el comercio [5].

Etapas de un incendio

1. Etapa incipiente

La descomposición térmica de un producto combustible, produce grandes cantidades de partículas invisibles de la combustión. Estas son partículas sólidas y líquidas (aerosoles) compuestas de carbón no quemado, vapor de agua y algunos otros gases. No se aprecia aún humo, flamas o calor [10].

2. Etapa humeante

Conforme el fuego de una sustancia combustible continúa desarrollándose llega a la etapa de humo o rescoldo (sin llamas). La velocidad de la combustión aumenta hasta el punto donde el volumen y la masa colectiva de las partículas son visibles. En esta segunda etapa del desarrollo, el calor generado puede ser insuficiente aún para producir una combustión continua. Los productos de la combustión ahora son visibles en forma de humo. Aun no se aprecian flamas o calor [10].

3. Etapas de flamas

Se llega a la etapa de las flamas cuando se ha generado una cantidad suficiente de calor para prender los gases y las partículas no quemadas, liberadas por la descomposición térmica de los sólidos. En esta etapa un incendio se vuelve autosuficiente, ahora si existe un fuego verdadero. Sin embargo, aún no se aprecia un calor importante, pero esto sucede casi de inmediato [10].

4. Etapa de Temperatura

La cuarta etapa y final de un incendio es la etapa de gran calor que rápidamente sigue a la etapa de flamas. Este calor es el resultado de la energía liberada por la reacción química exotérmica (generadora del calor) del incendio [10].

En la siguiente imagen se ilustra la evolución de un incendio con las etapas explicadas anteriormente.



Figura.1 Etapas de un incendio [17]

Para el caso de un incendio con líquidos volátiles, vapores y gases la primera y segunda etapas no acontecen y las flamas se desarrollan de inmediato y termina finalmente en la cuarta etapa (calor) [34].

Triángulo de fuego

Para que se produzca fuego, es necesario que existan tres elementos simultáneos y balanceados:

Oxígeno, calor y combustible.

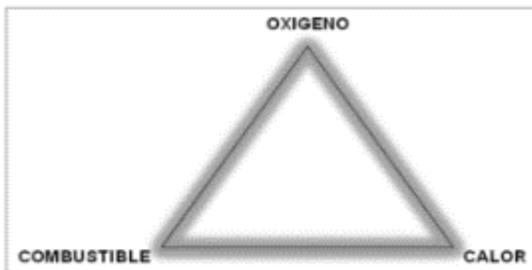


Figura. 2 Triángulo de fuego [5].

Esto es conocido comúnmente como el triángulo de fuego. Cada elemento individual es dependiente de los otros dos para que se produzca una combustión, si falta alguno de estos tres elementos, o si no están en la proporción y combinación adecuadas, el fuego no podrá existir. Por lo tanto, mantener

separados los tres elementos del fuego es la clave para prevenir incendios, y la remoción de uno o más es la clave para extinguirlos [5].

Oxígeno

Es un gas no inflamable y es un elemento básico para la vida, se encuentra en el 21 % de la atmósfera que nos rodea. La cantidad de oxígeno que se requiere para que exista el fuego es de 16%, con menos de ese porcentaje se extingue. El oxígeno por sí solo no arde, solamente mantiene la combustión, es un comburente [5].

Combustible

El combustible es un agente reductor, éste puede ser sólido, líquido o gaseoso. Los líquidos combustibles no arden los que lo hacen son los vapores que se desprenden de ellos, tales vapores por lo general, son más pesados que el aire y pueden entrar en ignición a considerable distancia de la fuente de emisión [5].

Calor

Es la energía que se necesita para aumentar la temperatura del combustible al punto que desprenda suficientes vapores para que ocurra la ignición [5].

Reacción en cadena

Es necesario que exista un cuarto factor para que el fuego se sostenga y aumente su tamaño. Este factor es la reacción en cadena que se produce entre el combustible y el agente oxidante. Mientras exista suficiente combustible y oxígeno y mientras la temperatura se mantenga, la reacción en cadena propagará el proceso de combustión [5].

Ignición

Es el aumento de la temperatura superficial de un cuerpo hasta que se desprendan de él los vapores a una velocidad suficiente para mantener activa una llama [6].

Punto de inflamación

Es la temperatura mínima a la que puede existir un vapor en la superficie [6].

Punto de ignición

Temperatura un poco mayor al punto de inflamación y que es capaz de mantener encendida una llama. Entonces la capacidad de ignición de un material depende con qué facilidad se alcanza este punto mediante calor radiante o un flujo de gases [6].

Propagación de la llama

Es el avance de la ignición al material que todavía no está ardiendo, éste depende de la facilidad de ignición del material, así como de la dirección de desplazamiento de la llama [6].

Clasificación de los incendios

Clase A: incendios que implican sólidos inflamables que dejan brasas, como la madera, tejidos, goma, papel, y algunos tipos de plástico.

Clase B: incendios que implican líquidos inflamables o sólidos licuables, como el petróleo o la gasolina, aceites, pintura, algunas ceras y plásticos.

Clase C: incendios que implican gases inflamables, como el gas natural, el hidrógeno, el propano o el butano.

Clase D: incendios que implican metales combustibles, como el sodio, el magnesio, el potasio o muchos otros cuando están reducidos a virutas muy finas.

Riesgo de electrocución (antiguamente conocida como Clase E): incendios que implican cualquiera de los materiales de las Clases A y B, pero con la introducción de electrodomésticos, cableado, o cualquier otro objeto bajo tensión eléctrica, en la vecindad del fuego, donde existe un riesgo de electrocución si se emplean agentes extintores conductores de la electricidad.

Clase K: incendios que implican grasas y aceites de cocina sistemas contra incendios [6].

Existen diversos agentes extintores de acuerdo al tipo de material incendiado. Como se puede ver en la figura siguiente, donde se muestra la eficiencia del extintor de acuerdo al material.

PAUTAS PARA ELEGIR EL MATAFUEGOS ADECUADO		TIPOS DE MATAFUEGOS				
		AGUA	ESPUMA	POLVO ABC	DIOXIDO DE CARBONO	HALON
CLASES DE FUEGOS	A HADERA PAPEL CARTON PASTO TELA TRAJOS	SI MUY EFICIENTE	RE RELATIVAMENTE EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE	PE POCO EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE
	B NAFTA ACEITE PINTURAS KEROSENE HIDROCARBUROS y otros líquidos inflamables	NO NO DEBE USARSE	SI MUY EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE
	C MOTORES TABLEROS ELECTRICOS TRANSFORMADORES y otros equipos eléctricos	NO NO DEBE USARSE	NO NO DEBE USARSE	E EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE	SI MUY EFICIENTE
ENERGIA ELECTRICA						

Figura. 3 Tabla de agentes extintores [6].

Teoría de la extinción de los incendios

Un incendio puede extinguirse de las siguientes formas:

- 1-Cortar el suministro de los combustibles.
- 2-Apagar la llama con extintores químicos (inhibidores).
- 3-Eliminar calor por medio de enfriamiento (insuflar).
- 4-Cortar el suministro de oxígeno sofocación [6].

De acuerdo a lo mencionado, en la figura siguiente se ejemplifica la teoría de la extinción de incendios con una breve explicación de cada uno.

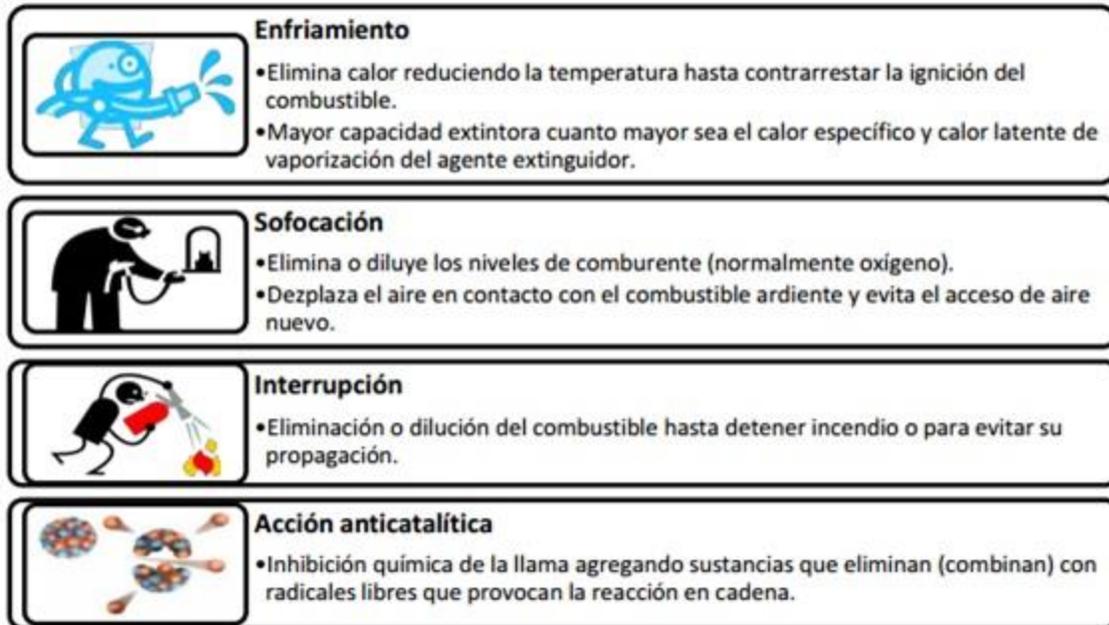


Figura. 4 Forma de extinguir un incendio [6].

Automóvil

El automóvil, posee un mecanismo motriz autónomo, que opera bajo determinadas condiciones inherentes a su diseño; esto es, funciona por sí mismo sin necesidad de un mecanismo de relojería o de cuerda y sin el auxilio de la tracción animal o el empuje de cualquier otra fuerza o mecanismo externo a él [9].

Estado del arte

Antecedentes

En primer lugar, se inició por recabar datos en instituciones nacionales en las cuales se obtuvo los siguientes resultados.

Según el Instituto Nacional Estadística y Geografía por sus siglas INEGI en los últimos 15 años ha habido un aumento gradual en el número de incendios que suceden año con

año en los automóviles siendo el 0.1 % del total de accidentes de tránsito registrados en el año 2013 es decir que de los 384,472 accidentes ocurridos solo 345 se deben a incendios [12].

Por otra parte, instituciones como el departamento de bomberos, procuraduría general de la república y aseguradoras, respondieron no contar con dichos datos estadísticos. Por tal razón se decidió ampliar la investigación fuera del país, donde se obtuvieron resultados en instituciones como el departamento de bomberos de Estados Unidos y de la NFPA por sus siglas en inglés (Asociación Nacional de Protección contra Incendios).

Primeramente, el departamento de bomberos de Estados Unidos, respondió a un promedio estimado de 229,500 incendios de vehículos por año en el período 2007- 2011. Estos incendios causaron un promedio de 328 muertes de civiles a causa del fuego, 1,426 civiles heridos y \$ 1,4 mil millones de dólares en daños a la propiedad directa por año. Vehículos incluyen: transporte de pasajeros y mercancías por carretera vehículos, tales como automóviles, camiones, motocicletas y vehículos de recreo; el ferrocarril y el transporte de agua; aeronaves; vehículos industriales, agrícolas y de la construcción; y otros vehículos diversos. Vehículos de carretera son vehículos diseñados para ser utilizado en las carreteras. Un incendio en el vehículo carretera puede ocurrir en cualquier lugar, no sólo en las carreteras [13].

Por su parte, la Asociación Nacional para la Protección de Incendios, menciona que sólo 3% de estos incidentes son consecuencia de un choque y estos se deben generalmente al combustible derramado o el uso incorrecto de señales luminosas [13].

Según los datos de la Administración Federal de Carreteras, aproximadamente 2,980 millones de kilómetros fueron creados, en promedio, por cada año en las carreteras de Estados Unidos durante este período. Aproximadamente 90 incendios de vehículos de carretera y 0,15 muertes por incendios vehiculares de carretera fueron reportados por billón de millas recorridas [13].

En este trabajo se considera como necesidad fundamental el conocer y analizar las estadísticas sobre los incendios ocurridos en automóviles en los años más recientes, con el fin de respaldar el proyecto con los datos mostrados en la siguiente tabla.

Año	Incendio	Civiles muertos	Civiles heridos	Daños a la propiedad directa en billones	
				Reportado	Dólares en 2015
2000	325,000	450	1,325	\$1.2	\$1.6
2001	327,000	470	1,750	\$1.3	\$1.7
2002	307,000	540	1,700	\$1.2	\$1.6
2003	286,000	455	1,400	\$1.1	\$1.4
2004	266,500	520	1,300	\$1.0	\$1.2
2005	259,000	500	1,450	\$1.0	\$1.3
2006	250,000	445	1,075	\$1.0	\$1.2
2007	227,500	365	1,500	\$1.1	\$1.2
2008	207,000	350	850	\$1.2	\$1.3
2009	190,500	260	1,455	\$1.0	\$1.2
2010	184,500	285	1,440	\$1.0	\$1.1
2011	187,500	270	1,020	\$1.0	\$1.1
2012	172,500	300	800	\$1.3	\$1.1
2013	164,000	300	925	\$1.1	\$1.1
2014	167,500	310	1,275	\$1.1	\$1.1
2015	174,000	445	1,550	\$1.2	\$1.2

Tabla 1. Datos relacionados a incendios en automóviles según la NFPA [13].

Partes más propensas a incendiarse en un automóvil

Datos

- 10% de todos los incendios reportados en EU están relacionados con automóviles.
- Estos incendios representan el 6% de las muertes totales.
- Hubo 17 incendios por hora.
- 4 muertes a la semana por incendios en automóviles.
- Dentro de las causas el 70 % se debe a fallas del sistema mecánico y eléctrico.
- Por causa de choques y volcaduras ocurren sólo el 4 % de incendios, pero el 60 % de las muertes es por esta razón.
- Por problemas con el tanque de combustible solo se dan el 2 % de casos, pero son causa del 15 % de las muertes reportadas.
- De 1980 a 2013 se tiene que:
 - *El número de incendios en automóviles se redujo más del 60%.
 - *Las muertes por esta causa son menos de la mitad que hace años.
 - *Los heridos que resultan de los siniestros son $\frac{2}{3}$ menos que en 1980.
 - *Las pérdidas monetarias a causa de este problema se mantienen constantes [13].

En la siguiente figura se muestran los porcentajes tanto de lugares de incidencia de incendio en el automóvil, así como el número de muertes que provocan tales fallas siendo estos datos importantes para la selección de la zona a proteger.

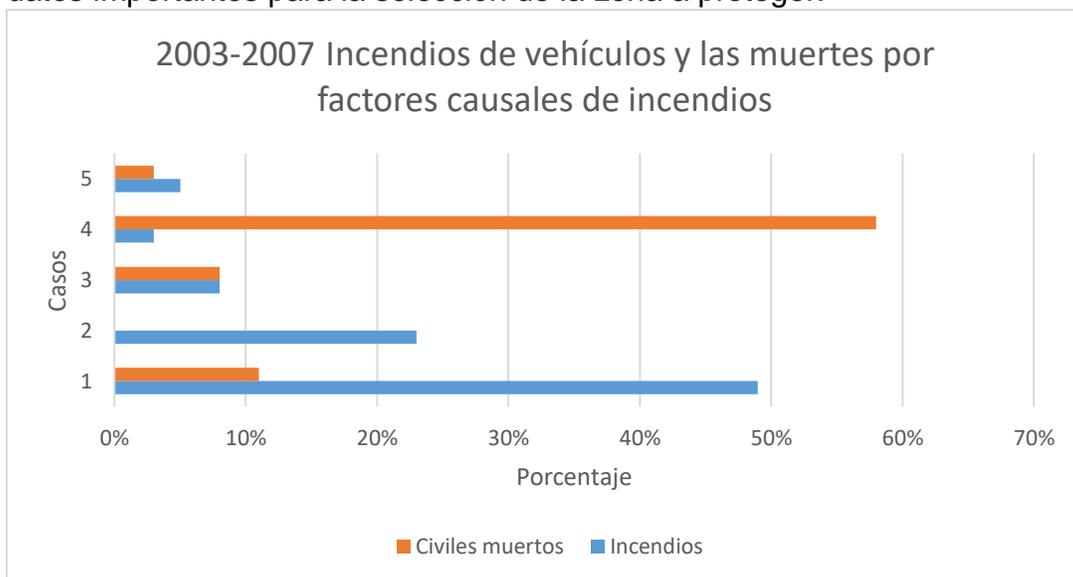


Figura. 5 Causas de incendios en automóviles [13].

Existen dos clases de causas de incendios en el automóvil las que están asociados a componentes del mismo automóvil y las que se relacionan con la carga que llevan.

A continuación, se enlistan las posibles causas para la ocurrencia de un incendio de la imagen anterior.

Casos:

1. Falla mecánica o mal funcionamiento
2. Falla eléctrica o mal funcionamiento
3. Intencional
4. Colisión o choque
5. Exposición por otro incendio

Dentro de la primera razón están:

- El depósito de combustible.
- El sistema de inyección de combustible.
- La batería.
- Los amortiguadores telescópicos.
- Los amortiguadores para absorción de impactos.
- El sistema de aire acondicionado.
- El sistema de airbag.
- Falta de mantenimiento periódico adecuado al acumulador [14,15].

Y entre las posibles fallas están:

*Sistema eléctrico:

- Cableado defectuoso.
- Cortocircuito en el acumulador.
- Sistema de encendido [14,15].

*Sistema de encendido:

-Fugas de gasolina o aceite del motor [14,15].

*Sistema mecánico:

-Mecanismo de frenado.

-Rodamiento defectuoso [14,15].

Se realizó una investigación sobre las aplicaciones relacionadas a sistemas contra incendios en automóviles que existen en el mercado y proyectos académicos desarrollados; sin embargo, no se encontró un sistema ni proyecto similar al desarrollado en este trabajo. Cabe mencionar que al no encontrar dicha información se optó por buscar sistemas contra incendios en general, encontrando los siguientes resultados:

FIAT y Alfa Romeo

Sistema Anti incendio (FPS), Fire Prevention System.

Es un sistema contra un posible incendio del automóvil. Entre los principales componentes del FPS, se encontró el interruptor inercial, que en caso de accidente bloquea instantáneamente la bomba eléctrica en los coches de gasolina y la electroválvula de alimentación en los motores diésel. De esta forma, provoca la caída instantánea de la presión en los conductos de combustible, para evitar el escape del mismo. Además de esto se ha prestado especial atención a la disposición de todos los conductos, conexiones y empalmes que podrían dañarse en caso de producir una colisión [3].



Figura. 6 Implementación de sistema FIAT y ALFA Romeo [3].

Land Rover

Los vehículos de esta marca poseen sistemas secundarios de seguridad, en la parte baja del vehículo, en forma de escudo protector, los cuales incorporan un sistema de interrupción automática del suministro de combustibles; y además de ello, están dotados de una protección especial del depósito del combustible y sistema anti-incendio en la parte inferior del vehículo [11].

Sistema de protección contra incendio de la FES Cuautitlán

Es un sistema desarrollado por un ingeniero mecánico de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, el cual consiste en un sistema contra incendio desarrollado en un almacén de plástico y cartón cuyo funcionamiento se basa en un sistema de hidrantes acomodados con cierta ubicación dentro del lugar en peligro, basado en las medidas de seguridad y requerimientos establecidos por las normas de NFPA [16].



Figura. 7 Fotos de almacén y panel de control [16].

Modelo funcional de un robot para la detección y sofocación de un incendio

Sistema mecatrónico móvil programado en microcontrolador PIC para identificar y ubicar incendios forestales usando sensores como termistores, LDR etc. y que apaga el siniestro sofocándolo con un sistema mecánico en forma de pala [18].

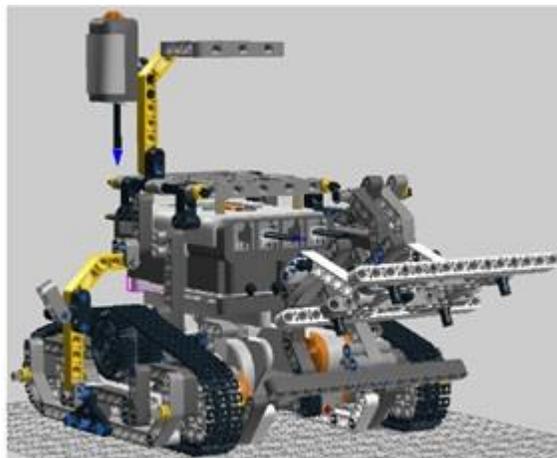


Figura. 8 Modelo final del robot sofoca incendios [18].

Diseño preliminar de un robot extintor de incendios que se desplaza por el techo

Robot diseñado para extinguir incendios colocado en el techo de lugares con poco espacio para maniobrar, cuyos alcances fueron un sistema de navegación, señal de alarma, sistema para desplazarse en el techo, sistema de captación de imágenes, etc. [19].

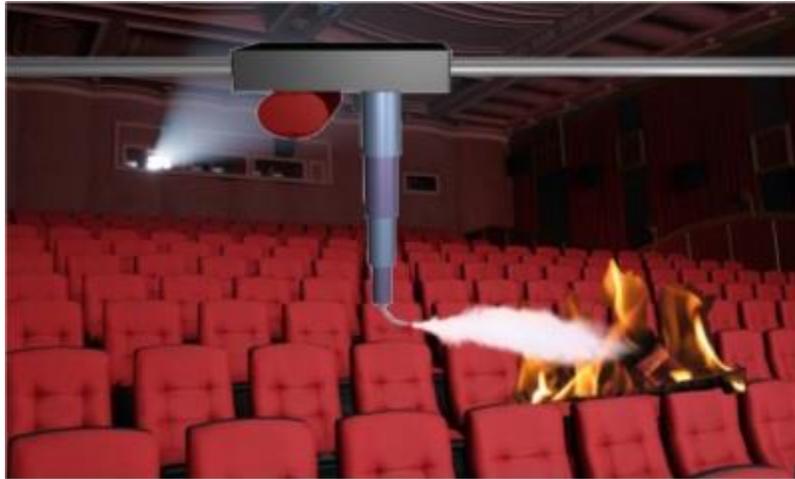


Figura. 9 Diseño conceptual del cellbot [19].

Diseño y construcción del robot móvil contra incendios “Robocatepetl”



Sistema el cual consiste en el diseño e implementación de un robot Móvil capaz de navegar autónomamente en un entorno cambiante como al de una casa habitación, teniendo la tarea principal de encontrar una pequeña vela encendida y apagarla. Esta tarea tiene la intención de simular la operación de funcionamiento de un robot en un incendio en el mundo real [20].

Figura. 10 Robocatepetl [20].

Sistema de detección de incendios basado en robot aéreo quadrotor.

En este trabajo se desarrolla una aplicación basada en un robot aéreo para la detección de incendios. Para ello se diseñó una interfaz de control de un helicóptero del tipo cuadrocoptero desde un PC. Además, se trabaja con el robot en un entorno inteligente que proporciona su posición en todo momento Para la detección de incendios se toman imágenes con una cámara de video ordinaria colocada en el propio helicóptero para analizarlas con técnicas de visión artificial mediante Matlab [21].



Figura. 11 Cuadrocoptero usado para el proyecto [21].

Sensor basado en LED's resistentes para detección de incendios

Se sabe que en tiempos actuales uno de los modos más cómodos de viajar es por medio de aviones, sin embargo, éstos llegan a presentar una clara problemática al tener que descender cada vez que sus alarmas contra incendios se activan en las cabinas de carga, ésto representa dinero y tiempo valioso para las aeronaves. Para ésto el instituto Southwest está desarrollando una técnica de espectroscopia de absorción óptica novedosa para detección de incendios. Los gases clave producidos por los incendios incipientes se detectan mediante absorbanca óptica, con diodos de infrarrojos emisores de luz (LED's), en comparación con los anteriores se tendrán respuestas rápidas a un incendio y con baja probabilidad de falsas alarmas [22].

Capítulo 2: Diseño conceptual y de configuración

Con base en los datos obtenidos de la investigación realizada en el capítulo 1, se consideró centrar el proyecto en los automóviles estándar, esto debido a factores como dimensiones y uso del vehículo. Siendo este el mercado primario para el equipo.

Se consideró dos clases de usuarios, el automóvil y el conductor. El primero por ser donde se instalará el sistema y el segundo por ser el consumidor, a su vez éstos representan los objetivos a salvaguardar en un siniestro.

Necesidades

Necesidad

Las necesidades del consumidor, expresadas en su propio lenguaje se denominan la voz del cliente. En esta etapa se incluyen los satisfactores, estimulantes e insatisfacciones que el consumidor identifica en un producto. Se refiere generalmente a cierto tipo de problemas que afronta la población [23].

Se comenzó por identificar las necesidades primordiales del sistema en general basadas en peticiones del usuario mostradas en la tabla siguiente. Estos deseos se obtuvieron a partir de realizar un cuestionario a 10 usuarios (ver anexos).

Debido a que los alcances no llegan a un producto final se consideró como muestra 10 personas siendo esta no significativa.

#Necesidad	Frases del cliente	Necesidades interpretadas
1	“El motor y el catalítico se calientan mucho”.	Hacer un sistema que mida la temperatura de forma constante.
2	“Falsas detección”.	Se verifique en más de una manera que el incendio ocurre o puede ocurrir

		(Llama, humo, gases, temperatura).
3	“Peligrosidad de combatir el incendio”.	Alguien más se encargue de esta peligrosa tarea.
4	“Tiempo de respuesta para atacar el incendio”.	Ir hacia la causa del problema de una forma más rápida.
5	“Falta de conocimiento del incendio”.	Ser capaz de detectar cual es la causa del incendio.
6	“Seguridad”.	Sistema que garantice el bienestar de las personas.
7	“Que no se quemé”.	Los componentes del sistema deben ser resistentes.
8	“Que sea confiable”.	Sistema activo todo el tiempo.
9	“Cómo se va a alimentar”.	Usando la batería del automóvil.
10	“No ocurran accidentes”.	En caso de salir de control el incendio pedir ayuda.
11	“De fácil manejo”.	Sistema que no necesite que el usuario lo monitoree.
12	“Capaz de adaptarse al entorno”.	Sistema inteligente.
13	“Cuál es el funcionamiento”.	Aviso de incendio.

Tabla 2. Necesidades del cliente.

Con estos resultados, posteriormente se identificaron y se dividieron las necesidades de acuerdo a los subsistemas de identificación y contención resultando las siguientes tablas.

Sistema de detección

Necesidades del sistema de identificación.
1-Evitar falsas detecciones.
2-Monitorear todo el tiempo.
3-Ocupe poco espacio.
4-Sea ligero.
5-Sistema confiable (seguridad del usuario).
6-Resistente.
7-Identificar incendio.
8-Respuesta rápida.

Tabla 3. Necesidades para el sistema de identificación.

■ Necesidades y requerimientos que comparten ambos sistemas

Las necesidades y requerimientos de la tabla anterior fueron seleccionados por las siguientes razones:

Evitar falsas detecciones. Garantizar y evitar que existan falsas alarmas que activen el sistema de contención, evitando el uso innecesario del agente extintor.

Monitorear todo el tiempo. Como no se puede saber cuándo va a ocurrir un incendio es importante vigilar las condiciones del entorno en todo momento.

Ocupe poco espacio. Debido a que las dimensiones dentro del cofre del automóvil son limitadas el espacio aprovechable es reducido.

Ligero. Actualmente los automóviles pesan poco comparados con los de años atrás, entonces nuestro sistema continuara con esa tendencia.

Confiable. Porque es la parte fundamental de todo sistema que pretenda garantizar el bienestar del usuario.

Resistente. Porque las condiciones de trabajo y entorno en las que operara pueden ser hostiles.

Identificar incendio. Saber cuándo hay peligro para el usuario monitoreando variables como la temperatura y el humo.

Respuesta rápida. Detectar un incendio de forma veloz minimiza el riesgo de propagación de un incendio.

Sistema de contención

Necesidades del sistema de contención.
1-Sistema rápido y eficaz.
2-Que sea ligero.
3-Sistema confiable (seguro).
4-Ocupe poco espacio.
5-Evite peligro al usuario.
6-Adaptable.
7-Independiente (0 intervención humana).
8-Ir a la causa del incendio.

9-Resistente.
10-Respuesta rápida.

Tabla 4. Necesidades para el sistema de contención.

■ Necesidades y requerimientos que comparten ambos sistemas.

El porqué de las necesidades y requerimientos del sistema del sistema de contención se describe a continuación:

Sistema rápido y eficaz. Que apague el incendio, garantiza la seguridad del usuario y evita mayores daños dentro del cofre de automóvil.

Evitar peligro al usuario. Salvaguardar el bienestar de los pasajeros es el principal objetivo del proyecto.

Adaptable. Se busca un sistema compatible con los vehículos de uso particular y tamaño estándar.

Independiente. Como todo sistema mecatrónico debe ser capaz de responder a los cambios de estado en su entrada accionando una salida automática.

Ir a la causa del incendio. Dirigir el agente extintor lo más cerca posible de la zona afectada.

Especificaciones objetivo

Son las necesidades del cliente que explican con detalles precisos y medidos lo que el producto tiene que hacer y como satisfacen al cliente // enunciado que contiene una métrica y un valor [21].

En la primera tabla se muestra información referente a las especificaciones del sistema de detección mientras en la segunda, es de acuerdo al sistema de contención ambas con base en las necesidades y requerimientos de cada subsistema.

Además, cada tabla cuenta con una columna de métrica donde se acota el alcance de cada especificación, así como las unidades en las que se miden, de igual manera hay en ambas tablas una columna de importancia de cada especificación respecto a los objetivos planteados para cada subsistema.

Sistema de detección

No. de necesidad	Especificaciones objetivo	Métrica	Importancia
1,2,5,7,8	Detecta Humos	10-50 [cm]	1
1,2,5,7,8	Detecta gases	monóxido de carbono 10-50 [cm]	1
1,2,5,7,8	Detecta llama	tonos de amarillo hasta rojo	1
5,8	Alarma de incendio	3-20 [kHz]	2
1,2,5,7,8	Temperatura	60-500 [°C]	1
4	masa del sistema	1-5[kg]	2
2	Batería	12[V]	2
6	Resistencia	0-1000 [°C]	1
5	Estilo	Subjetivo	3

2,5	Seguridad	Subjetivo	1
2,5,8	Reacción del sistema	<10 [seg]	1

Tabla 5. Especificaciones del sistema de detección.

*importancia donde va de mayor a menor importancia de 1 a 3 respectivamente

Sistema de contención

Sistema de contención

No. de necesidad	Especificaciones objetivo	Métrica	Importancia
3,6,10	Alarma de peligro	10-20[seg], 3 intentos	2
1,3,8,10	Extingue incendio	t<30 [seg] T<40 [°C]	1
2,4	Espacio de tubería	0.10-1 [m] de largo 1-5 [cm] radio del tubo	1
2	masa del sistema	1-5[kg]	2
1,4	Agente extintor	1-4 [litros]	1
3,10	Batería	12 [V]	2
9	Resistencia	0-1000 [°C]	1
2,5	Estilo	Subjetivo	3
1,3,6,7	Seguridad	Subjetivo	1
1,10	Reacción del sistema	<10 [seg]	1

Tabla 6. Especificaciones del sistema de contención

Nota: mayor a menor importancia de 1 a 3 respectivamente.

Diagrama de caja negra

Continuando con el proceso de diseño del sistema propuesto, esta elaborar el diagrama de caja negra que ilustra cuáles son las entradas y salidas de este proyecto.

El diagrama de caja negra propuesto para el sistema es el siguiente:

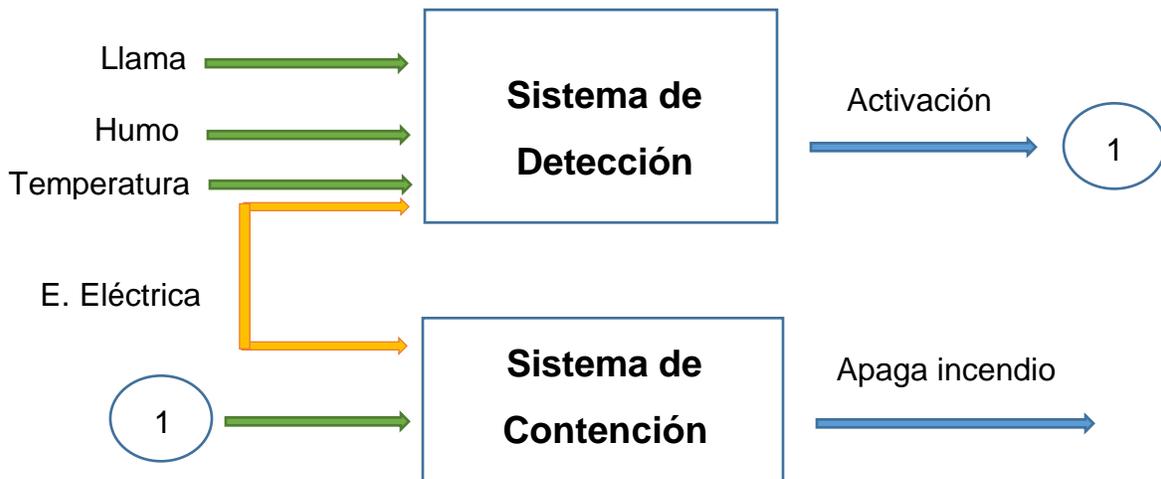


Figura 13. Diagrama de caja negra, donde las líneas verdes son entrada, azules salida y naranjas flujo de energía.

Como se puede ver en el diagrama de caja negra y como ya se ha mencionado anteriormente el sistema se compone de dos subsistemas, el sistema de detección. Encargado de monitorear variables como llama, humo y temperatura las cuales al superar cierto intervalo (se explicará a mayor detalle más adelante), manda una señal de activación considerada como su salida y a su vez es la entrada al subsistema de contención. Una vez recibida esta señal se activa la salida (de igual forma se explicará más adelante) que apaga el incendio.

Diagrama de caja negra a detalle

Una vez que se conoce la función principal del sistema y los pasos que se deben llevar para realizar dicha función. Se prosigue a explicar con mayor detenimiento los procesos que componen a los subsistemas.

La importancia de dividir el sistema en elementos con tareas específicas radica en sintetizar los trabajos realizados independientemente por cada subsistema y el cómo se relacionan estos entre sí.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama de caja negra a detalla, del cual a continuación se explica cada elemento que lo compone:

❖ Sistema de adquisición y monitoreo

Es el encargado de recibir los datos obtenidos por los sensores de humo, fuego y temperatura durante el monitoreo. Cabe mencionar que el número total de sensores de fuego y humo es mayor al número de entradas con las que cuenta el microcontrolador PIC 16F887, por tal razón se optó por implementar multiplexores entre los sensores y la entrada para el procesamiento de los datos.

De acuerdo al funcionamiento del multiplexor los sensores son leídos de forma secuencial y de uno a la vez en un tiempo no mayor a 10 [ms] por sensor.

❖ Procesamiento de datos

En esta parte del sistema los datos que provienen de los multiplexores entran al microcontrolador a través de un ADC con resolución de 10 bits, siendo 1024 igual a 5 volts el valor más alto y 0 igual 0 volts el menor valor. Con estos datos y la lectura registrada por el ADC se realiza una regla de tres, el resultado obtenido se compara con

una cantidad establecida dependiendo del sensor (205 igual a 1 [V] para fuego y 512 igual a 2.5 [V] para humo), para saber si hay o no peligro.

❖ Activación del mecanismo para el extintor

Una vez que el valor de fuego es considerado como peligroso por el procesamiento de datos, el microcontrolador envía la orden al mecanismo que activara el extintor para contener el incendio. El tiempo entre la señal de activación y que el extintor sea usado es menor a 3 [s].

❖ Alerta visual y sonora

Estos elementos son activados cuando el valor de las variables temperatura o humo son mayores al establecido como normal, su duración es menor a 5 [s], con el fin de esperar a que el humo se disperse dentro del cofre o disminuya la temperatura ambiente del mismo reduciendo los falsos positivos que pueden provocar la activación del mecanismo de extinción.

Diagrama completo del sistema contra de incendios

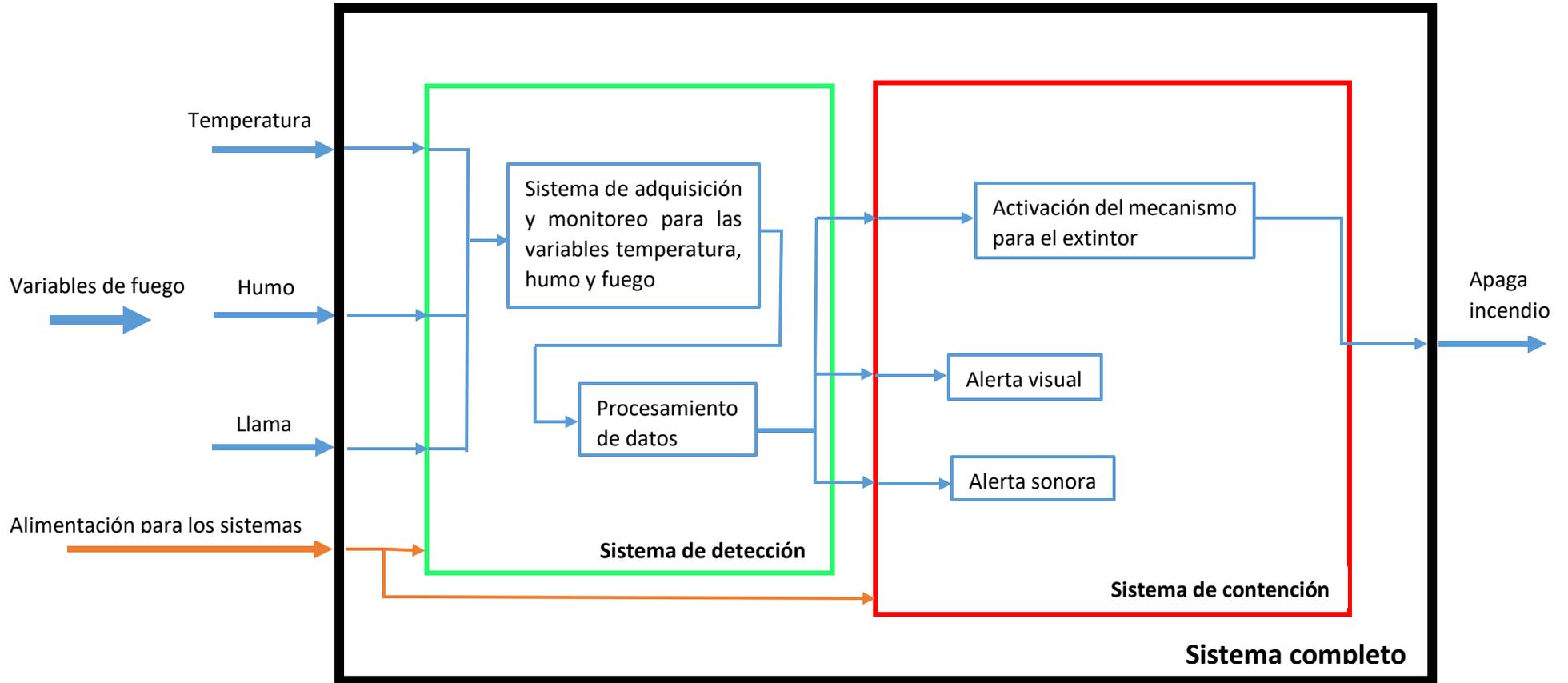


Figura 14. Diagrama completo de caja negra, mostrando a su vez los subsistemas completos.

Storyboard

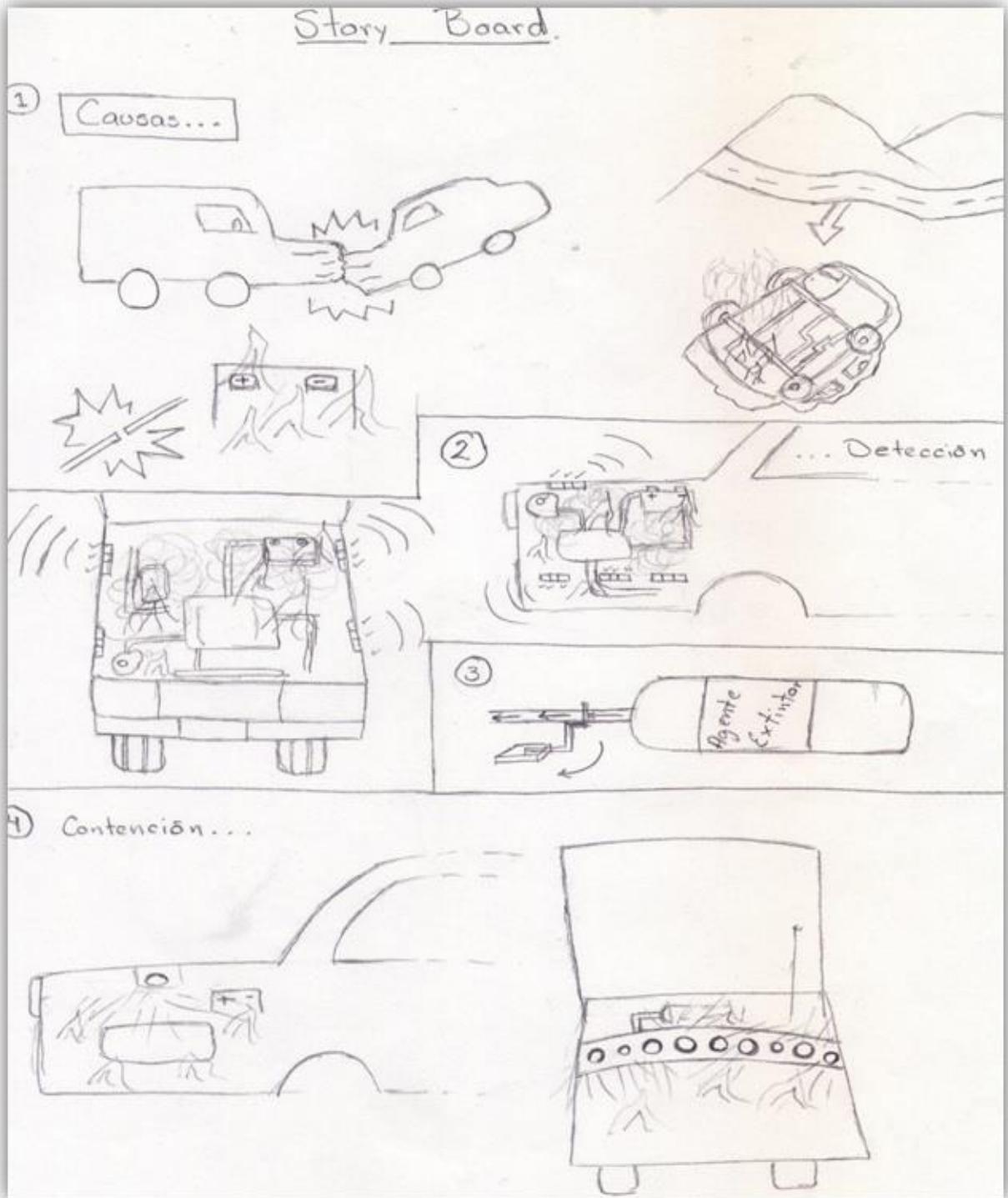


Figura 15. Storyboard.

Lo primero que hizo el equipo en la búsqueda de una solución fue plantearse en que situaciones podría ocurrir un siniestro y por lo tanto fuera necesario un sistema contra incendios. Entonces, para visualizar mejor lo anterior se propuso un storyboard, mostrado en la figura 15.

En el primer cuadro se ilustran las causas por las cuales se podría incendiar un vehículo estándar como lo son choque o volcadura o mal funcionamiento ya sea del sistema mecánico o eléctrico.

Mientras en el siguiente cuadro se aprecia el monitoreo constante de humo, fuego y temperatura llevado a cabo por los sensores dentro del cofre del automóvil, al detectar un cambio en estas variables se ilustra él envió de la señal de activación.

Como se observa en el tercer cuadro la señal recibida activara el mecanismo que libera el agente extintor.

Por último, en el cuarto cuadro vemos un par de perspectivas de como el agente extintor es expulsado a través de una tubería en forma de flautín acoplada en el interior del cofre del automóvil.

Generación de conceptos

Se dividió el problema principal en varios subsistemas o problemas más pequeños para encontrar ideas más específicas, entre los problemas encontrados están:

- Circuito para alimentar el sistema
- Tipo de agente extintor a usar
- Mecanismo que activa la parte del sistema que apaga el incendio (actuadores)
- Señal indicadora de incendio
- Posición y cantidad del agente extintor
- Parámetros a vigilar por el sistema de detección

- Materiales a usar para hacer la carcasa del producto resistente
- Posición de los sensores del sistema
- Programación del sistema de detección y de contención
- Conexión de los sistemas de detección y contención

Ya con estos problemas detectados el paso siguiente era el generar conceptos para dar solución a cada uno de ellos, dando como resultado las siguientes tablas de conceptos. La primera está relacionada con el sistema de detección las siguientes, con el sistema de contención y al final se muestran las tablas que pertenecen a ambos subsistemas.

Sistema de detección

Detección
-Sensor de llama -Sensor de humos -Sensor de gases (monóxido de carbono) -Sensor de temperatura

Tabla 7. Soluciones del concepto detección.

Sistema de contención

Agente extintor
-Polvos -Tierra -Agua -Espuma -Aire

Tabla 8. Soluciones del concepto agente extintor.

Accionamiento
-Motor DC -Servomotor -Motor a pasos -Finales de carrera

Tabla 9. Soluciones del concepto de accionamiento.

Seguridad
-Alarma visual -Alarma sonora

Tabla 10. Soluciones del concepto de seguridad.

Ambos

Posición del sistema
-Tubería de cobre -Tubería de plástico -Junto al problema a combatir

Tabla 11. Soluciones del concepto de posición del sistema.

Materiales para resistencia
-Madera -Plástico

-Aluminio -Fibras -Tela

Tabla 12. Soluciones del concepto de materiales.

Alimentación
-Batería externa -Batería interna -Cargador

Tabla 13. Soluciones del concepto de alimentación.

Programación
-Arduino -PIC -Raspberry Pi -Stellaris

Tabla 14. Soluciones del concepto de programación.

Selección de conceptos

Para elegir los conceptos a emplear en el proyecto el equipo se apoyó en criterios como los siguientes:

- Precio
- Peso
- Portabilidad
- Resistencia
- Volumen ocupado

- Facilidad de uso
- Disponibilidad
- Presentación
- Durabilidad
- Eficiencia

Con base en los criterios anteriores el equipo realizó las matrices de selección siguientes, considerando los criterios enunciados anteriormente y algunos otros. Además, al igual que en las tablas anteriores estas matrices están clasificadas de acuerdo al subsistema que pertenecen.

Sistema de detección

Criterios de Selección	Concepto										
	Peso	Sensor de temperatura		Sensor de gases		Sensor de color		Sensor de llama		Sensor de humo	
		Calif	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor
Distancia de detección	0.35	4	1.4	3	1.05	2	0.7	4	1.4	4	1.4
Precio	0.05	4	0.2	3	0.15	5	0.25	2	0.1	3	0.15
Programación	0.1	3	0.3	3	0.3	4	0.4	3	0.3	3	0.3
Evitar falsos	0.15	4	0.6	4	0.6	2	0.3	5	0.75	3	0.45
Velocidad de respuesta	0.1	4	0.4	3	0.3	3	0.3	4	0.4	3	0.3
Resistencia	0.15	2	0.3	2	0.3	3	0.45	4	0.6	3	0.45
Disponibilidad	0.1	4	0.4	3	0.3	4	0.4	3	0.3	3	0.3

Total	1		3.6		3		2.8		3.85		3.35
Evaluación neta			Sí		No		No		Sí		Sí

Tabla 15. Matrices de selección del concepto de detección.

Acomodo del sistema de detección

Criterios de Selección	Concepto										
	Peso	Irregular (sin forma)		En equis		En diagonal		En rombo		En círculo	
		Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor
Precio	0.1	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Programación	0.1	2	0.2	2	0.2	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Seguridad	0.2	4	0.8	2	0.4	2	0.4	2	0.4	2	0.4
Velocidad de respuesta	0.2	4	0.8	4	0.8	4	0.8	4	0.8	4	0.8
Espacio ocupado	0.1	5	0.5	4	0.4	5	0.5	3	0.3	3	0.3
Cantidad -Área cubierta	0.1	3	0.3	3	0.3	4	0.4	2	0.2	2	0.2
	0.2	4	0.8	4	0.8	3	0.6	5	1	5	1
Total	1		3.6		3.2		3.2		3.2		3.2
Evaluación neta			Sí		No		No		No		No

Tabla 16. Matrices de selección del concepto de acomodo para el sistema detección.

Sistema de contención

Agente extintor

Criterios de Selección	Concepto										
	Peso	Agua		Polvo ABC		Aire		Tierra		Espuma	
		Cal	Valor	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Valor
Peso	0.15	2	0.3	4	0.6	5	0.75	3	0.45	5	0.75
Disponibilidad	0.1	5	0.5	4	0.4	5	0.5	4	0.4	4	0.4
Volumen	0.25	2	0.5	5	1.25	4	1	2	0.5	4	1
Eficiencia	0.4	2	0.8	5	2	3	1.2	3	1.2	2	0.8
Precio	0.1	4	0.4	1	0.1	4	0.4	3	0.3	3	0.3
Total	1		2.5		4.35		3.85		2.85		3.25
Evaluación neta			No		Sí		No		No		No

Tabla 17. Matrices de selección del concepto de agente extintor.

Accionamiento

Criterios de Selección	Concepto												
	Peso	Sistema electrónico		Motor DC		Servo		Motorreductor		Compresor de aire		Motor a pasos	
		Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val
Voltaje	0.1	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Corriente	0.2	3	0.6	4	0.8	3	0.6	2	0.4	3	0.6	3	0.6

Acoplamiento	0.15	2	0.3	4	0.6	4	0.6	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Peso	0.05	3	0.15	3	0.15	3	0.15	2	0.1	2	0.1	3	0.15
Espacio ocupado	0.05	2	0.1	3	0.15	3	0.15	3	0.15	2	0.1	3	0.15
Par de torsión	0.1	2	0.2	4	0.4	4	0.4	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Precio	0.025	3	0.07	3	0.07	3	0.07	4	0.1	4	0.1	3	0.07
Velocidad de reacción	0.1	2	0.2	4	0.4	3	0.3	2	0.2	3	0.3	3	0.3
Precisión	0.1	2	0.2	3	0.3	5	0.5	2	0.2	4	0.4	4	0.4
Condiciones de trabajo	0.025	4	0.1	4	0.1	4	0.1	4	0.1	4	0.1	4	0.1
Carga	0.1	3	0.3	4	0.4	4	0.4	4	0.4	4	0.4	4	0.4
Total	1		2.53		3.67		3.57		2.85		3.45		3.38
Evaluación neta			No		Sí		No		No		No		No

Tabla 18. Matrices de selección del concepto de acondicionamiento.

Seguridad

Criterios de Selección	Concepto						
	Peso	Alarma sonora		Alarma visual		Ambas	
		Calif	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor
Consumo de energía	0.3	4	1.2	3	0.9	3	0.9
Velocidad de reacción	0.3	4	1.2	4	1.2	4	1.2

Distancia audible	0.1	4	0.4	3	0.3	4	0.4
Precio	0.1	4	0.4	4	0.4	4	0.4
Visibilidad	0.1	3	0.3	5	0.5	4	0.4
Disponibilidad	0.1	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Total	1		4		3.8		3.8
Evaluación neta			Sí		No		No

Tabla 19. Matrices de selección del concepto de seguridad.

Posición del sistema de contención

Criterios de Selección	Concepto										
	Peso	En el cofre		Detrás en la cajuela		Sobre la cabina		Debajo del asiento		Bajo la carrocería	
		Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor
Espacio ocupado	0.2	4	0.8	4	0.8	2	0.4	3	0.6	4	0.8
Peso	0.2	4	0.8	4	0.8	4	0.8	4	0.8	4	0.8
Presentación	0.05	5	0.025	4	0.02	2	0.01	3	0.015	4	0.02
Resistencia	0.2	3	0.60.	5	1	4	0.8	4	0.8	3	0.6
Adaptaciones	0.3	5	1.50.	3	0.9	3	0.9	3	0.9	3	0.9
Precio	0.05	4	0.02	3	0.015	3	0.015	3	0.015	3	0.015
Total	1		3.7		3.5		2.9		3.1		3.2

Evaluación neta			Si		No		No		No		No
-----------------	--	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----

Tabla 20. Matrices de selección del concepto para el posicionamiento del sistema de contención.

Efactor final

Criterios de Selección	Concepto										
	Peso	Flautín		Carro deslizante		Esfera		Aspersor		Llaves	
		Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor
Eficiencia	0.3	5	1.5	2	0.6	3	0.9	2	0.6	3	0.9
Fragilidad	0.2	4	0.8	2	0.4	3	0.6	4	0.8	3	0.6
Material	0.1	4	0.4	3	0.3	3	0.3	4	0.4	4	0.4
Peso	0.1	3	0.3	3	0.3	4	0.4	5	0.5	4	0.4
Geometría	0.05	4	0.2	3	0.15	4	0.2	5	0.25	4	0.2
Volumen	0.1	3	0.3	2	0.2	4	0.4	4	0.4	4	0.4
Fácil construcción	0.05	3	0.15	1	0.05	4	0.2	4	0.2	4	0.2
Costo	0.1	2	0.2	2	0.2	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Total	1		3.85		2.2		3.2		3.35		3.3
Evaluación neta			Sí		No		No		No		No

Tabla 21. Matrices de selección del concepto de efector final.

Ambos sistemas

Material

Criterios de Selección	Concepto												
	Peso	Madera		Plástico		Acero		Aluminio		Cobre		Cerámico	
		Cal	Valor	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Valor
Resistencia	0.25	1	0.25	2	0.5	4	1	3	0.75	4	1	4	1
Disponibilidad	0.1	4	0.4	2	0.2	3	0.3	5	0.5	3	0.3	3	0.3
Peso	0.2	3	0.6	4	0.8	2	0.4	4	0.8	3	0.6	2	0.4
Maleabilidad	0.15	2	0.3	3	0.45	2	0.3	3	0.45	3	0.45	4	0.6
Precio	0.05	5	0.25	4	0.2	2	0.1	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Durabilidad	0.15	1	0.15	3	0.45	4	0.6	3	0.45	4	0.6	3	0.45
Volumen ocupado	0.1	2	0.2	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Total	1		2.15		2.9		3.15		3.4		3.4		3.2
Evaluación neta			No		No		No		Sí		Sí		No

Tabla 22. Matrices de selección del concepto para el material.

Alimentación

Criterios de Selección	Concepto						
	Peso	Batería del auto		Cargador		Pila externa recargable	
		Calif	Valor	Cal	Valor	Cal	Valor
Tamaño	0.1	2	0.2	5	0.5	5	0.5
Corriente	0.25	4	1	4	1	4	1
Voltaje	0.15	4	0.6	2	0.3	2	0.3
Disponibilidad	0.1	5	0.5	4	0.4	4	0.4
Duración	0.15	4	0.6	3	0.45	2	0.3
Precio	0.05	5	0.25	3	0.15	4	0.2
Acondicionamiento	0.15	2	0.3	4	0.6	4	0.6
Material	0.05	3	0.15	4	0.2	3	0.15
Total	1		3.6		3.6		3.45
Evaluación neta			Si		Si		No

Tabla 23. Matrices de selección del concepto de alimentación.

Programación

Criterios de Selección	Concepto								
	Peso	Arduino		PIC		Raspberry Pi		Stellaris	
		Calif	Valor	Cal	Val	Cal	Val	Cal	Val
Lenguaje	0.2	3	0.6	4	0.8	3	0.6	3	0.6
Memoria	0.1	3	0.3	4	0.4	4	0.4	3	0.3
Tamaño	0.05	2	0.1	4	0.2	2	0.1	2	0.1
E/S	0.1	4	0.4	4	0.4	4	0.4	3	0.3
Recursos	0.1	4	0.4	3	0.3	2	0.2	3	0.3
Precio	0.05	2	0.1	4	0.2	3	0.15	3	0.15
Velocidad de procesamiento	0.15	2	0.3	4	0.6	3	0.45	2	0.3
Consumo de energía	0.15	4	0.6	4	0.6	3	0.45	3	0.45
Compatibilidad	0.1	3	0.3	3	0.3	2	0.2	3	0.3
Total	1		3.1		3.8		2.95		2.8
Evaluación neta			Si		Si		No		No

Tabla 24. Matrices de selección del concepto de programación.

Especificaciones finales

Rango de valores más precisos en comparación con las especificaciones objetivo, desarrolladas al evaluar las restricciones técnicas reales durante la selección de conceptos [21].

De las tablas anteriores se puede concluir que las mejores soluciones para cada uno de los conceptos elegidos son las siguientes:

Sistema de detección	
Concepto	Solución
Detección	Sensor Humo Sensor Fuego Sensor Temperatura
Posición de Sensores	Irregular
Sistema de contención	
Concepto	Solución
Agente Extintor	Polvo ABC
Accionamiento	Motor DC
Efecto final	Flautín
Seguridad	Alarma sonora y visual
Ubicación de equipo	Cofre
Ambos	
Alimentación	Cargador
Programación	Arduino
Material	Aluminio

Tabla 25. Componentes de las configuraciones finales.

Diseño de configuración

A continuación, se describen y se muestran las opciones que se contemplaron como solución para cada uno de los subsistemas.

En las imágenes también se puede apreciar que se analizaron tanto aspectos negativos como positivos de cada opción propuesta, con el fin de elegir la mejor idea para llevarla a cabo.

Sistema de detección

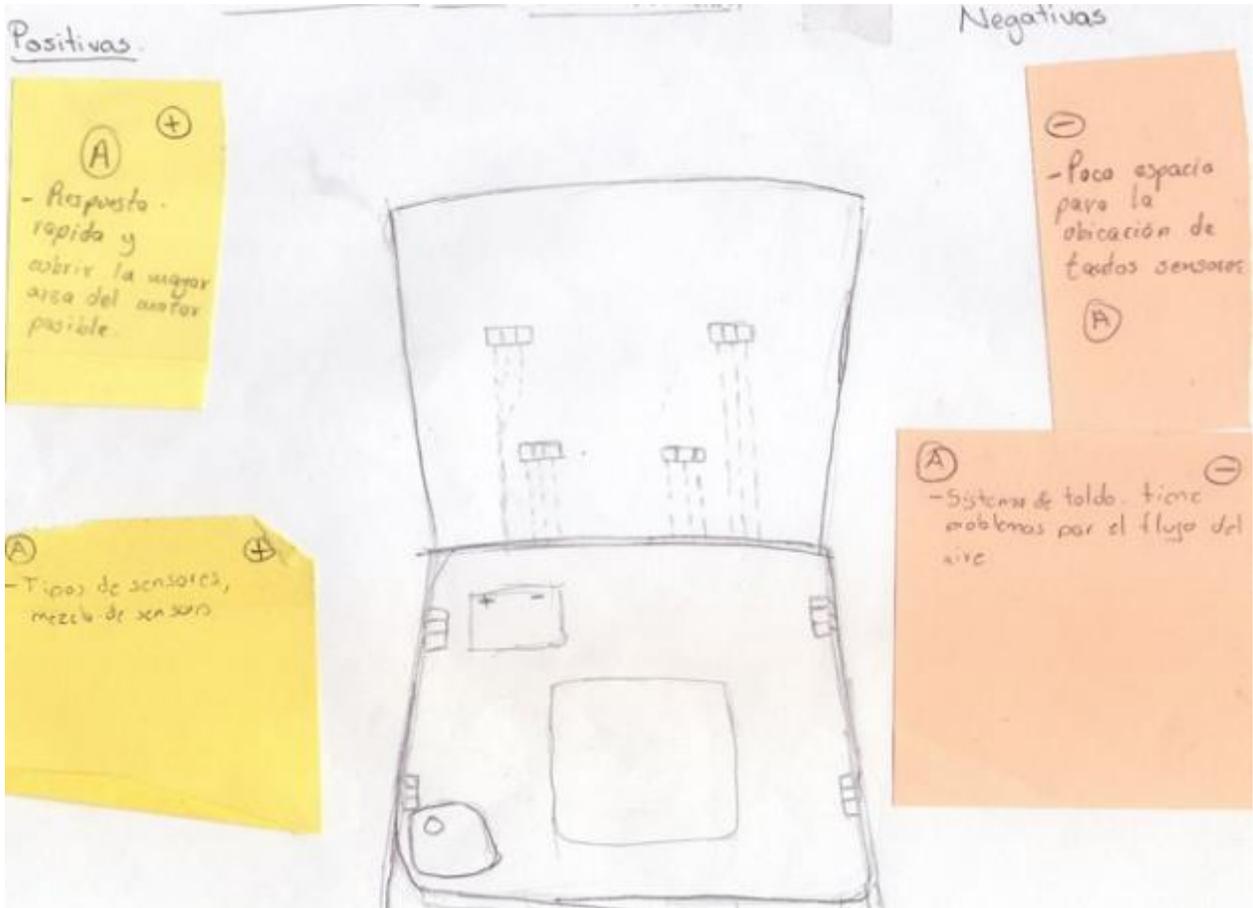


Figura 16. Opción A: El sistema está compuesto por arreglos de sensores colocados tanto en la tapa del cofre como en las esquinas de este, se pensó así ya que la estructura de la tapa del cofre facilita colocar los sensores. Cada arreglo está formado por un sensor de fuego, uno de temperatura y uno más de llama. El sistema es alimentado por un cargador de 19 [V] con una etapa de acondicionamiento para alimentar el PIC a 5 [V]. El tiempo de monitoreo es de aproximadamente 6 [s] para recorrer todos los sensores.

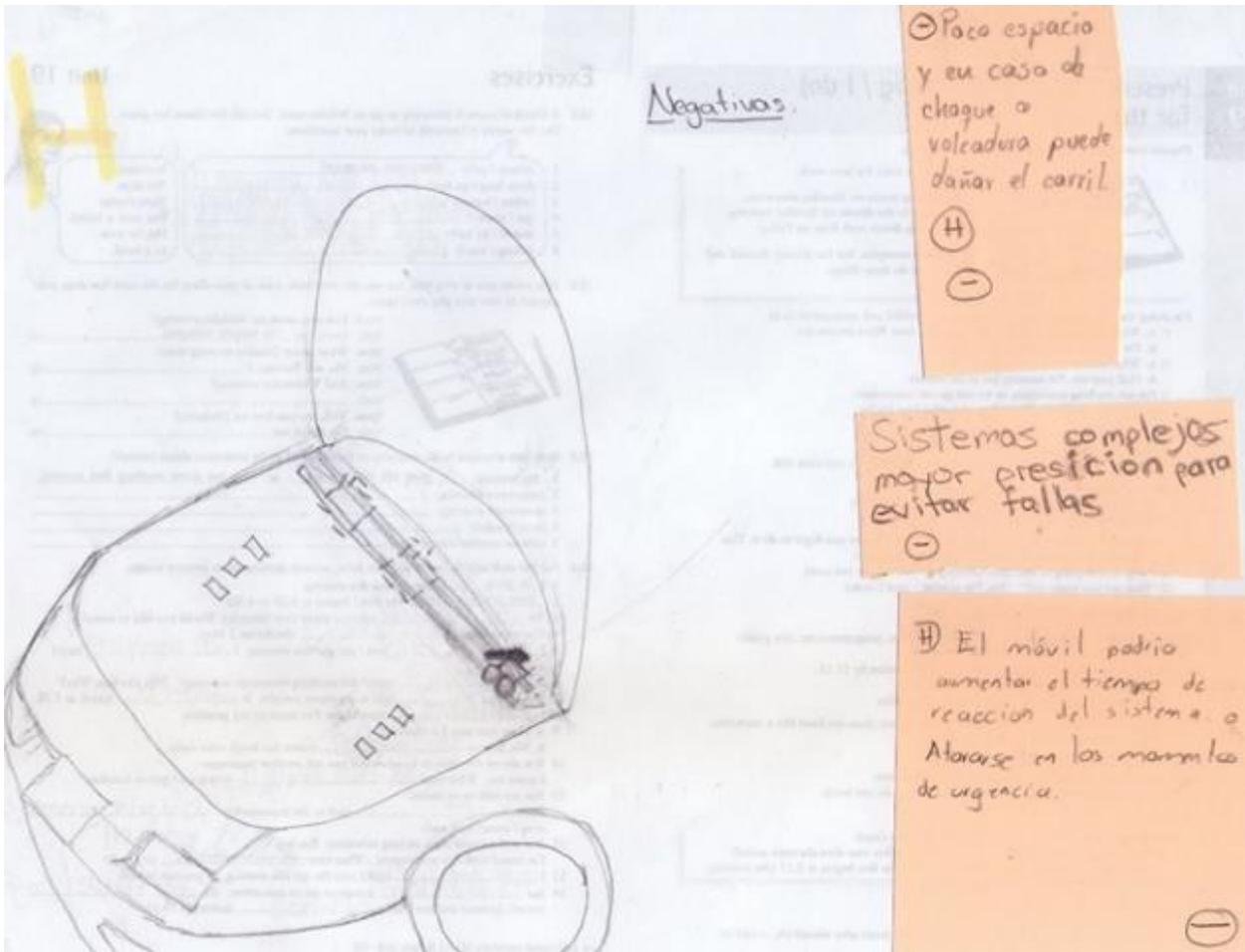


Figura 17. Opción B: En esta configuración se propone un arreglo de sensores móvil el cual está colocado cerca de la unión tapa-cofre, cuya función es monitorear el ancho del cofre en intervalos de 5 segundos que fue propuesto por el equipo, además tiene un par de arreglos más en el centro del cofre para cubrir áreas no visibles para la parte móvil El sistema es alimentado por un cargador de 19 [V] con una etapa de acondicionamiento para alimentar el PIC a 5 [V]. El tiempo de monitoreo es de aproximadamente 6 [s] para recorrer todos los sensores.

Sistema de contención

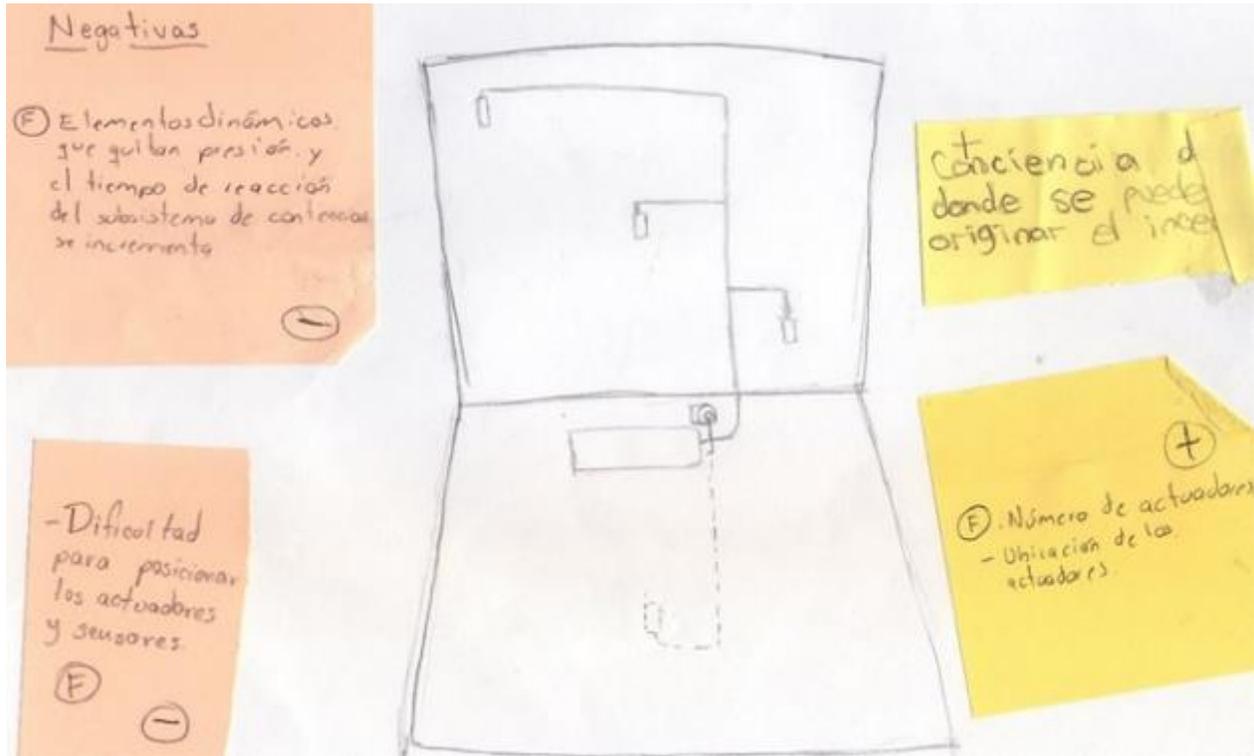


Figura 18. Opción A: El agente extintor se ubica en la cabina del auto, lo más cerca posible al cofre, de modo que la instalación necesaria para las boquillas que se encuentran en la tapa del cofre, tenga la menor longitud posible. Esto con la finalidad de evitar caídas de presión después del accionamiento. El sistema es alimentado por un cargador de 19 [V] que activa un motor DC con respuesta instantánea a la señal de activación recibida.

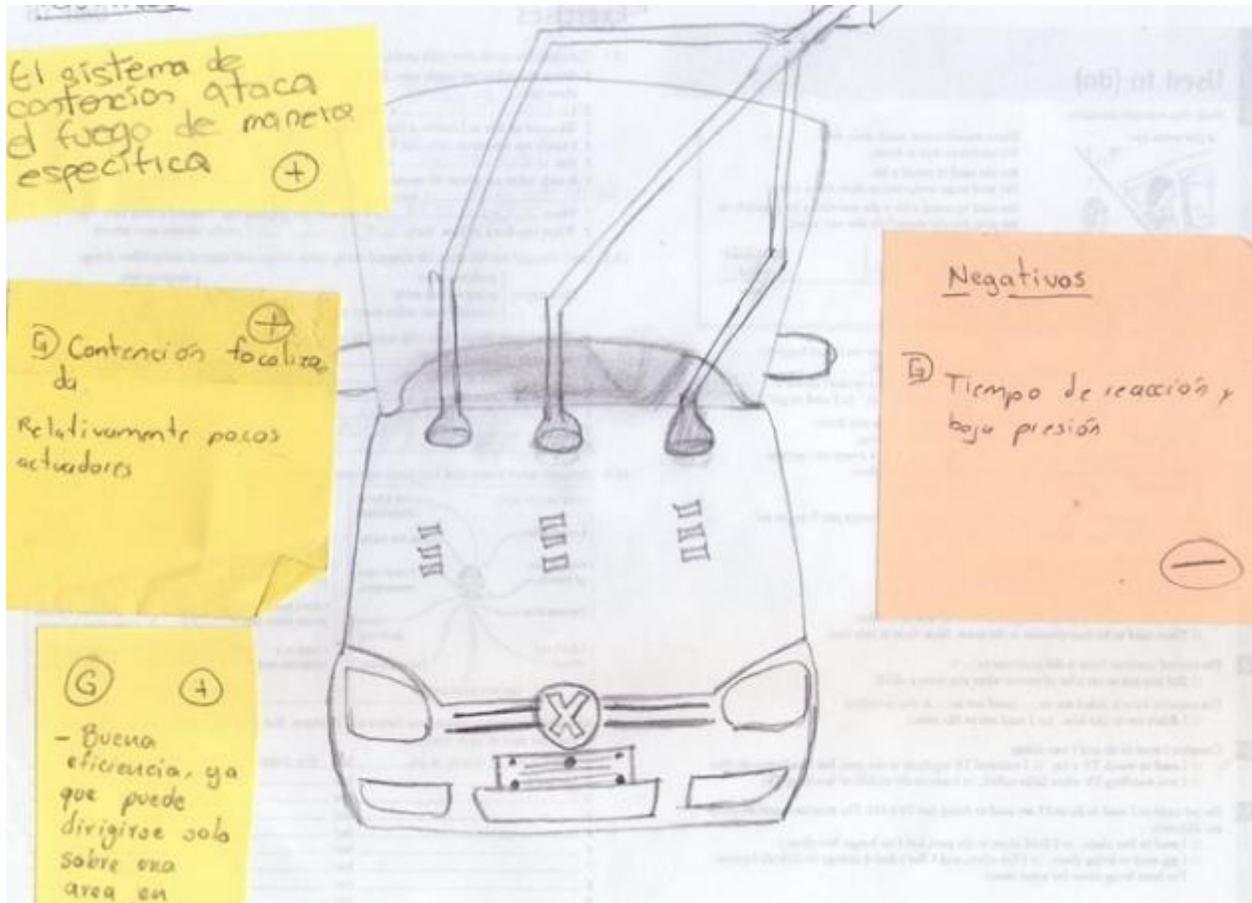


Figura 19. Opción B: Se propone que el agente extintor se encuentre en la cajuela del auto y que para apagar el incendio este sea transportado al cofre a través de una tubería con diámetro no mayor a $\frac{1}{2}$ in que se pensó pasara por debajo del chasis y como efector final se consideró tres boquillas como aspersores de un diámetro mayor a 3 in. El sistema es alimentado por un cargador de 19 [V] que activa un motor DC con respuesta instantánea a la señal de activación recibida.

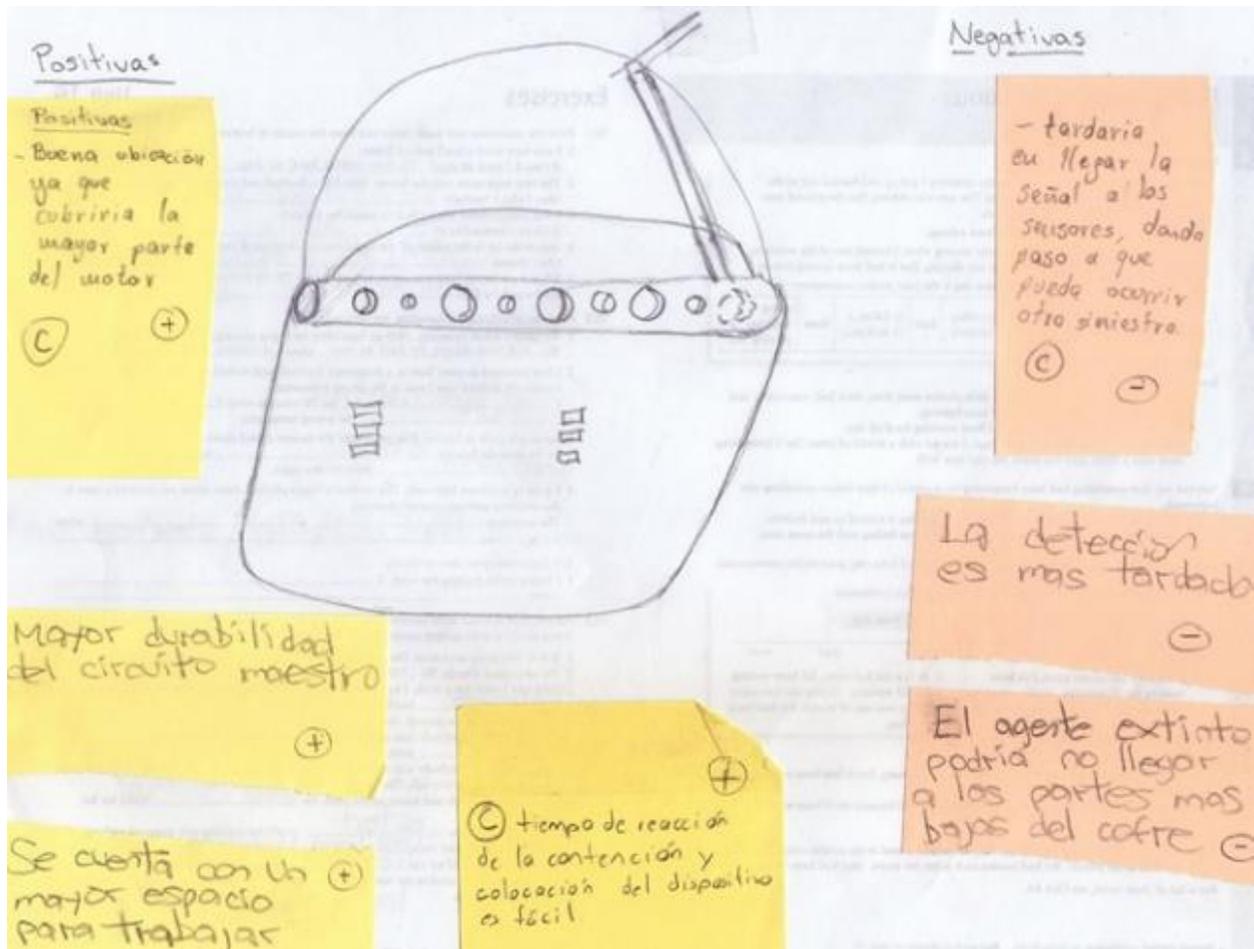


Figura 20. Opción C: Se propone como efector final un tubo de diámetro menor a $\frac{1}{2}$ in con orificios en ángulos distintos para garantizar que el agente extintor salga con buena presión y llegue a más áreas del cofre, al igual que en la anterior propuesta el equipo para apagar el incendio se piensa colocar dentro de la cabina del conductor para tener caídas de presión mínimas. El sistema es alimentado por un cargador de 19 [V] que activa un motor DC con respuesta instantánea a la señal de activación recibida.

Después de analizar las configuraciones propuestas para ambos sistemas se llegó a la conclusión que las opciones más viables de llevar a cabo como se explicara en el próximo capítulo son la opción C para el sistema de detección mientras que para el sistema de contención también es la opción C.

Capítulo 3: Diseño de detalle

En este capítulo se describen los componentes de los subsistemas a partir de las configuraciones seleccionadas en el capítulo anterior.

Subsistema de detección

El primer elemento del que se hablará en este capítulo es del sensor de temperatura, esto con base en el orden en que normalmente ocurre un incendio.

El sensor elegido para monitorear la temperatura es el sensor DS18B20, el cual tiene las especificaciones siguientes.



Figura 21. Sensor DS18B20 [26].

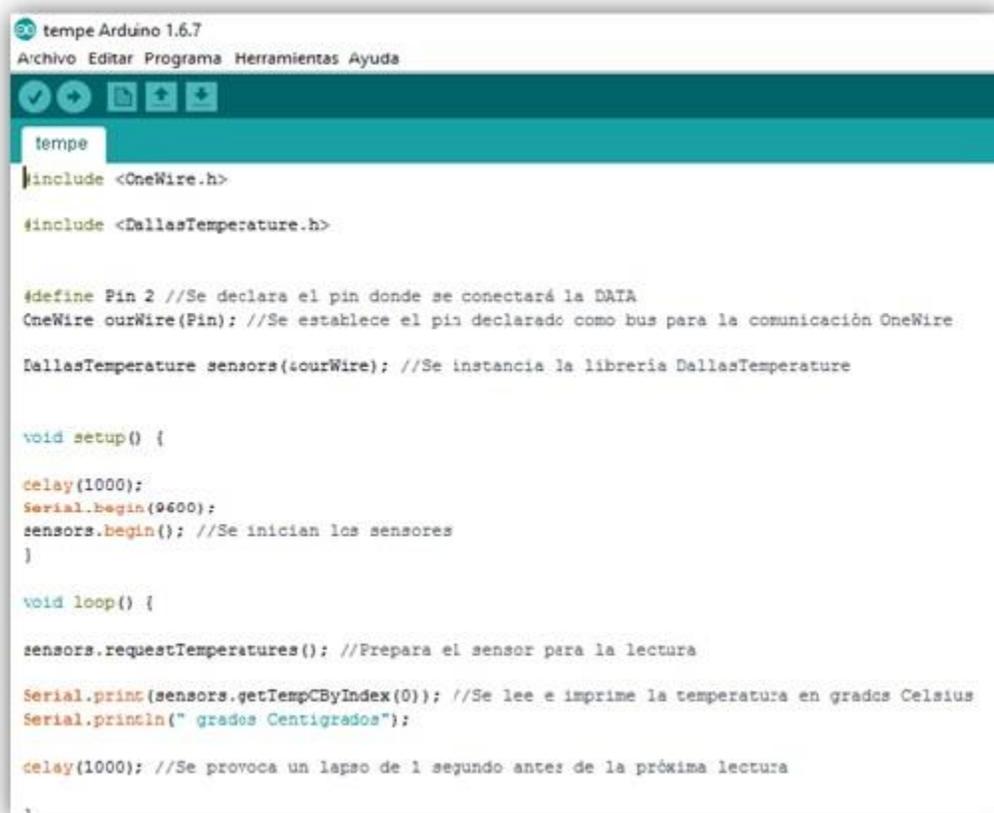
Especificaciones	
Voltaje de operación	3 a 5 [V]
Rango de medición	-25 a 125 [°C].
Precisión	-10 a +85 [°C] ±0.5 -55 a +125[°C] ±2
Resistencia de pull up	R > 4.7 [KΩ]
Material	Encapsulado de acero Inoxidable a prueba de agua
Longitud de cable	1 [m]
Tiempo de respuesta	t < 750 [ms]
Dimensiones carcasa	Diámetro 6 [mm] Longitud 5 [cm]

Tabla 26. Cuadro de especificaciones del sensor DS18B20 [27].

Con el fin de utilizar el sensor adecuadamente se necesitó usar ciertas librerías que nos permitieron conocer la temperatura del ambiente donde se encontraba el sensor. Estas librerías son, <OneWire.h> y <DallasTemperature.h>.

Las primeras pruebas para el sensor se realizaron en un microcontrolador arduinoUNO con el siguiente programa, donde se va la implementación de las librerías anteriormente mencionadas.

El programa toma una muestra de la temperatura ambiente cada segundo mostrándola en el monitor serial. Como lo indica el siguiente algoritmo.



```

tempe Arduino 1.6.7
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

tempe
#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

#define Pin 2 //Se declara el pin donde se conectará la DATA
OneWire ourWire(Pin); //Se establece el pin declarado como bus para la comunicación OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se instancia la librería DallasTemperature

void setup() {
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin(); //Se inician los sensores
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //Se lee e imprime la temperatura en grados Celsius
  Serial.println(" grados Centigrados");
  delay(1000); //Se provoca un lapso de 1 segundo antes de la próxima lectura
}

```

figura 22. Programa de prueba para el sensor de temperatura.

En la siguiente imagen se pueden observar los resultados mostrados en el monitor serial de arduino. Cabe mencionar que el período de toma de muestras fue de un segundo para facilitar la visualización en el cambio de temperatura.

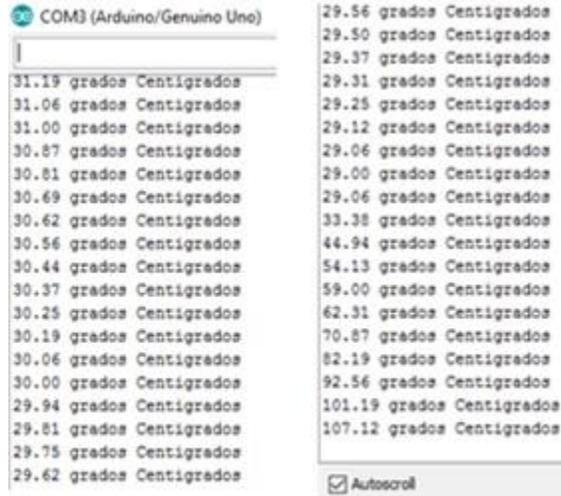


Figura 23. Resultados del sensor de temperatura.

Se implementó un circuito para la caracterización del sensor, conformado por una resistencia conectada en pull-up valor sugerido debe ser mayor a 4.7 [kΩ], durante las pruebas se encontró que al aumentar el valor de esta resistencia la respuesta del sensor era más rápida, entonces después de probar con varios valores se determinó que la mejor respuesta se obtenía con una resistencia de [kΩ]. Como se muestra en la siguiente imagen, remarcando el señor de temperatura usado.

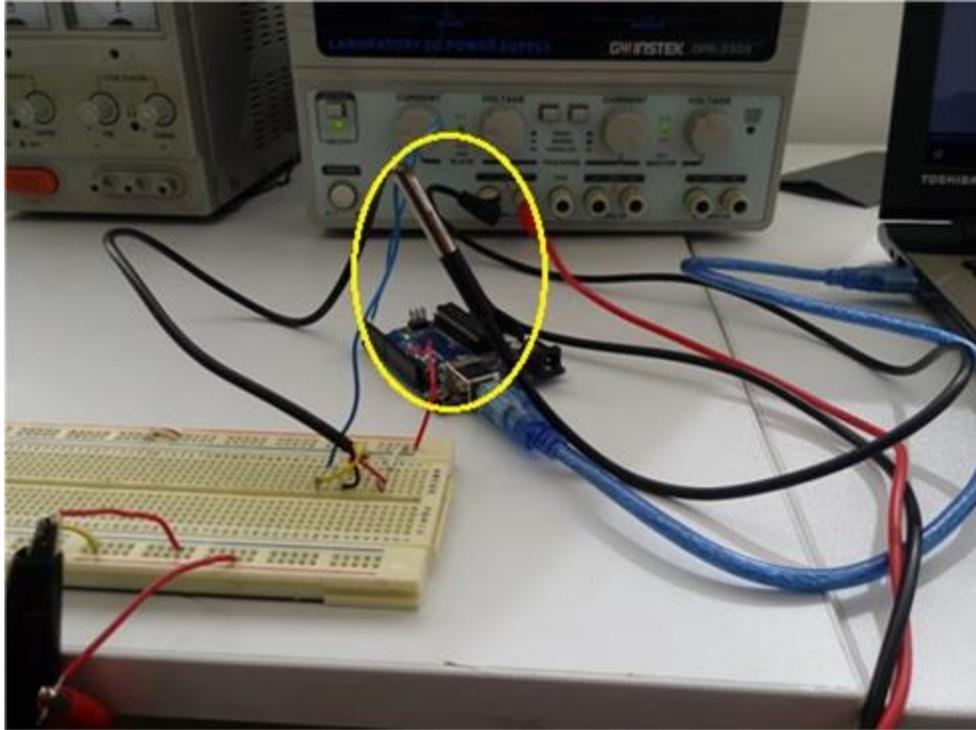


Figura 24. Circuito usado para el sensor de temperatura.

El siguiente elemento del sistema de detección a describir es el sensor de humo. El sensor seleccionado fue el MQ-2, que cuenta con las siguientes especificaciones.



Figura 25. Sensor MQ-2 [28].

Especificaciones	
Voltaje de operación	5 [V]
Elementos químicos detectados	- LPG (gas licuado de petróleo) - i-butano - propano - metano - alcohol - hidrógeno - humo
Temperatura	- 20 a 50 [°C]

Material	Encapsulado de bakelita
Concentración	300-10000 [ppm]
Dimensiones carcasa	Diámetro: 19 [mm] Altura: 23 [mm]

Tabla 27. Cuadro de especificaciones del sensor MQ-2 [29].

Para usar este sensor se realizaron dos programas en el microcontrolador ArduinoUNO, el primero para analizar la concentración del aire ambiente obteniendo un valor el cual se usa como punto de comparación en el segundo programa, con el fin de saber si existe humo en el ambiente.

El primer programa es el siguiente:

El programa realiza 10 iteraciones para obtener un promedio de la calidad del aire ambiente y el promedio se imprime en el monitor serial.

```

LIMPIO Arduino 1.6.3
Archivo Editor Programas Herramientas Ayuda
LIMPIO $
void setup(){
  Serial.begin(9600);
}
void loop(){
  float sensor_volt;
  float RS_air; // Get the value of RS via in a clear air
  float R0; // Get the value of R0 via in H2
  float sensorValue;

  /*--- Get a average data by testing 100 times ---*/
  for(int x = 0 ; x < 100 ; x++)
  {
    sensorValue = sensorValue + analogRead(A0);
  }
  sensorValue = sensorValue/100.0;
  /*-----*/
  sensor_volt = sensorValue/1024*5.0;
  RS_air = (5.0-sensor_volt)/sensor_volt; // omit *RL
  R0 = RS_air/10.0; // The ratio of RS/R0 is 10 in a clear air
  Serial.print("sensor_volt = ");
  Serial.print(sensor_volt);
  Serial.println("V");

  Serial.print("R0 = ");
  Serial.println(R0);
  delay(1000);
}
    
```

Figura 26. Programa para evaluar la calidad de aire en el ambiente.

En la siguiente imagen se pueden observar los resultados mostrados en el monitor serial de Arduino. Al igual que en el sensor de temperatura el período de toma de muestras fue de un segundo para facilitar la visualización del cambio de valores.

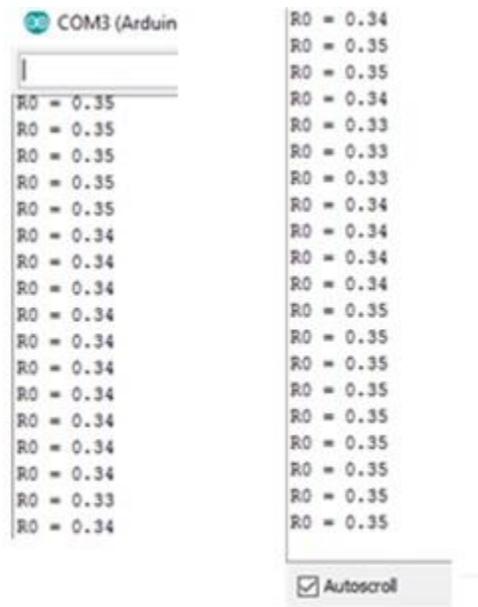


Figura 27. Resultados obtenido de evaluar el entorno de prueba.

Al igual que el anterior programa se realizan 10 iteraciones y se obtiene un promedio el cual se compara con el valor final del primer programa, si el resultado es menor a 5 se considera que existe humo.

El segundo programa para la detección de humo en el ambiente se ve a continuación:

```

MONITOEEO Arduino 1.6.3
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
MONITOEEO $
float sensor_volt;
float RS_gas; // Get value of RS in a GAS
float ratio; // Get ratio PS_GAS/PS_air
int sensorValue = analogRead(A0);

//*****humo*****
sensor_volt=(float)sensorValue/1024*5.0;
RS_gas = (5.0-sensor_volt)/sensor_volt; // omit *Ri

/*-Replace the name "R0" with the value of R0 in the demo of First Test -*/
ratio = RS_gas/.22; // ratio = RS/R0
/*-----*/

Serial.print("humo: ");
Serial.println(ratio);

if(ratio<=5){
    digitalWrite(humo,HIGH);
}
else{
    digitalWrite(humo,LOW);
}
    
```

Figura 28. Programa para determinar la existencia de humo.

En la siguiente imagen se pueden observar los resultados mostrados en el monitor serial de Arduino. Con un periodo de toma de muestras fue de un segundo para facilitar la visualización del cambio de valores.

```

COM3 (Arduino/
humo: 10.94
humo: 10.88
humo: 10.88
humo: 10.94
humo: 10.94
humo: 10.94
humo: 10.94
humo: 10.81
humo: 10.88
humo: 10.88
humo: 10.88
humo: 10.81
humo: 10.88
humo: 10.81
humo: 10.81
humo: 10.81
humo: 10.75
humo: 10.63
humo: 10.63
humo: 10.63
humo: 10.56
humo: 10.50
humo: 10.03
humo: 7.03
humo: 4.48
humo: 3.08
humo: 2.67
humo: 2.55
humo: 2.52
humo: 2.50
humo: 2.42
humo: 2.32
humo: 2.25
humo: 2.24
humo: 2.28
humo: 2.31
Autoscroll
    
```

Figura 29. Resultados obtenidos, mostrando la existencia de humo.

El circuito usado para realizar las pruebas es el siguiente, en el cual se remarca el sensor siendo utilizado.

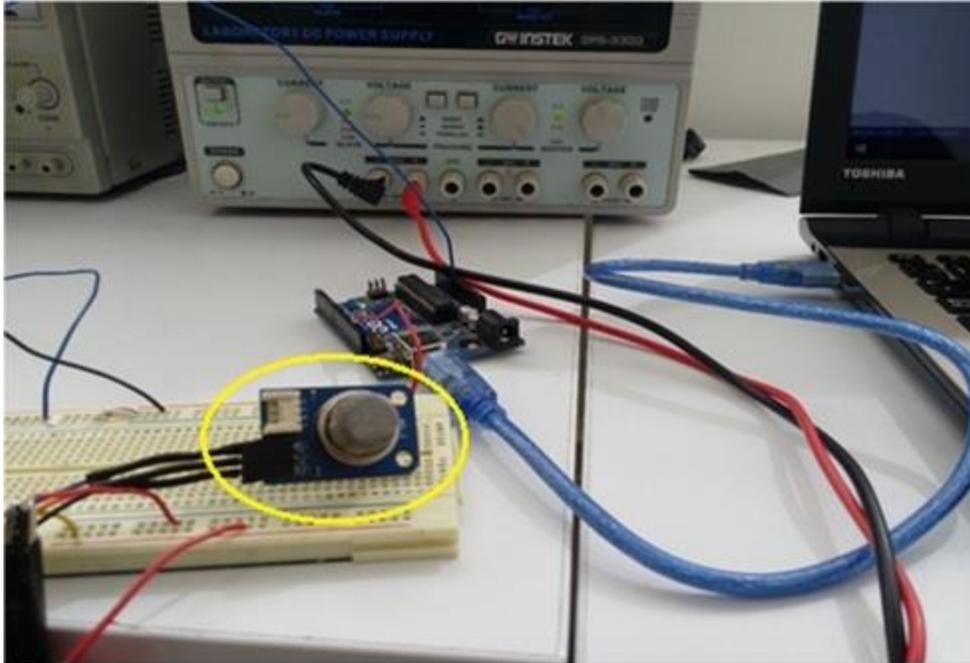


Figura 30. Circuito usado para las pruebas del sensor de humo.

Este consta con un pin para voltaje, uno para tierra y uno más de lectura de datos que se envían al Arduino.

El último elemento del sistema de detección es el sensor de fuego, siendo clave la detección de una llama para la activación del sistema de contención.

El sensor usado es un led infrarrojo, que cuenta con las siguientes especificaciones.



Figura 31. Led infrarrojo receptor [30].

Especificaciones	
Voltaje de operación	5 [V]
Longitud de onda	760 a 1100 [nm]
Temperatura	$T < 85$ [°C]
Distancia	20 a 100 [cm]
Dimensiones carcasa	Diámetro: 5 [mm] Altura: 3.4 [cm]
Ángulo de visión	60 [°]

Tabla 28. Cuadro de especificaciones del led infrarrojo receptor [31].

Para el uso del led como sensor se necesita una resistencia, la cual se varió para limitar el alcance y acotar el rango de medición óptimo. El valor de esta resistencia al final fue de 1.2 [kΩ].

Posteriormente se observó que el ángulo de visión del sensor no era suficiente para detectar en una mayor área, por lo tanto, se decidió unir más de un sensor para formar arreglos de 5, con el fin de aumentar la eficiencia de detección.

Como en los anteriores elementos se elaboró un programa en ArduinoUNO para realizar pruebas. El programa realiza mediciones cada segundo, estas son mostradas en el monitor serial y a su vez se introducen en el comparador y dependiendo de su valor se enviará la señal de activación, a continuación, se muestra dicho programa:

```

MONITOEEO Arduino 1.6.3
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

MONITOEEO $

//*****llama*****

float peligro = analogRead(A1);

// Mapeamos el rango del sensor (4 opciones):
// f:Función: 'long int map(long int, long int, long int, long int, long int)'
float fuego = map(peligro, minimo, maximo, 0, 5);

if(fuego<=2.5){
  digitalWrite(llama,HIGH);
}
else{
  digitalWrite(llama,LOW);
}

Serial.print("el valor de llama es: ");
Serial.println(fuego);

// Serial.print("peligro es: ");
//Serial.println(peligro);

```

Figura 32. Programa para realizar pruebas en el sensor de fuego.

En la siguiente imagen se pueden observar los resultados mostrados en el monitor serial de Arduino. Al igual que en los sensores anteriores el periodo de toma de muestras fue de un segundo para facilitar la visualización del cambio de valores.

Para el desarrollo de las pruebas, se elaboró un primer modelo de apariencia con el propósito de que los elementos del sistema de detección actuaran en un mismo ambiente y para eliminar la luz ambiental imitando el ambiente existente dentro del cofre de un automóvil.

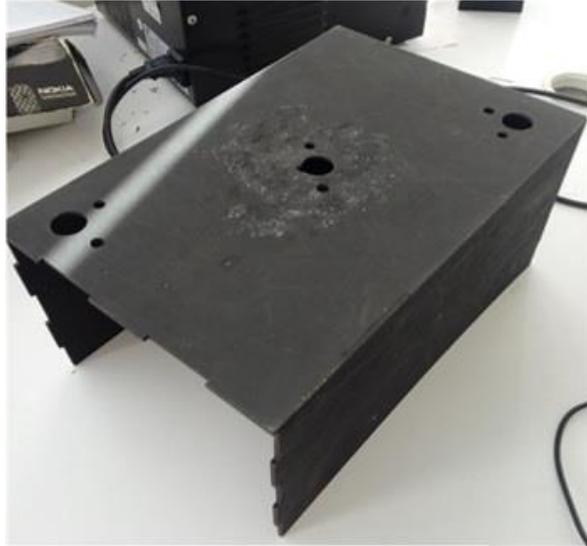


Figura 35. Prototipo 1 usado para las pruebas.

Con este modelo de apariencia y los tres sensores en un mismo circuito se corroboró que pueden funcionar juntos, mostrándose en la siguiente figura el primer prototipo enfocado.

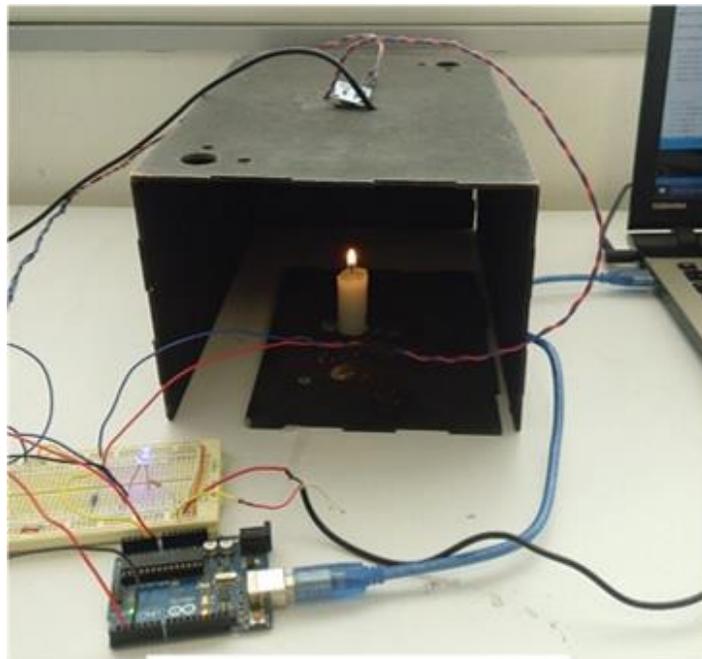


Figura 36. Prueba final con los tres sensores.

Las salidas de este sistema es un led que indica cuando todas las condiciones descritas arriba se cumplen.

Subsistema de contención

El mecanismo se compone de las partes siguientes.

- ❖ Seguro: pieza acoplada en la base del extintor cuya funcionalidad es detener la pinza superior de este, para evitar su activación accidental.
- ❖ Base: se fabricó una base con el fin de colocar todo el sistema de contención en ella, de forma que sea más sencillo colocar el resto de los componentes en la misma y a su vez fijarla al cofre.
- ❖ Riel: para evitar un movimiento lateral del seguro dentro de la pinza al ser activado y esto causará un mal funcionamiento del sistema, se hizo este elemento.
- ❖ Motor: parte del sistema de contención que mediante una barra acoplada a su eje se encarga de quitar el seguro para activar el extintor.
- ❖ Resorte: elemento fundamental para el accionamiento, dado que en este se acumula la fuerza necesaria para oprimir la pinza del extintor, una vez siendo liberado el seguro.

El prototipo analítico de activación para el sistema de contención se propone en la siguiente figura:

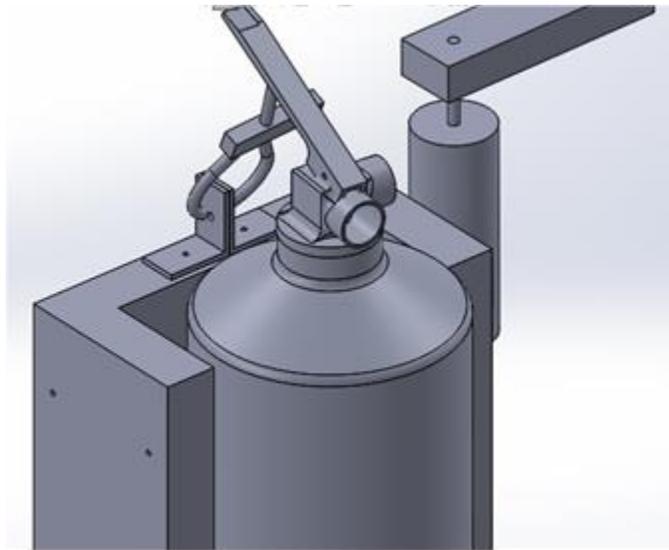


Figura 37. CAD del sistema propuesto para la contención.

A continuación, se muestra el mecanismo de contención con sus elementos usados para la prueba del prototipo.



Figura 38. Elementos del sistema de contención.

En las siguientes figuras se puede ver el movimiento que el mecanismo tiene al ser activado:

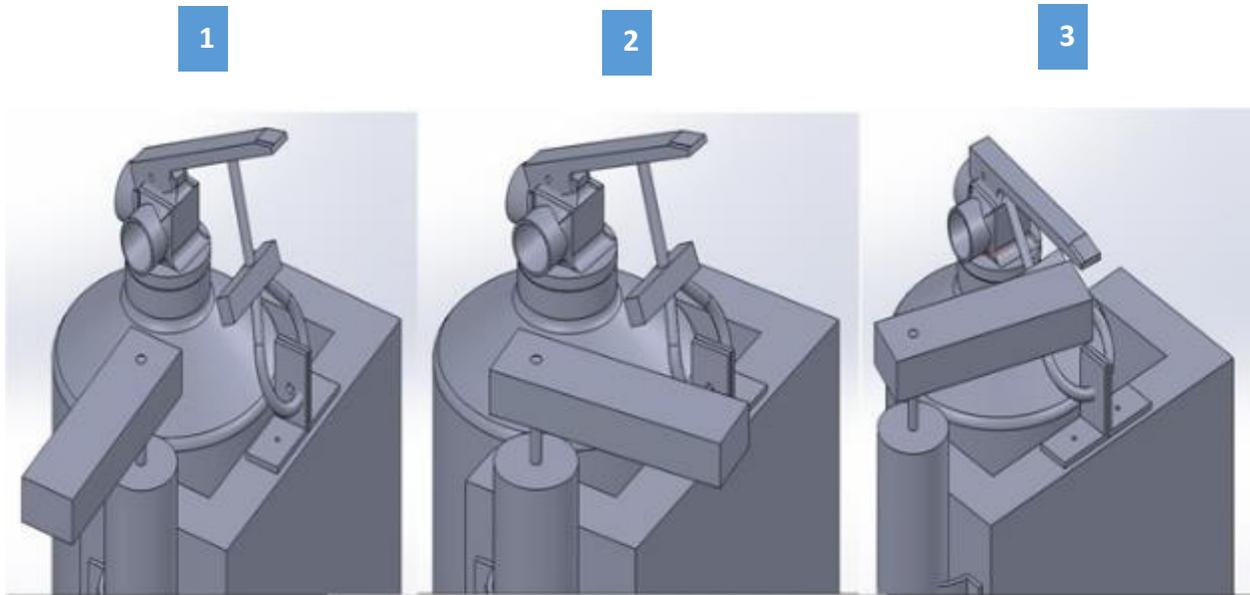


Figura 39. Secuencia de movimiento para la activación del extintor.

El motor usado para el accionamiento del mecanismo de contención, es un motor de corriente directa como el mostrado en la figura siguiente:



Figura 40. Motor CD.

Especificaciones	
Voltaje de operación	12-24 [V]
Temperatura	-40 a 140 [°C]
Velocidad con carga	9500 [rpm]
Par de torsión	0.2 [Nm]
Peso	450 [gr]
Corriente	4 [A]

Figura 29. Especificaciones del motor CD.

El extintor usado para el prototipo enfocado es el siguiente:



Figura 41. Extintor de prueba.



Figura 42. Parte superior del extintor de prueba.

Cabe mencionar que el extintor usado para este sistema de contención no es el agente extintor seleccionado por las matrices de decisión del capítulo 2, sin embargo, debido a que la parte superior del mismo es similar a la de un extintor de CO₂ se puede acoplar al prototipo enfocado del efector final, además se contaba con el de antemano.

Para el prototipo enfocado del efector final se usó un tubo de cobre de 50 [mm] de diámetro por 125 [mm] de largo. A este tubo se le adaptó una unión en uno de sus extremos para poder conectarlo directamente a la salida del extintor, además se hicieron perforaciones en distintas direcciones con la finalidad de intentar cubrir en su totalidad el área del cofre al rociar el agente extintor. La descripción anterior se ilustra a continuación:



Figura 43. Prototipo de efector final.

Sistema completo real de contención

Una vez teniendo todas las partes acopladas del prototipo enfocado, el sistema de contención quedó de la siguiente manera.



Figura 44. Prototipo del sistema de contención.

Integración de los subsistemas

Una vez que funcionó el arreglo básico del sistema de detección, se tomaron dos decisiones. La primera aumentar el número de arreglos a 5 con la finalidad de colocarlos cerca de las áreas mencionadas en el primer capítulo. Por esta razón se diseñó un segundo modelo de apariencia de dimensiones mayores a las de la primera caja, mostrado a continuación:



Figura 45. Segundo prototipo de prueba.

Para sujetar los arreglos a la caja anterior, se diseñó una base para cada uno como la siguiente:



Figura 46. Base para sujetar los sensores.

En la figura pasada se puede apreciar que la base tiene tres orificios, uno para cada tipo de sensor y un par de orificios en donde se sujeta dentro del modelo funcional dos y

permitir un libre movimiento a lo largo de este, en la imagen siguiente se aprecia los sensores colocados en su lugar respectivo en la base:

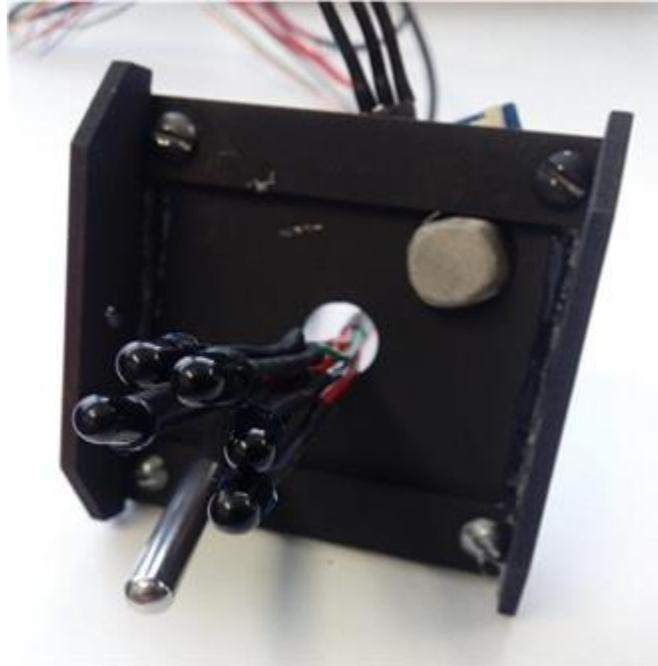


Figura 47. Arreglo de sensores completo.

Por último, se posicionaron los 5 arreglos de la forma siguiente dentro de la caja grande mostrando el resultado a continuación.

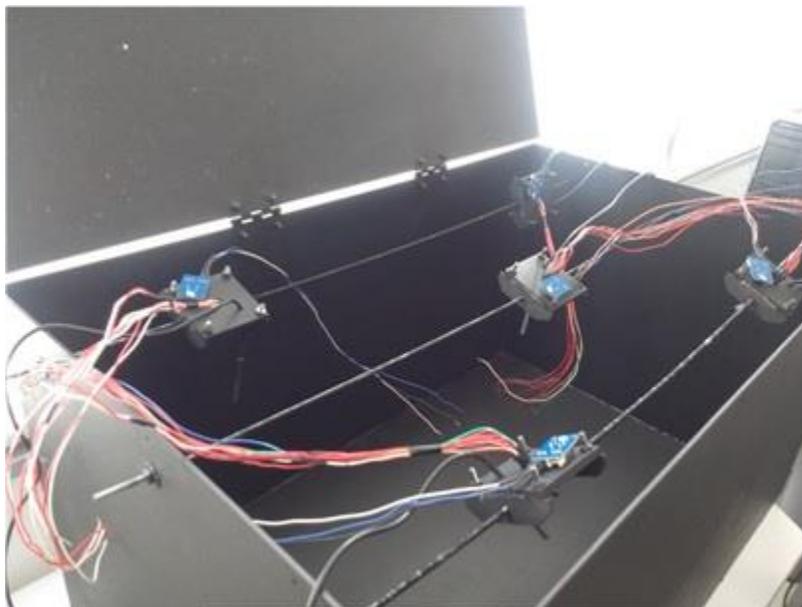


Figura 48. Los 5 arreglos dentro del prototipo 2.

La segunda es el cambiar el entorno de programación a un microcontrolador PIC 16F887, esto debido a que el arduino no cuenta con las entradas necesarias para la cantidad de sensores a emplear en el sistema.

Al aumentar el número de leds receptores infrarrojos se decidió que cada uno llevara un seguidor de voltaje para evitar una caída de tensión que afectara las mediciones, como el que se muestra en la figura siguiente.

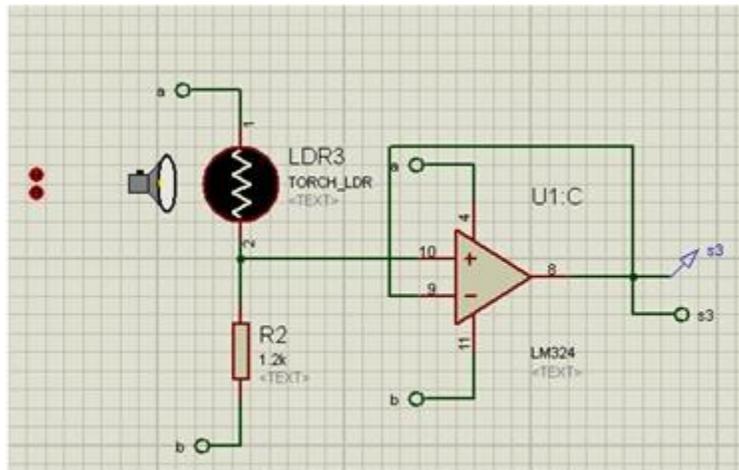


Figura 49. Seguidor de voltaje a salida del sensor infrarrojo.

Para realizar este circuito se usó un amplificador operacional LM324, por ser un circuito integrado con varios amplificadores operacionales internos.

Debido a que el software utilizado para la simulación no cuenta con led's infrarrojos receptores, se utilizaron sensores ldr en su lugar para verificar el funcionamiento del seguidor.

Para verificar el correcto funcionamiento de los sensores trabajando junto con el PIC se simuló el resto de las variables como se muestra en la figura siguiente.

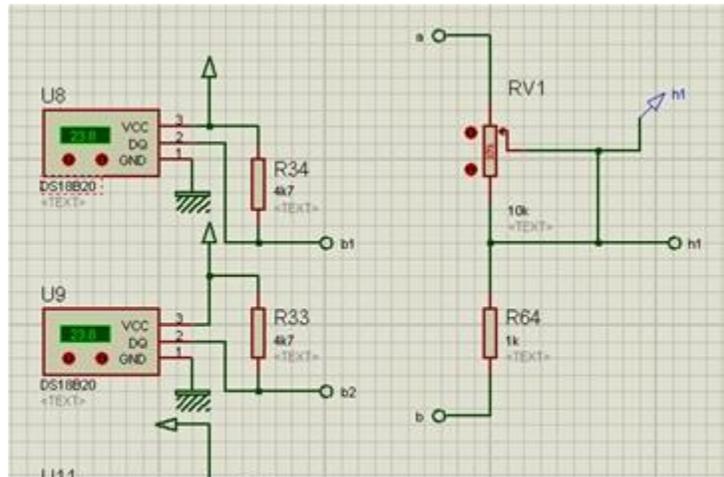


Figura 50. Simulación de los sensores de humo y temperatura.

El sensor de temperatura esta a la izquierda de la figura y cuenta con una resistencia entre salida y voltaje para variar su sensibilidad en el momento de monitorear, después de probar varios valores el valor usado fue de 8 [kΩ].

Cabe mencionar que el sensor de humo (a la derecha de la figura anterior) tampoco estaba disponible en el software por lo tanto se sustituyó con un potenciómetro. Mientras, para el de temperatura fue posible usar el mismo modelo usado para las pruebas físicas.

Con la finalidad de poder leer todas las entradas sin necesidad de emplear un canal analogico para la lectura de cada sensor, se propuso el uso de 2 multiplexores de 16 entradas y 1 de 8 entradas como se observa en la figura de acontinuación.

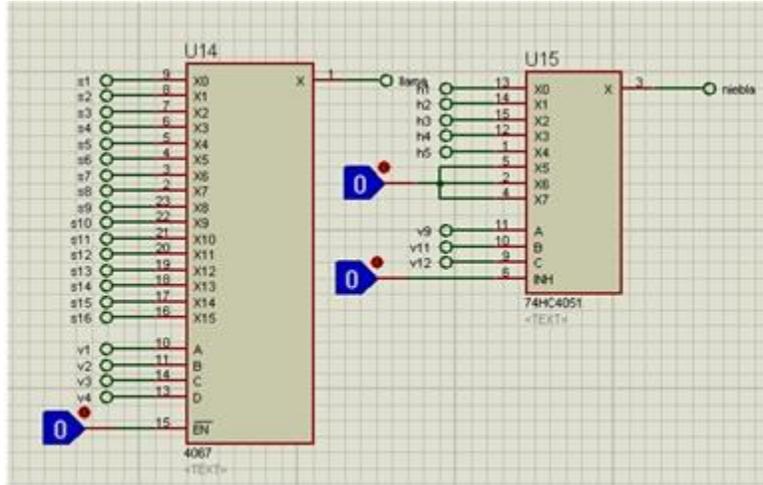


Figura 51. Multiplexores usados para entradas del sistema de detección.

El uso de los multiplexores de 16 entradas fue designado para la variable fuego y el de 8 para la variable humo. En tanto la variable temperatura su lectura es con base en la resistencia y por lo tanto se ocupa una entrada del PIC para cada uno de los sensores.

Las conexiones del PIC son identificadas con distintas letras, siendo “b” las entradas empleadas para el sensor de temperatura, las “v” las combinaciones de entrada a los multiplexores, “niebla”, “llama” y “llamados” son las salidas de los mismos. Por su parte “led”, “led2” y “buzz” son las salidas en caso de detectar las variables de temperatura o humo, mientras “ite” es la señal que indica el comienzo de un ciclo de monitoreo, en tanto las “m” son las salidas que activan el sistema de contención en caso de detectar fuego y por ultimo “vacío” indica que el fuego ha sido detectado una vez más cuando el sistema de contención ya fue activado.

En la imagen siguiente se puede observar la distribución de todas las salidas y entradas a usar en la simulación.

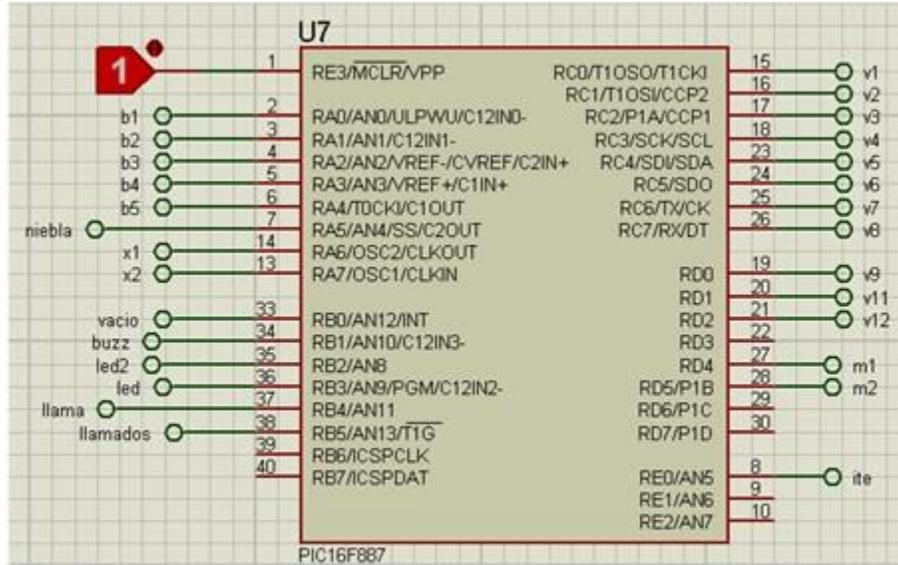


Figura 52. PIC 16F887 alambrado para la simulación.

En tanto las salidas “m” entran a la etapa de potencia ilustrada a continuación.

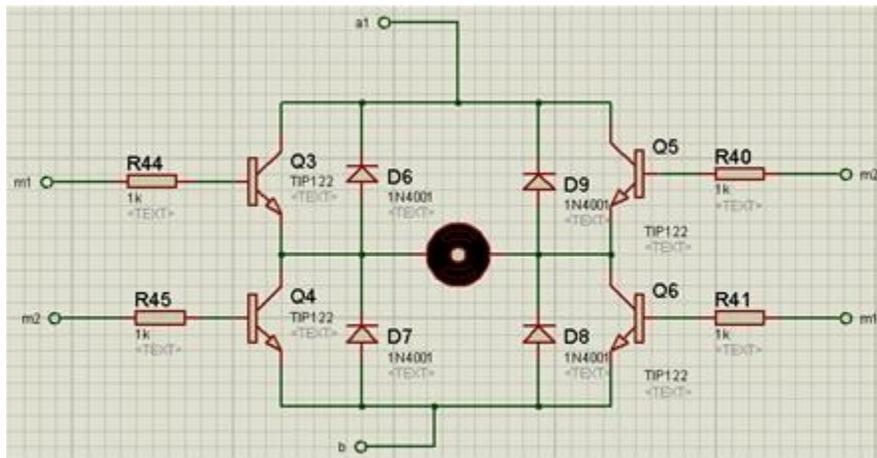


Figura 53. Etapa de potencia con base en transistores.

Algoritmo de programación

En el siguiente diagrama de flujo se aprecia la secuencia de pasos a seguir por el programa que controla los subsistemas.

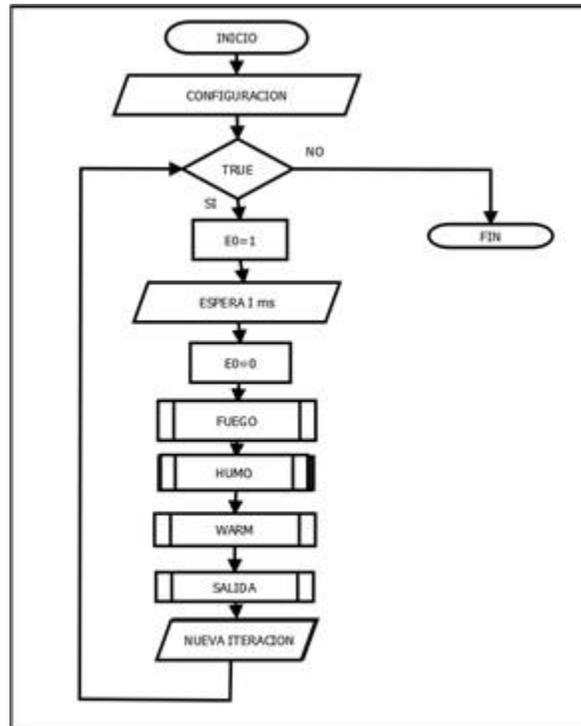


Figura 54. Diagrama de flujo del programa principal.

Para iniciar el programa se configura el PIC, tanto los pines de entrada como salida a usar, así como la resolución del convertidor analógico digital (ADC), se usó un cristal externo a 4 [MHz] debido a que la mayor velocidad a la que trabaja el sensor de temperatura usado es la mencionada anterior y para obtener la velocidad más alta de procesamiento posible de todo el sistema.

Una vez configurado el PIC, el programa entra al bucle encargado de monitorear el entorno de los sensores constantemente. El primer paso para esto es tener una señal visual que indique el comienzo de una nueva iteración en todos los sensores, esta señal es prendida y apagada en un 1 [ms] para ser visible al ojo humano.

Posteriormente el programa empieza a evaluar el estado de cada sensor por medio de los métodos explicados a continuación.

❖ Fuego

En este método se identifica el estado de los 25 sensores de fuego uno a la vez, como el valor censado en condiciones normales es de aproximadamente 4 [V], si el valor de algunos de los sensores es menor a 1 [V], el método se interrumpe y el programa omite realizar los métodos siguientes hasta el método salida, de lo contrario continuará verificando el estado de los sensores restantes y después pasará al método Humo.

❖ Humo

Al entrar en este método los 5 sensores de humo son revisados uno por uno, comparando el valor promedio que fue menor a 1.2 [V], con la lectura tomada de cada sensor, si este último valor es mayor a 2.5 [V] se finaliza el método y el programa pasa al método salida.

❖ Warm

Parte del programa encargada de vigilar la temperatura dentro de los 5 arreglos para hacer esto se consideró con base en pruebas hechas en un automóvil estándar de uso cotidiano, que la temperatura ambiente al interior de un cofre es en promedio de 80 [°C] [33] y se planteó como temperatura crítica a partir de 100 [°C], después de la cual se desactiva el método y el programa continua.

❖ Salida

El método ubica si recibió alguna señal de los métodos anteriores dando los siguientes resultados.

- Si la señal proviene del método fuego, salida activa el motor del sistema de contención.
- Si la señal proviene de humo o warm, salida activa las alarmas sonora y visual, a su vez desactiva por cuatro iteraciones los métodos humo y warm para dar prioridad a la búsqueda hecha por el método fuego.

En caso de no haber señal el método termina y comienza una nueva iteración.

Con los prototipos funcionando correctamente y con el algoritmo programado trabajando conjuntamente, se realizó pruebas dentro de un carro real, siendo el montaje de los subsistemas realizado y los resultados obtenidos mostrados en el capítulo 4.

Capítulo 4:
Pruebas finales
y resultados

Montaje de elementos en el carro

Como resultado de la selección propuesta en el capítulo 2 y del diseño e integración del capítulo 3, el sistema con el que se realizan las pruebas finales es el siguiente.

A continuación, se describen los pasos llevados a cabo para llegar al resultado de arriba, así como los resultados obtenidos de la prueba realizada. Cabe mencionar que el carro usado para las pruebas fue un Atlantic 1987.



Figura 55. Sistema completo integrado al cofre del automóvil, cada arreglo está formado por un sensor de temperatura, fuego y humo.

El primer elemento montado dentro del cofre fue la base del extintor, a la cual se le hicieron modificaciones respecto a la base usada en el capítulo 3, como son el reducir las caras a fin de ganar espacio y movilidad. Además, se fijó a la carrocería del cofre mediante una base metálica.

A continuación, se añadieron los elementos de seguridad mencionados en el capítulo anterior, el resultado se muestra en la figura siguiente.

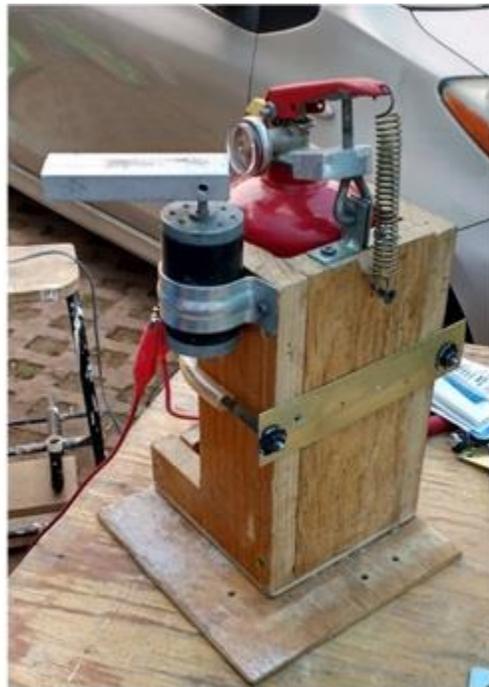


Figura 56. Mecanismo de activación para ser incluido en el carro.

Como elemento extra respecto al prototipo anterior se agregó una abrazadera con la intención de fijar el extintor a la base. También se aprecia que la posición del motor es diferente a la propuesta en el capítulo 3, dicho cambio se hizo con el propósito de optimizar el espacio disponible.

Posteriormente se fabricó un nuevo efector final, siendo los cambios en comparación del anterior prototipo, el aumento de longitud, así como el aumento de las salidas para el agente extintor y de distinta forma para adaptarlo al cofre del automóvil, el resultado es mostrado en la siguiente figura.

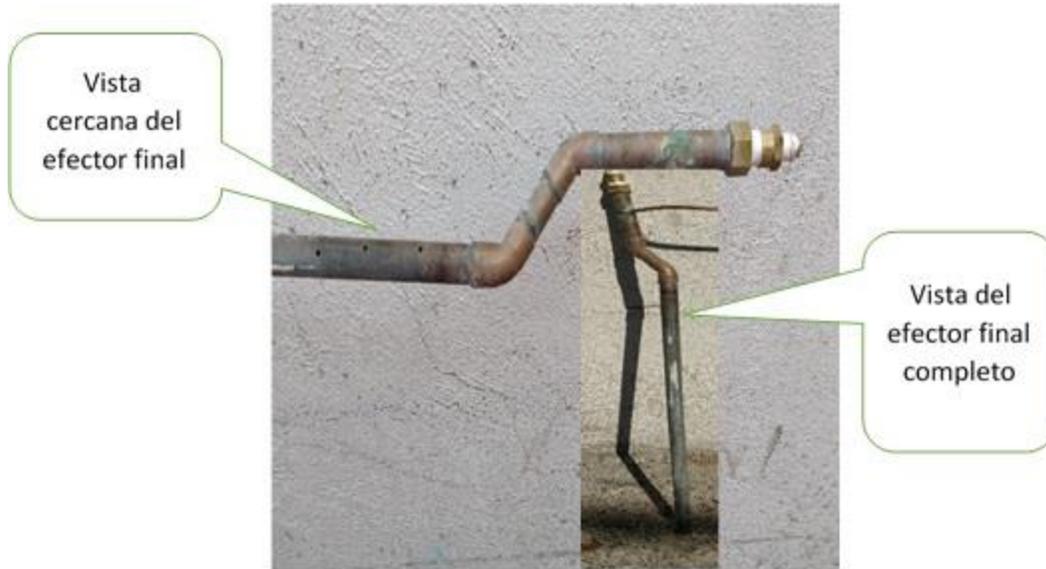


Figura 57. Efectores finales usados en la prueba del carro.

En la siguiente figura se muestra el extintor colocado dentro del automóvil con sus componentes ya listos para la prueba.



Figura 58. Sistema de contención montado dentro del cofre.

El paso siguiente fue colocar los arreglos del sistema de detección en el cofre, para esto se ubicó dentro del mismo las zonas más propensas a incendiarse en este modelo de carro quedando de la manera siguiente.

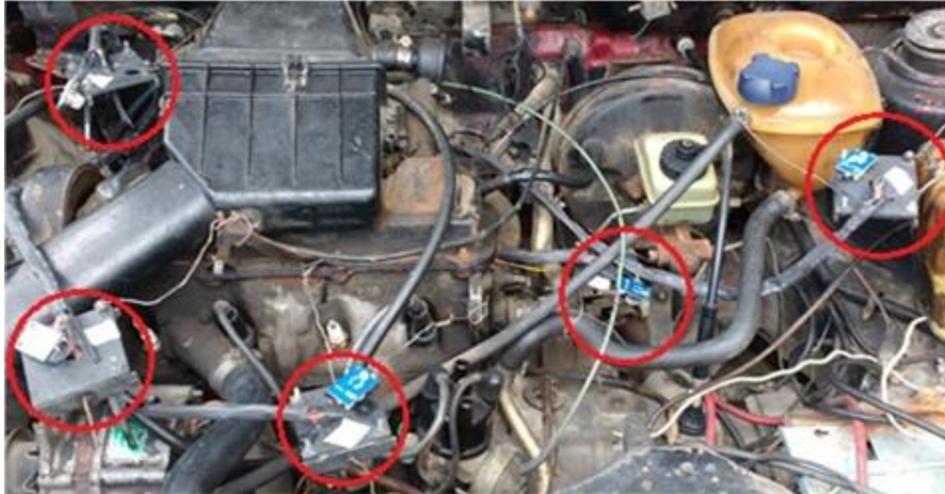


Figura 59. Ubicación de los arreglos dentro del cofre.

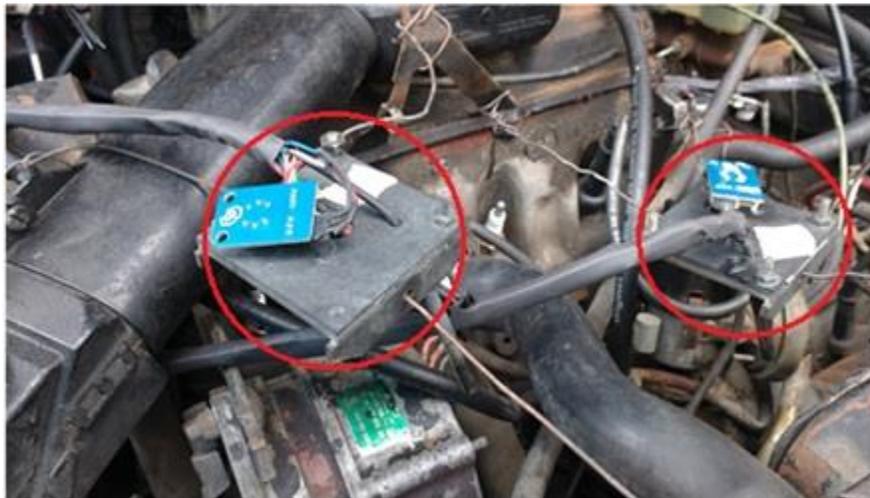


Figura 60. Acercamiento a los arreglos dentro del cofre.

En las figuras anteriores se remarca con círculos la posición en donde se ubicaron los arreglos para la prueba. Además, añadir que fueron recubiertos con thermofit.

Después se colocó el circuito de la imagen siguiente en la cabina del conductor y se conectaron los arreglos de los sensores que se encontraban ya colocados adentro del cofre.

Por último, las alertas al usuario para cada caso se colocaron dentro de la cabina con la intención de ser lo más visible posible, quedando como sigue:



Figura 61. Indicadores para el usuario colocados en el tablero del carro de pruebas.

Protocolo de prueba

Una vez colocado los elementos necesarios para realizar las pruebas, el protocolo a seguir fue el siguiente.

Material:

- Carro
- Fuente de alimentación
- Sistemas de detección y contención
- Extintor (polvo químico)
- Cámaras de video
- Elemento iniciador de llama

Para llevar a cabo la prueba en el automóvil se siguió el siguiente método:

1. Los sensores del sistema de detección son colocados cerca de las siguientes áreas del cofre:
 - 1.1. Batería
 - 1.2. Alternador
 - 1.3. Tanque de aceite
 - 1.4. Radiador
 - 1.5. Motor

Por ser estas áreas las más propensas a incendiarse.

5. Colocar cámaras de video en distintos ángulos, para esta prueba fueron frontal, superior y lateral, así como también, una dentro de la cabina para observar los indicadores del tablero.

6. Despejar el área de trabajo.

7. Se conecta el prototipo a la fuente de alimentación.

8. Debido a que es una prueba se observa el correcto funcionamiento del sistema de detección sin ninguna amenaza presente.

9. El experimentador se aleja del prototipo una distancia mayor a 2m.

10. Activar el elemento iniciador de llama, en este caso el elemento que fue fabricado por el mismo equipo se encuentra dentro del cofre.

11. El sistema de contención del prototipo se activa, el incendio es apagado.

12. Después de disipado el agente extintor el experimentador se acerca para verificar el estado de los componentes del sistema, así como del carro.

13. El área de trabajo y los componentes del sistema son limpiados y retirados.

Las medidas de seguridad a usar son los siguientes:

- Lentes protectores
- Cubre bocas
- Bata

Resultados

Fueron dos las pruebas realizadas al sistema en busca de un mismo resultado comprobar que el sistema cumple con los objetivos propuestos en el capítulo 1.

La primera de ellas consistió en medir el tiempo de respuesta de cada uno de los tipos de sensor del sistema. Sus resultados se muestran en las tablas siguientes.

Temperatura

Prueba	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tiempo [s]	8.9	9.48	9.22	7.23	8.09	10.31	8.25	9.39	9.42	10.04

Tabla 30. Toma de tiempo para el sensor de temperatura.

Para esta prueba no se consideró la distancia debido a que el experimento era al aire libre por lo tanto calentar el ambiente era tardado entonces se decidió acercarse directamente la flama al sensor. Como se puede observar el tiempo que le toma al sensor llegar a la temperatura crítica se puede considerar alto, sin embargo, la temperatura ambiente en el momento de la medición no superaba los 20 [°C].

Humo

Prueba	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tiempo [s]	4.02	3.33	3.53	1.96	3.72	4.22	3.26	4.06	3.06	1.93

Tabla 31. Toma de tiempo para el sensor de humo.

Al igual que con el sensor de temperatura la distancia fue despreciable debido a que el humo se expande en todo el cofre rápidamente. Mientras los resultados son similares en la mayoría de los casos se tiene que en las pruebas 4 y 10 son distintas, esto se dio porque los sensores después del experimento anterior quedaban impregnados de humo y era necesario ventilarlos entre medición y medición.

Fuego

Distancia: 20 [cm]										
Prueba	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tiempo [s]	2.49	2.31	1.95	2.51	1.14	2.32	2.1	2.95	2.33	1.63

Tabla 32. Toma de tiempo para el sensor de fuego a 20 [cm].

Distancia: 15 [cm]										
Prueba	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tiempo [s]	1.5	3.01	2.48	2.05	2.68	1.78	1.81	1.66	2.55	1.42

Tabla 33. Toma de tiempo para el sensor de fuego a 15 [cm].

Distancia: 10 [cm]										
Prueba	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tiempo [s]	1.82	0.73	1.43	0.67	2.09	0.52	0.65	1.98	1.48	1.53

Tabla 34. Toma de tiempo para el sensor de fuego a 10 [cm].

Para la prueba de los sensores de fuego si se consideró como factor relevante la distancia, para conocer el rango de detección que tenían los arreglos hechos. Al igual que en los experimentos anteriores algunos de los resultados son distintos entre sí, las razones de esto son entre otras cosas el tamaño de la llama y la posición de esta respecto al arreglo.

A continuación, se muestra una gráfica para visualizar estos cambios del tiempo con respecto a la distancia.

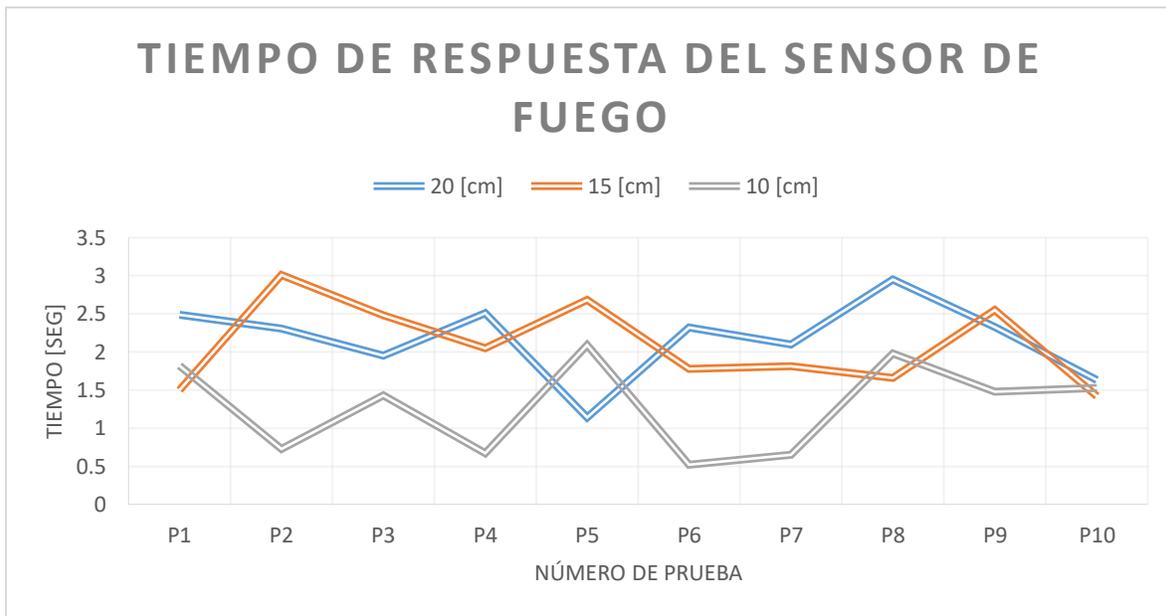


Figura 62. Gráfica comparativa en tiempos mediante la reducción de la distancia de censado.

En la gráfica anterior se puede ver que en efecto cuando se reduce la distancia del sensor a la flama, disminuye el tiempo de respuesta. En algunas pruebas se observan variaciones, estas se originan al no poder controlar el ambiente o producir la misma flama para cada una de las pruebas.

Posteriormente se realizó una prueba más en donde los sensores de temperatura y humo eran desactivados por ser detectados, primeramente. Para dar paso a una búsqueda enfocada en encontrar un posible incendio, los resultados son mostrados en la tabla siguiente.

Distancia: 20 [cm]										
Prueba	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tiempo [s]	1.02	1.66	1.58	0.89	1.28	1	0.69	0.51	0.46	0.4

Tabla 35. Toma de tiempo para el sensor de fuego desactivando temperatura y humo.

Los resultados demuestran que el tiempo de detección mejoro notablemente respecto a la prueba inicial, dado esto, se decidió considerar solo esta distancia porque el disminuirla, provocaría una medición menos precisa al ser detectado más rápido.

En la siguiente imagen se muestra el notorio cambio entra las dos pruebas. A pesar de esto el tiempo en ambos casos se considera correcto ya que no excede un tiempo mayor a tres segundos y ese tiempo en un accidente que genere un incendio es muy valioso.

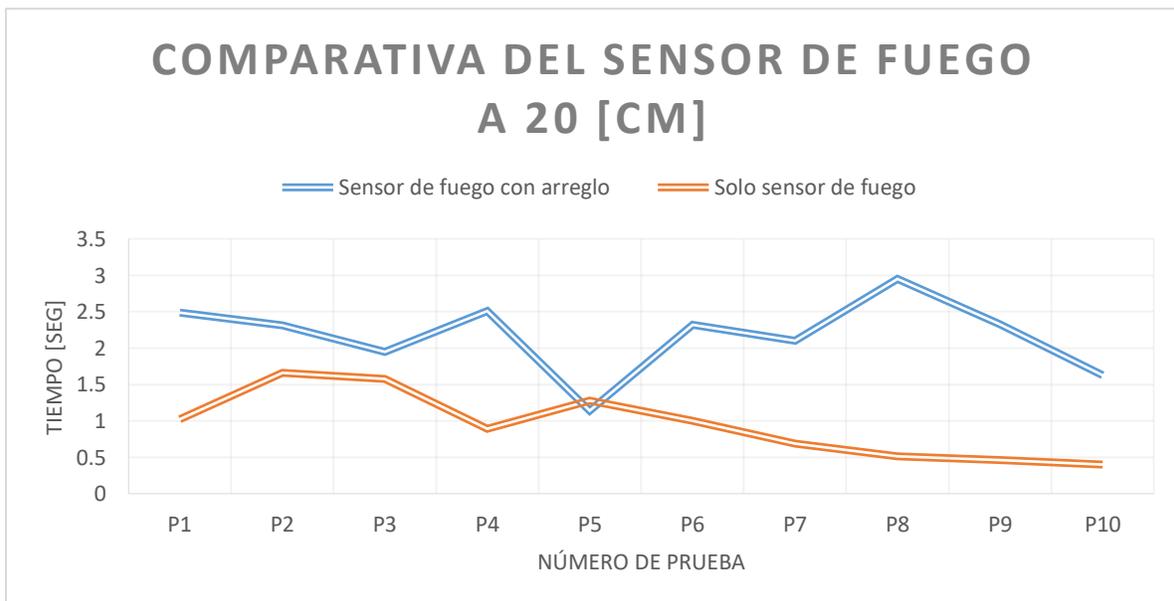


Figura 63. Gráfica comparativa en tiempos del sensor de fuego solo al haber detectado humo o temperatura y el sensor de fuego trabajando en conjunto con los otros dos.

Por último, era momento de probar la eficiencia del sistema completo, entonces por medio del protocolo descrito antes se inició un incendio controlado dentro del cofre y el sistema detecto y contuvo el mismo en un tiempo menor a 1[s]. En las siguientes imágenes se puede ver las etapas y evolución de la prueba final.

Primero, se colocaron las fuentes de fuego cerca de los lugares más propensos a generarse un incendio.



Figura 64. Inicio de la prueba colocando las fuentes de incendio.

Colocadas las fuentes generadoras del incendio y siguiendo el protocolo de seguridad, se dio el paso a encender el accionador para generar las primeras flamas de un incendio, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 65. Momento en que se accionan las dos fuentes de incendio.

Cabe resaltar, en la imagen anterior se observa encerrado con círculos las fuentes de incendio iniciadas, sin embargo, solo se aprecia encendida una, mientras la otra debido a la rápida detección solo empezó a generar humo antes de ser apagada por completo.

En la siguiente imagen se aprecia el momento en el que el sistema de contención entra en función al ser detectado el fuego solo por un arreglo de sensores, previniendo visiblemente una posible expansión dentro del cofre.



Figura 66. Activación del sistema de contención.

Al terminarse todo el agente extintor, se observó los resultados obtenidos, los cuales son el detectar a tiempo y de forma rápida el incendio apagándolo en su totalidad.



Figura 67. Objetivo cumplido, incendio apagado.

Por último, es importante mencionar que durante la prueba se contó con más de una cámara para poder apreciar en varios ángulos el funcionamiento del sistema.

A continuación, se muestran las secuencias de las pruebas finales con una distinta cámara y en diferente posición.



Figura 68. Cámara frontal e inicio de las pruebas.

En la imagen anterior no se alcanza a apreciar las fuentes de incendio debido a la posición de la cámara, sin embargo, se marca en donde están ubicadas cada una.



Figura 69. Inicio del incendio en cada fuente generadora.

Al igual que con la vista superior, en la imagen pasada se remarca el momento en el cual se genera humo en una de las fuentes iniciadoras, sin embargo, no se da paso a producirse el incendio, ya que la detección de la otra fuente iniciadora se hace de manera casi instantánea.



Figura 70. Momento en el cual se acciona el sistema de contención al ser detectado el fuego.



Figura 71. Sistema de contención en funcionamiento correcto.



Figura 72. Sistema de contención en terminando su función.



Figura 73. Resultado final de la prueba en el automóvil.

Una vez terminadas las pruebas, en el siguiente capítulo se presentan las conclusiones a las que llega cada integrante y el equipo, así como el trabajo a futuro que se consideró se puede hacer para mejorar el sistema.

Capítulo 5:
Conclusiones y
trabajo a futuro

Conclusiones

Mario Alberto Olvera Gutiérrez

Hace algunos años la tecnología existente no daba para pensar que fuera posible la existencia de un sistema como el propuesto en este trabajo, este hecho se considero que puede contribuir a disminuir el número de muertes, así como los costos de los vehículos involucrados.

Los automóviles hoy día son diseñados para ser cómodos, rápidos, y seguros para los ocupantes sin embargo según estadísticas los accidentes ocurren y ocurren mucho por lo tanto se vuelve necesario la implementación de un sistema más para la prevención de incendios pues como dice el viejo y sonado dicho más vale prevenir que lamentar.

La parte fundamental del sistema y la primera a ser mejorada es el sensor de fuego, ya que de sensibilidad de detección de este depende el considerar el clima del entorno como un factor importante a considerar o no.

Como desventaja del proyecto se tiene que al día de hoy la mayoría de los autos en circulación no cuentan con una batería capaz de mantener su carga estando en reposo, mientras el sistema contra incendios este monitoreando el entorno.

El sistema cumple con los objetivos propuestos al inicio de esta tesis que son el detectar rápido y extinguir un incendio, sin embargo, se es consciente de que el trabajo es solo el primer paso en este campo de desarrollo y que el incendio fue controlado siendo que en la realidad esto es difícil de lograr.

Carlos Segura Granados

Hoy en día es evidente que un sistema como el propuesto en la presente tesis no existe por diversos factores, entre los más importantes está el no contar con una batería que sea capaz de poder alimentar al sistema de tal forma que este pueda monitorear durante las 24 horas el ambiente dentro del cofre.

A pesar de aun no contar con un sistema autónomo en los automóviles hoy en día, es notorio que el problema a atacar es real y ha afectado a miles de familias en todo el mundo, los daños pueden ser desde cosas materiales como el mismo vehículo hasta muertes de los pasajeros o dejar heridos de por vida.

Es por esto que se ha propuesto un primer sistema el cual cumple de manera adecuada con los objetivos tanto particulares como general, planteados al inicio de este proyecto. Cabe mencionar que el monitoreo se realizó con sensores de uso académico y de fácil adquisición, claro está que al cambiarlos por otros de uso industrial tendrían mejores características y por tanto mejores resultados.

Sin embargo el usar sensores industriales conlleva un aumento en el tamaño por lo cual no era conveniente en nuestro caso ya que se buscó ocupar el menor espacio dentro del cofre.

El sistema tiene una respuesta rápida al fuego y es capaz de advertir en presencia de factores como el aumento de temperatura o existencia de humo los cuales pueden derivar en un incendio. Sin embargo se tuvieron algunas problemáticas con los sensores en particular con el sensor de fuego el cual era afectado su sensibilidad al cambio de entorno es decir al cambio de iluminación.

Se espera que este proyecto sea el pionero de varias investigaciones y trabajos relacionados a este campo, con el fin de poder llevar este sistema a la gran mayoría de automóviles y familias de toda clase de posición económica, de esta forma dejar de preocuparse de uno de tantos posibles accidentes que se pueden dar en presencia de vehículos.

Conclusiones en equipo

Durante el desarrollo de este proyecto de tesis el equipo llegó a las siguientes conclusiones.

Adaptar la señal recibida por el sensor de fuego para ser procesada por el microcontrolador fue la parte más complicada, ya que al principio trabajamos con frecuencias de onda con la finalidad de hacer un filtro y leer solo la señal de la llama. Sin embargo las características del sensor así como el entorno hacen la frecuencia muy variable, entonces hacer un filtro pasobandas con un rango tan amplio hablamos de Gigahertz no soluciona el problema.

Por lo tanto fabricamos las bases mostradas en capítulos anteriores para evitar la incidencia de luz sobre el sensor con todo esto aprendimos a adaptarnos a las especificaciones del sensor para hacer uso de él y lo distinto que es trabajar con un ambiente controlado que con un entorno abierto.

Otro aspecto a destacar es la fabricación de distintos prototipos para la pruebas (las cajas negras), mientras el primero solo era para conocer el funcionamiento de los sensores y establecer rangos de detección de los mismos, el segundo fue un acercamiento al tamaño del cofre de un auto, esto nos permitió integrar los sistemas de detección y contención para realizar las pruebas sin los peligros que conlleva hacerlo en un automóvil real.

Cuando el sistema fue llevado al automóvil solo faltaba por hacer dos cosas, acoplar el proyecto al auto y demostrar que el sistema es rápido y eficaz. Esto nos sirvió para aplicar el método de diseño aprendido en la carrera y en el caso de tener algún error saber su origen más fácilmente

En cuanto a generar el incendio, la prioridad del equipo siempre fue la seguridad, al principio de las pruebas solo usamos una fuente pequeña, después fue necesario hacer un incendio más grande para conocer el alcance de los sensores y tener un incendio real. Ya en la prueba del cofre fabricamos un accionador para

generar el fuego y no intervenir cerca en la prueba, con esto aprendimos lo importante que es realizar un protocolo de pruebas y seguirlo fielmente.

Del sistema de contención concluimos que es importante tanto el ángulo del seguro que lo activa así como la posición de los agujeros del efector final para cubrir una mayor área al accionarse.

Por ultimo a pesar de no usar el agente extintor seleccionado en la matriz de decisión el resultado cumple satisfactoriamente con el objetivo, aunque si se planea conservar en buen estado los componentes del cofre si se debe cambiar el agente extintor.

Trabajo a futuro

En los párrafos siguientes se hace mención de algunas posibilidades de mejora para el sistema fabricado en este trabajo:

- Aumentar la muestra de cuestionarios realizados, con la finalidad de tener una mejor idea de la tendencia que los usuarios podrían mostrar en cuestión a necesidades y por tanto, afinar el sistema.
- Realizar una interfaz gráfica en el panel del conductor que indique la ubicación del incendio detectado, con la finalidad de poder analizar el elemento principal que provocó el incendio.
- Para mayor eficiencia en la extinción del incendio, se podría colocar el efector final con su posición variable, de tal manera que se centre la mayoría de la carga del agente, hacia la fuente principal o única de incendio.
- Para este proyecto se utilizó un sensor infrarrojo académico, esto derivó que, al ser las pruebas al aire libre, las condiciones ambientales afectaban su funcionamiento dando en ocasiones falsos positivos, por lo tanto, el uso de un sensor de fuego industrial mejorará tanto la detección como el ángulo de visión obtenidos.

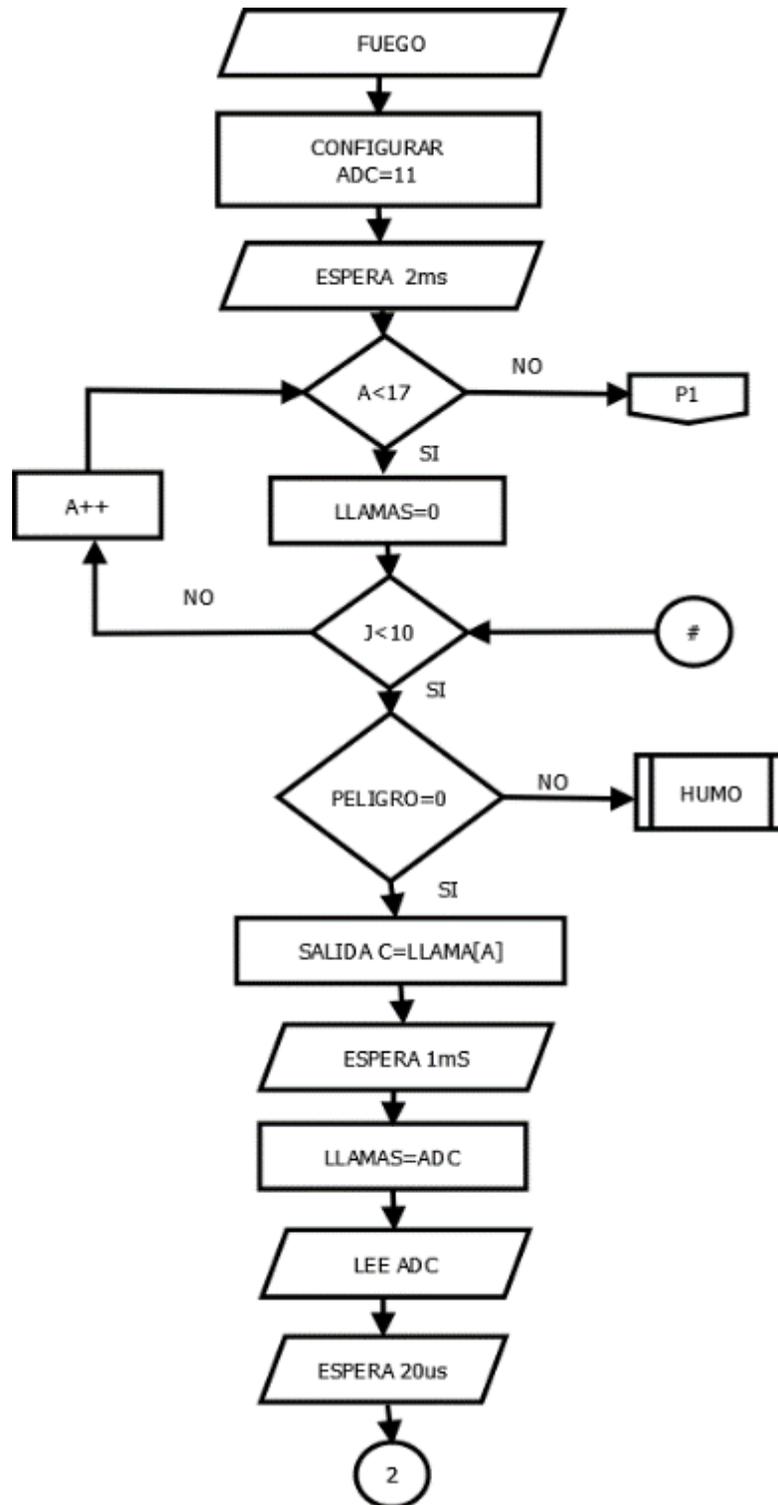
- Para la prueba realizada se usó como fuente de alimentación un cargador conectado a la luz de casa, pero se espera en un futuro poder contar con un sistema capaz de cargar baterías independientes al uso del automóvil a fin de que el sistema esté monitoreando constantemente.
- Debido al poco espacio y a que el cofre no está diseñado para acoplar un sistema externo los componentes se colocaron de forma provisional, por tanto, se vuelve necesario diseñar una base para los arreglos de sensores con la finalidad de optimizar el área además hacerlos de fácil acceso y colocación.
- En dado caso que el incendio no llegue a ser apagado en su totalidad el sistema deberá mandar una señal de alerta al cuerpo de bomberos para su auxilio sin que alguna persona externa tenga que reportarlo.
- Como se vio en las estadísticas del capítulo 1 el incendio es independiente a la marca y modelo del automóvil, por esta razón se busca estandarizar el sistema a fin de poder acoplar el sistema en un mayor número de modelos de vehículos.

Anexos

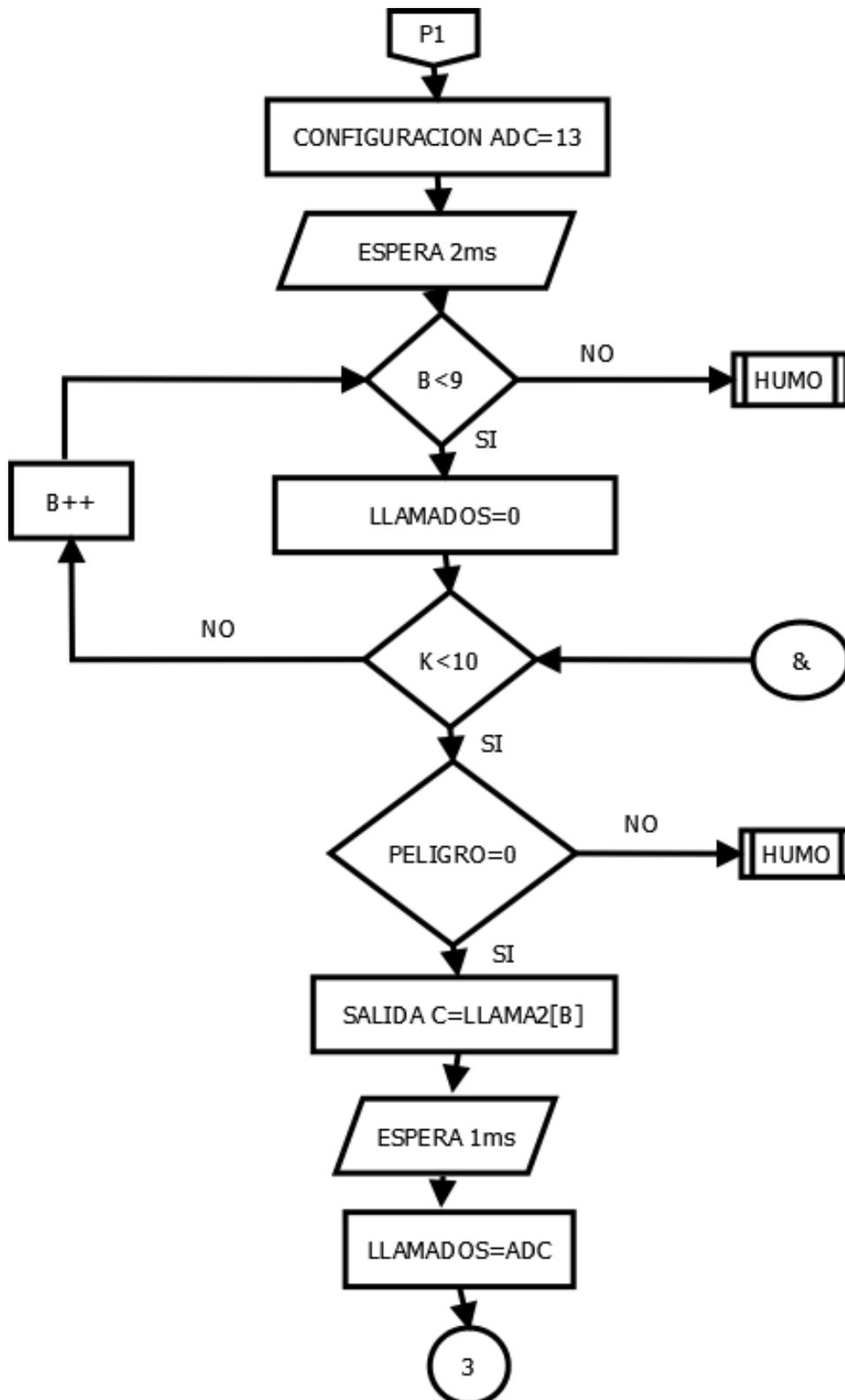
Anexo 1

Diagrama de flujo de los sistemas de detección y contención

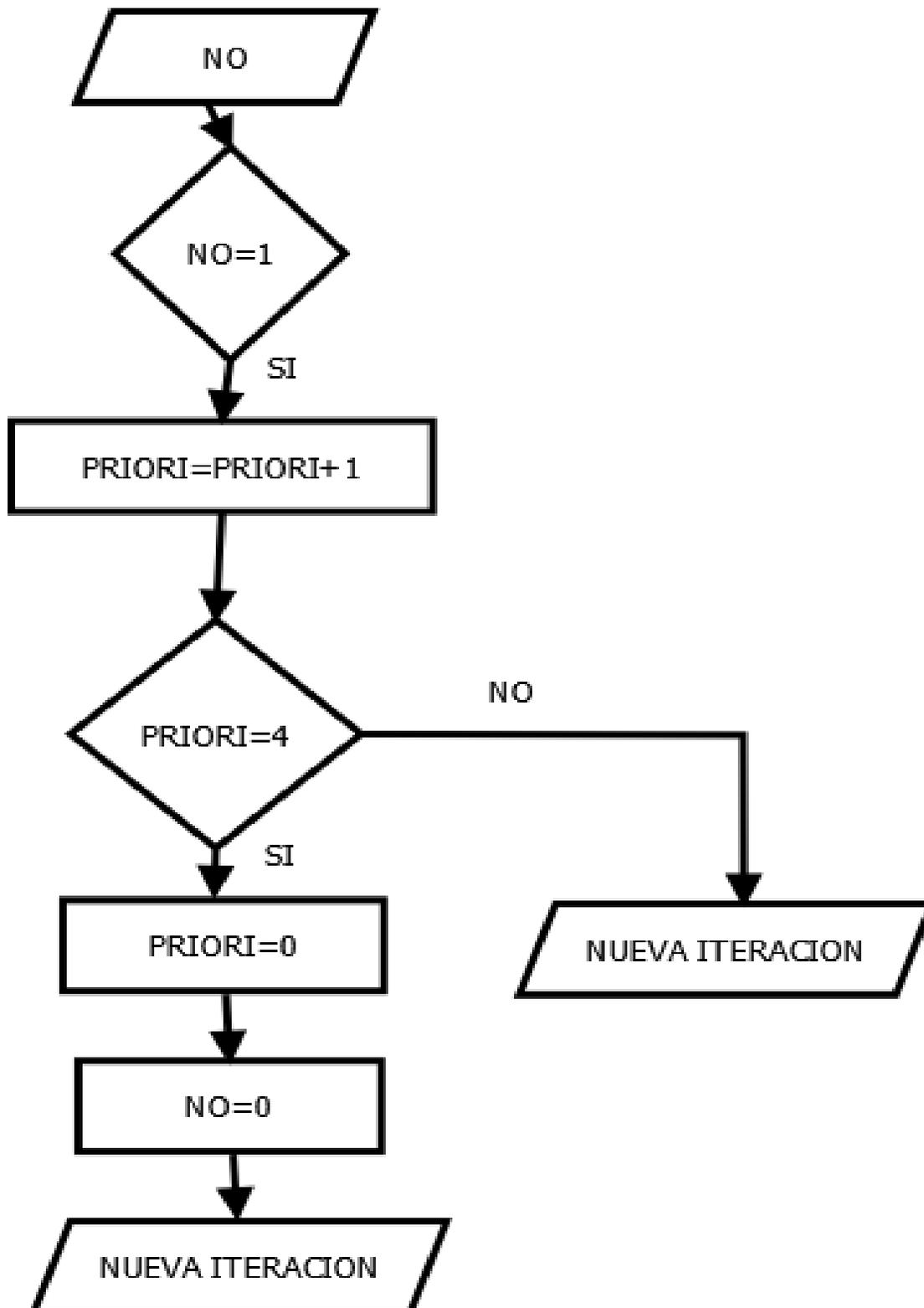
Algoritmo del sensor de fuego



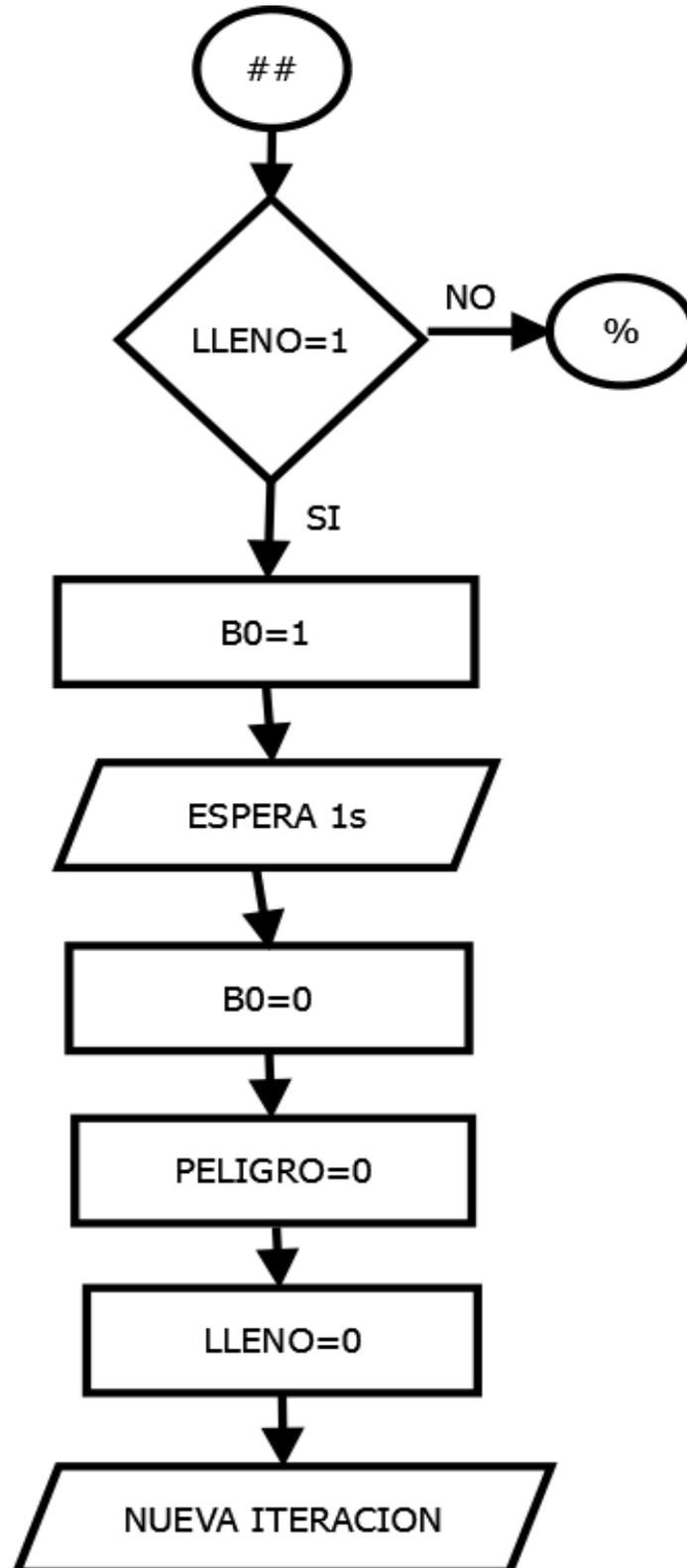
Lectura de arreglos de sensores de fuego



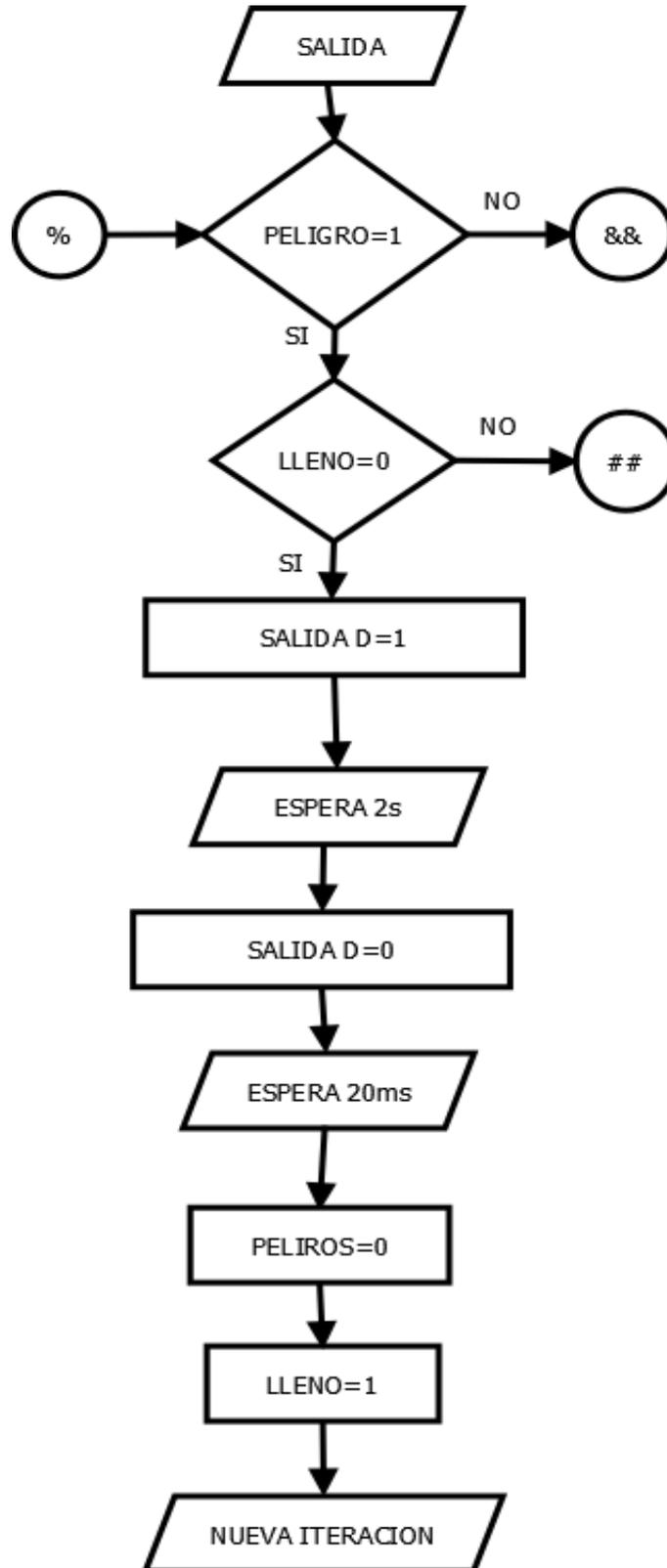
Solo lectura del sensor de fuego.



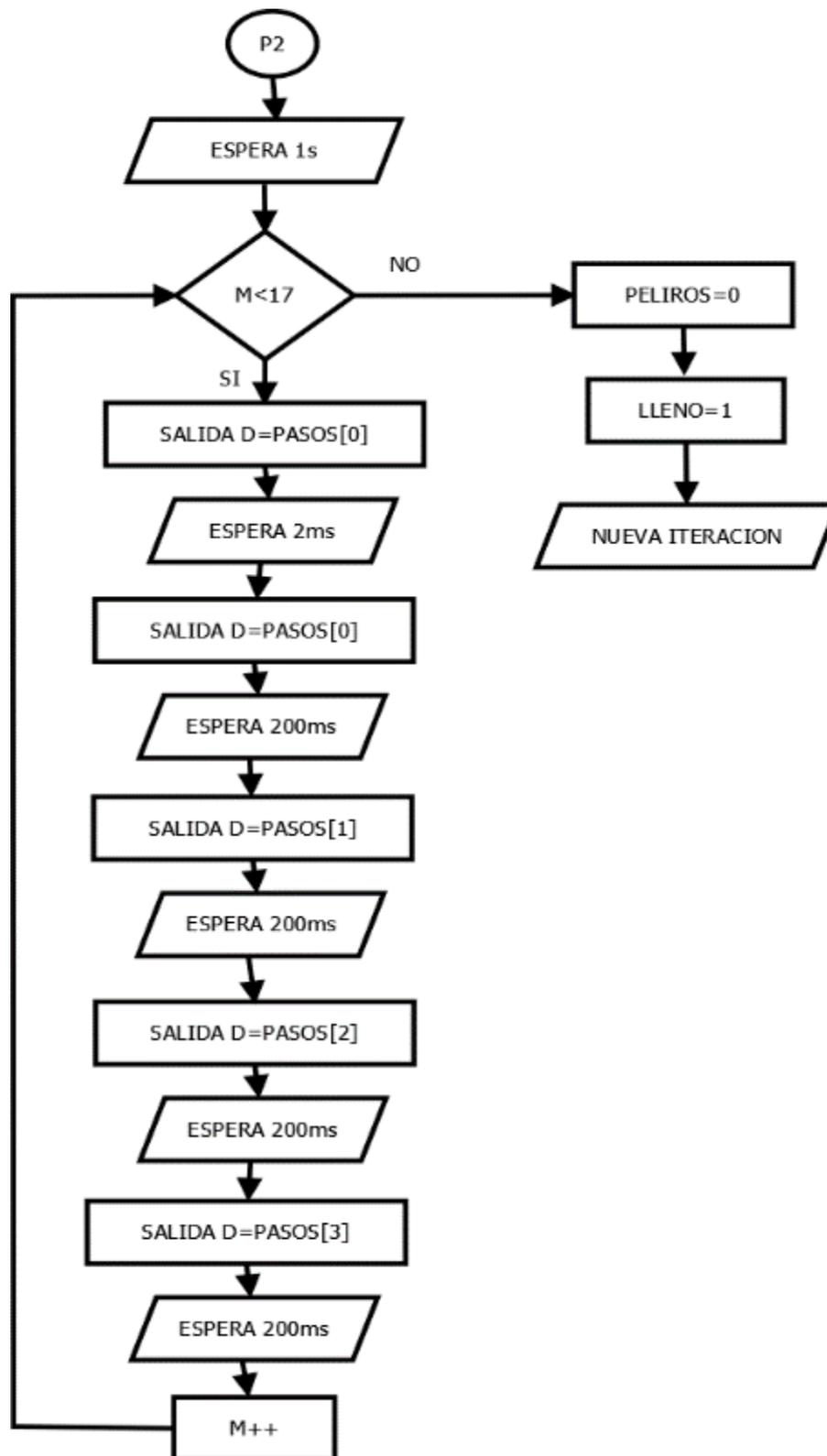
Indicación de activación del sistema de contención



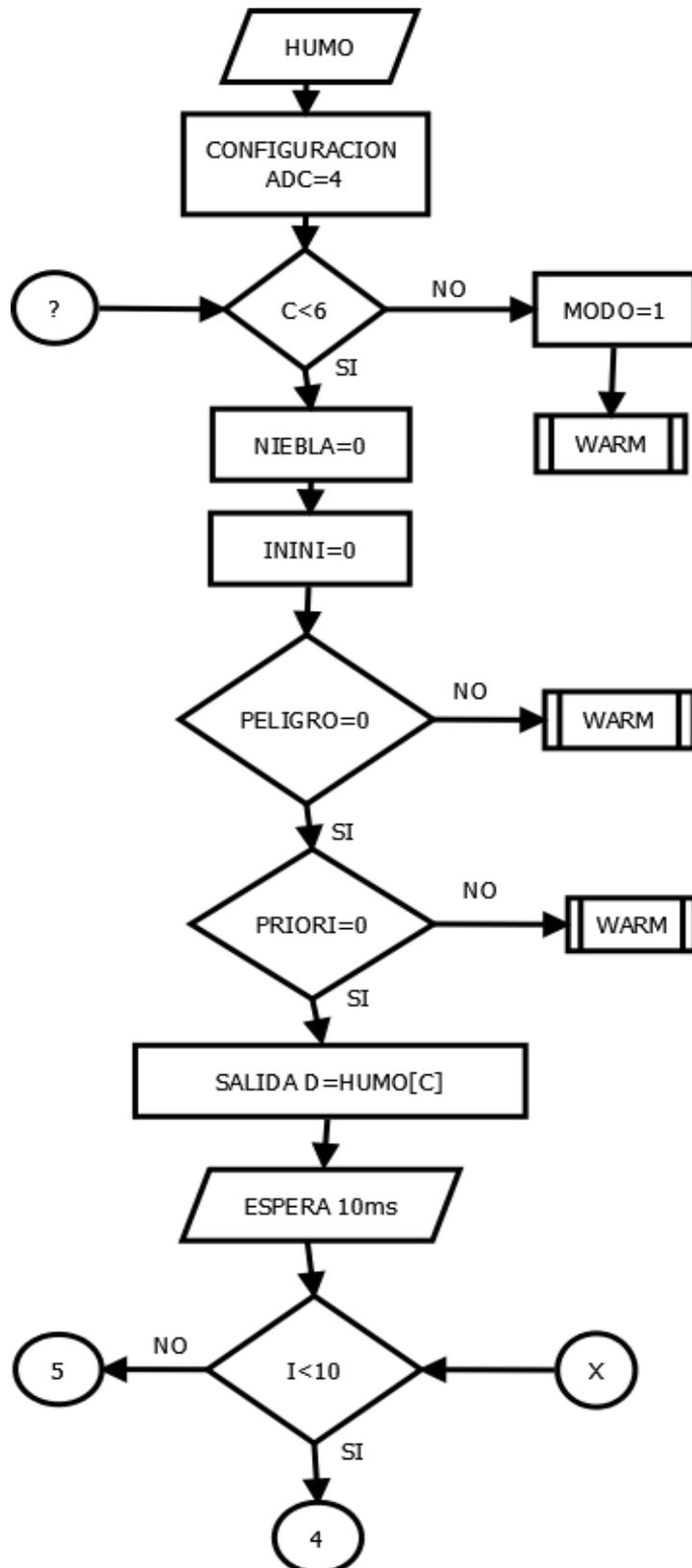
Activación del sistema de contención



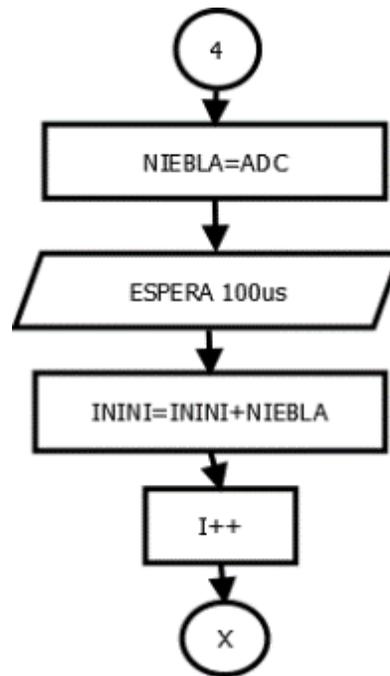
Proceso del sistema de contención



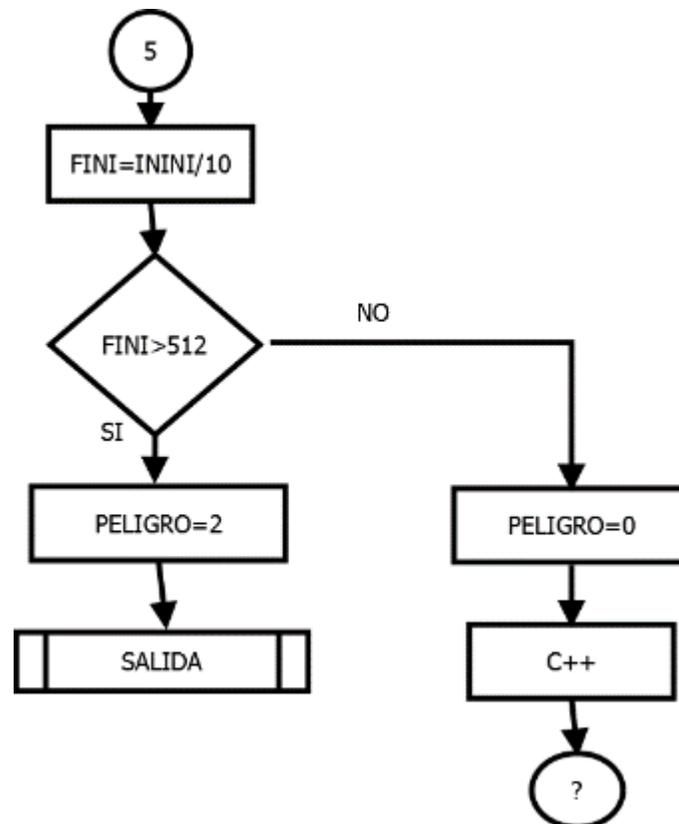
Algoritmo del sensor de humo.



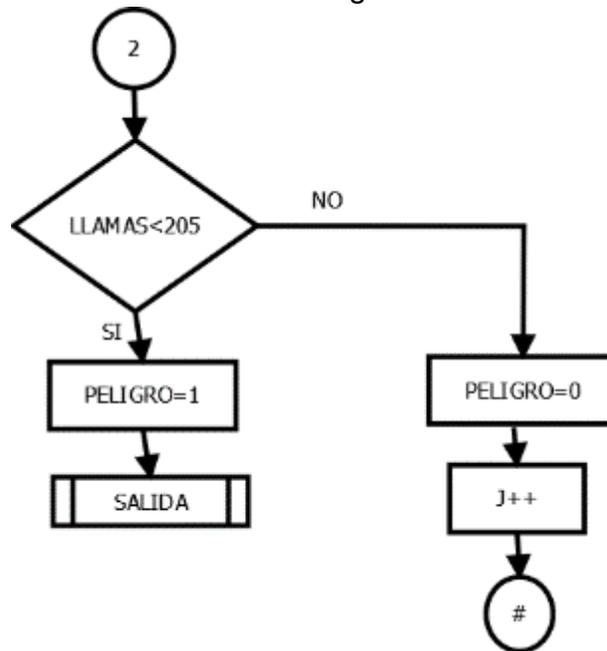
Cambio de arreglo en el sensor de humo



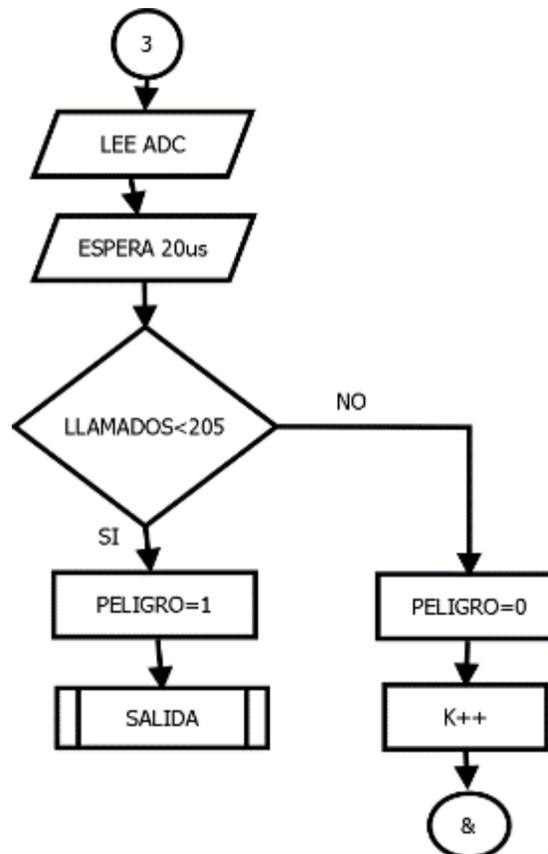
Indicador de alarma para el sensor de humo.



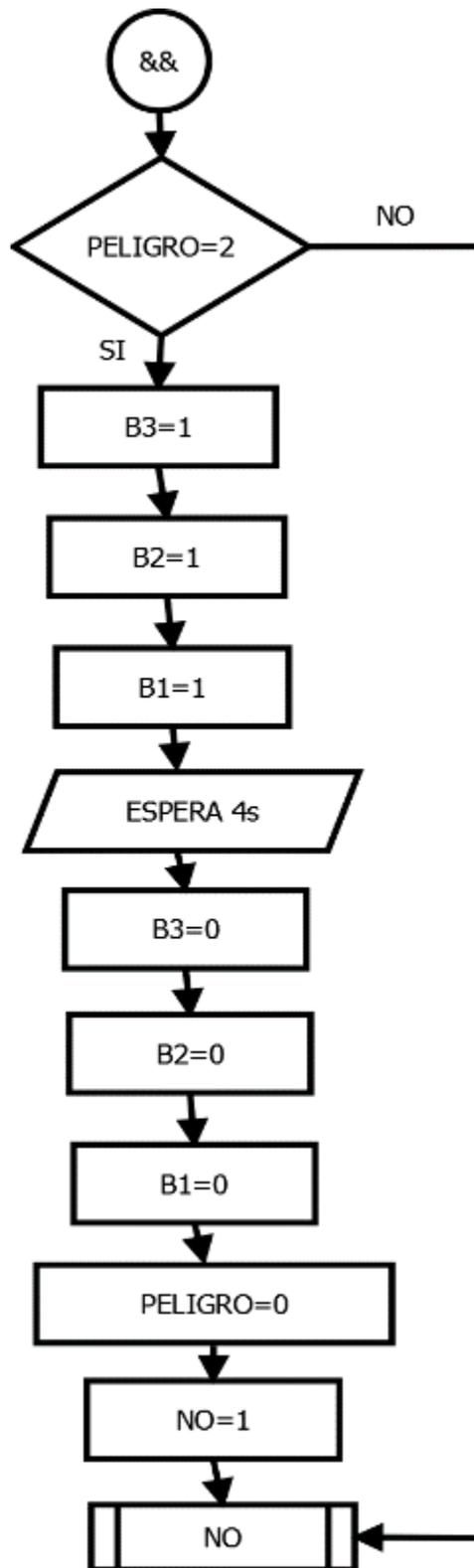
Indicador de alarma del sensor de fuego.



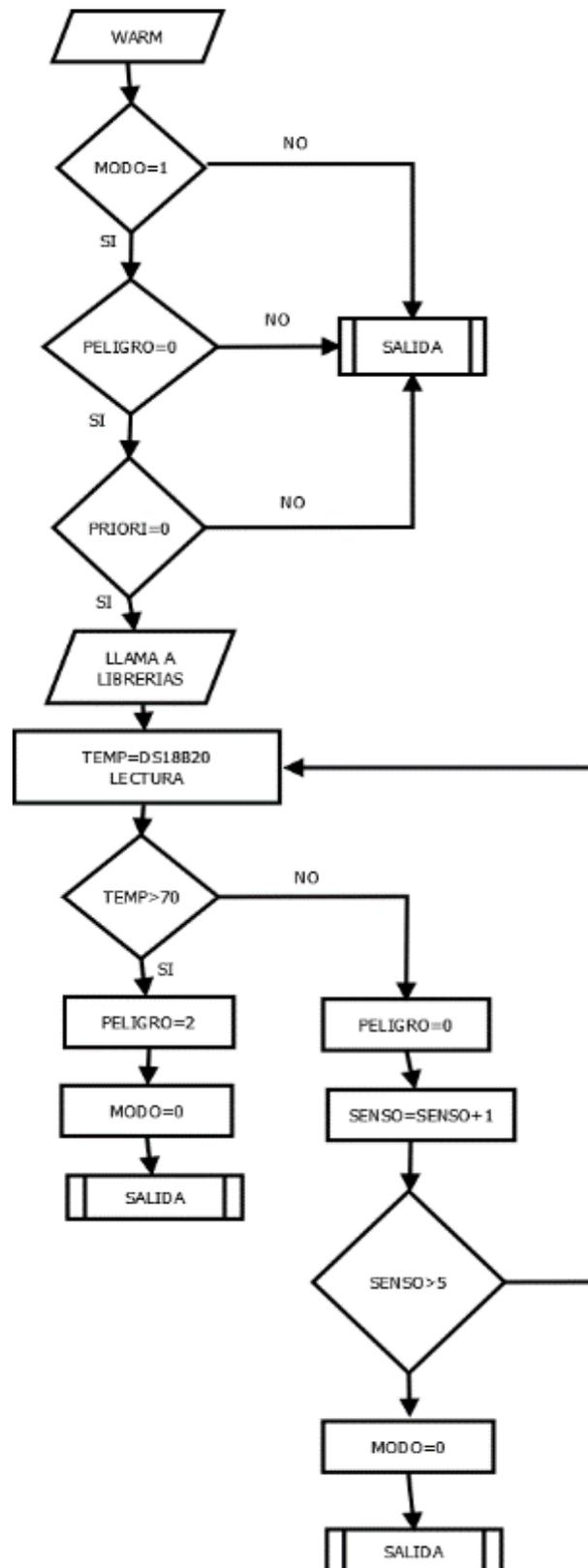
Señal enviada al sistema de contención.



Inicio de la lectura avanzada de los arreglos de los sensores de fuego.



Algoritmo para los sensores de temperatura.



Anexo 2 Código de programación.

```

#include <16f887.h>//libreria del pic

#device adc=10//convertidor analogico digital precision 10 bits

#fuses HS,NOWDT,MCLR//activa o desactiva algunos componentes

//del pic via software

#use delay(clock = 4Mhz)//velocidad del reloj del pic y que sera externo

#use fast_io(C)//se especifica si es salida o entrada antes de usarlos

#use fast_io(D)

#include <1Wire-3.c>//librerias extras

#include <DS18B20-2.c>

float temp1,temp2,temp3,temp4,temp5;//variables de temperatura

int i,modo=0,j,k,a,b,c,peligro=0,m,priori=0,no=0,lleno=0;

float llamados,llamas,niebla,inilla=0,inini=0,filla,fini;//variables a usar en el programa

//arreglos para mandar secuencia a los multiplexores

//para leer el estado de cada sensor

int
llama[16]={0b00000000,0b00000001,0b00000010,0b00000011,0b00000100,0b00000101,0b01100110,0b00000111,0b00001000,0b00001001,0b00001010,0b00001011,0b00001100,0b00001101,0b00001110,0b00001111};

int
llama2[9]={0b00000000,0b00010000,0b00100000,0b00110000,0b01011000,0b01010000,0b01100000,0b01110000,0b10000000};

int humo[5]={0b00000000,0b00000001,0b00000010,0b00000011,0b00000100};

//int pasos[4]={0b11000000,0b01100000,0b00110000,0b10011100};

int pasos[3]={0b00100000,0b00010000,0b01110000};

/***** metodo fuego *****/

void fantastic()//inicio de fantastic manda señales al multiplexor

set_tris_c(0x00);//puertos como salidas

set_tris_d(0x00);

```

```
setup_adc_ports(sAN11);
set_adc_channel(11);
delay_ms(2);

for(a=0;a<=15;a++){//inicio del for ent
llamas=0;

for ( j=0; j<10; j++)      //Se toman 10 lecturas
    {
if(peligro==0){//condicion de busqueda
output_c(llama[a]);
delay_ms(1);
llamas=read_adc();      //se lee el pin AN11
delay_us(20);
    if(llamas<205)
    {
//inicio del if
    peligro=2;
}
//fin del if
else {
peligro=0;
}
}
//fin condicion
}
//fin for lecturas one senso diez veces
}
//fin del for lecturas

setup_adc_ports(sAN13);
set_adc_channel(13);
delay_ms(2);
for(b=0;b<=8;b++){//inicio del for ent
llamados=0;
```

```

for ( k=0; k<10; k++)      //Se toman 10 lecturas
{
if(peligro==0){//condicion de busqueda
output_c(llama2[b]);
delay_ms(1);
llamados=read_adc();      //se lee el pin AN11
delay_us(20);
if(llamados<205)
{//inicio del if
    peligro=3;
}
//fin del if
else {
peligro=0;
}
}
//fin condicion if
}
//fin for lecturas one senso diez veces
}
//fin del 2do for
}
//fin de fantastic

/***** método temperatura *****/
void warm(){
if(modo==1&&peligro==0&&priori==0)
{//inicio de lee tempes
temp1 = DS18B20_read(0);      // Leer el sensor DS18B20 1
    if(temp1>70 )
{//inicio del if
    peligro=1;
}
//fin del if
else {
peligro=0;
}
}
//fin del else
}

```

```
}//fin modo lee tempes
if(modos==1&&peligro==0&&priori==0)
{//inicio de lee tempes
temp2 = DS18B20_read(1);          // Leer el sensor DS18B20 1
if(temp2>70 )
{//inicio del if
    peligro=3;
}//fin del if
else {
peligro=0;
}//fin del else
}//fin modo lee tempes
if(modos==1&&peligro==0&&priori==0)
{//inicio de lee tempes
temp3 = DS18B20_read(2);          // Leer el sensor DS18B20 1
if(temp3>70 )
{//inicio del if
    peligro=2;
}//fin del if
else {
peligro=0;
}//fin del else
}//fin modo lee tempes
if(modos==1&&peligro==0&&priori==0)
{//inicio de lee tempes
temp4 = DS18B20_read(3);          // Leer el sensor DS18B20 1
if(temp4>70 )
{//inicio del if
    peligro=2;
}//fin del if
else {
```

```

peligro=0;
} //fin del else
} //fin modo lee tempes
if(modos==1&&peligro==0&&priori==0)
{ //inicio de lee tempes
temp5 = DS18B20_read(4); // Leer el sensor DS18B20 1
if(temp5>70)
{ //inicio del if
peligro=1;
} //fin del if
else {
peligro=0;
} //fin del else
} //fin modo lee tempes
modos=1;
} //fin wam

```

```

/***** método humo *****/
void sig(){
setup_adc_ports(sAN4);
set_adc_channel(4);
delay_ms(2);
for(c=0;c<=4;c++){ //inicio del for lee niebla
niebla=0;
inini=0;
if(peligro==0&&priori==0){ //condicion de busqueda
output_d(humo[c]);
delay_ms(10);
} //inicia for interno
for ( i=0; i<10; i++) //Se toman 10 lecturas
{

```

```
niebla=read_adc(); //se lee el pin AN5
delay_us(100);
inini=inini+niebla;
} //fin de veces fo
fini=inini/10;
if(fini>512)
{//inicio del if
    peligro=2;
} //fin del if
else {
peligro=0;
}
} //fin condicion if
} //fin del 2do for niebla
modo=0;
} //final sig

/***** método salida *****/
void salida(){ //inicio salida
if(peligro==1&&llo==0){ //inicio del if que regula que hay fuego detectado
output_d(pasos[0]);
delay_ms(2000);
peligro=2;
llo=1;
} //fin del hay fuego
if(peligro==1&&llo==1){
//nada trabajo a futuro
output_high(PIN_B0);
delay_ms(1000);
output_low(PIN_B0);
peligro=0;
```

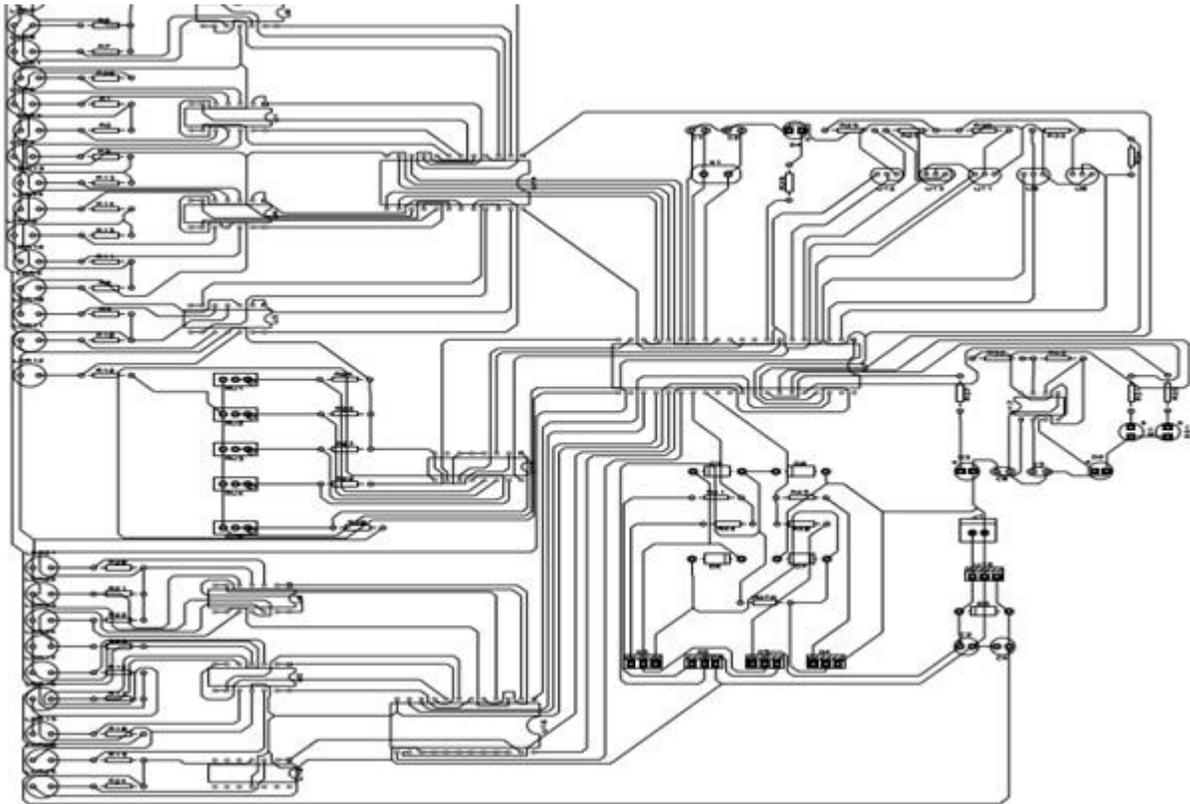
```
lleno=0;
}
if(peligro==2){
output_high(PIN_B3);
output_high(PIN_B2);
output_high(PIN_B1);
delay_ms(4000);
output_low(PIN_B3);
output_low(PIN_B2);
output_low(PIN_B1);
peligro=0;
no=1;
} //fin del if advertencia
if(no==1) //inicio del if donde solo se detecta fuego para aumentar numero de veces del escaneo
priori=priori+1;
if(priori==4){
    priori=0;
    no=0;
} //fin del if que reestablece solo el fuego
} //fin del if solo fuego
} //fin salida

/***** MAIN *****/
void main()
{
setup_adc(adc_clock_div_8);
output_high(PIN_E0);
output_low(PIN_B0);
output_low(PIN_B1);
output_low(PIN_B2);
output_low(PIN_B3);
```

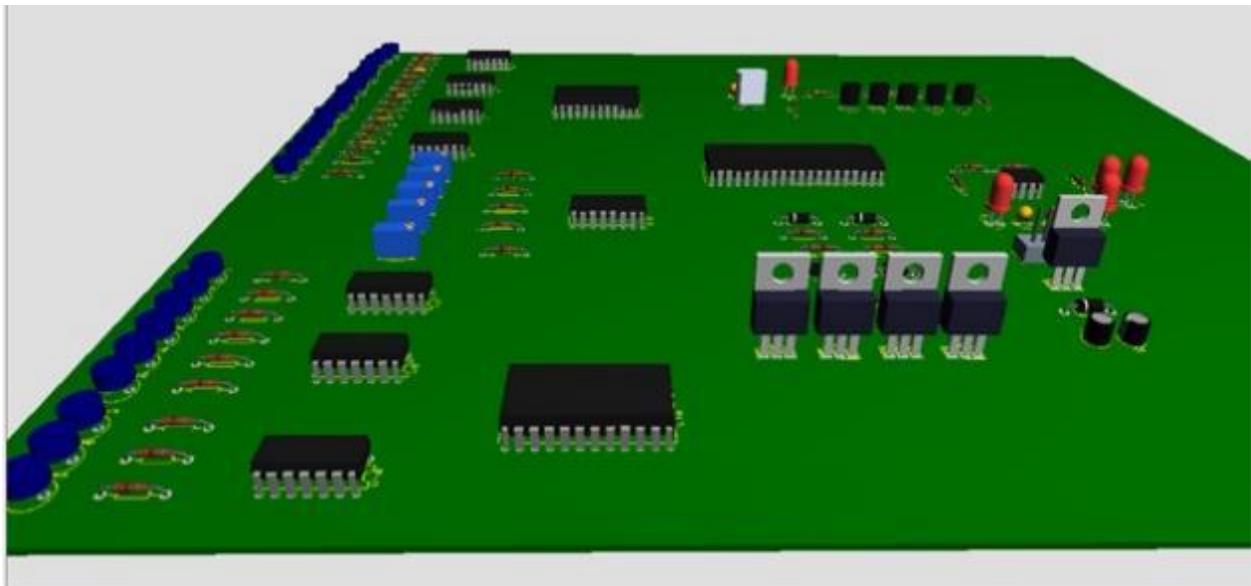
```
output_low(PIN_D4);  
output_low(PIN_D5);  
output_low(PIN_D6);  
output_low(PIN_D7);  
while (True)  
{  
output_high(PIN_E0);  
delay_ms(1);  
output_low(PIN_E0);  
fantastic();  
sig();  
warm();  
salida();  
}//fin del while  
}//fin del main
```

Anexo 3 Diagramas eléctricos

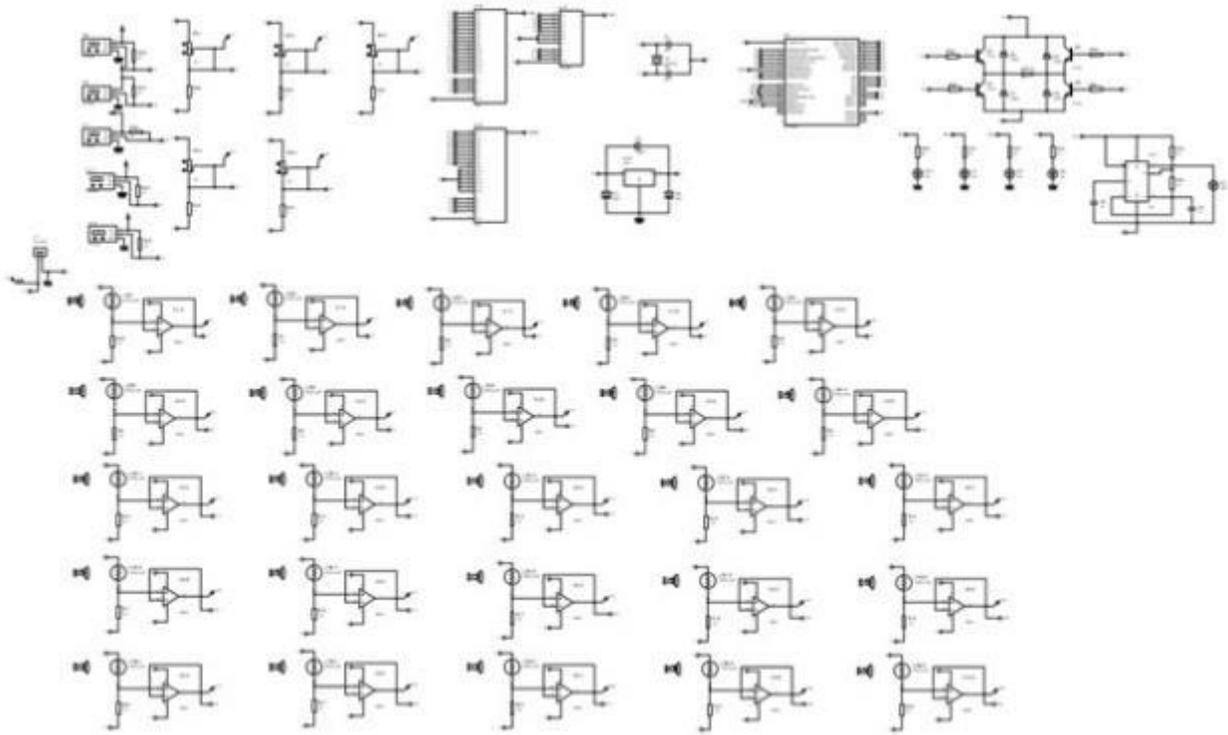
PCB del sistema de detección y contención



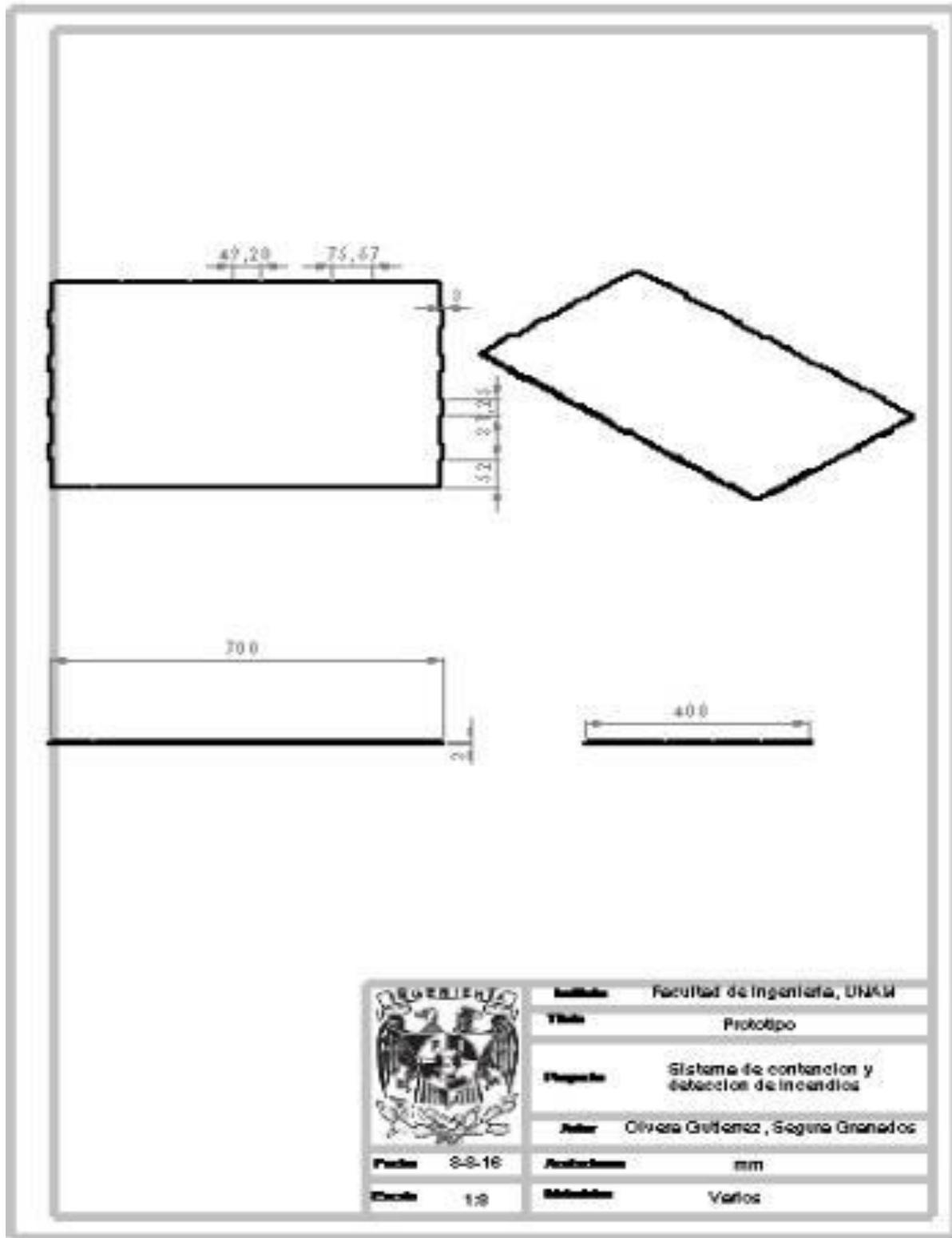
Vista 3D del circuito del sistema.

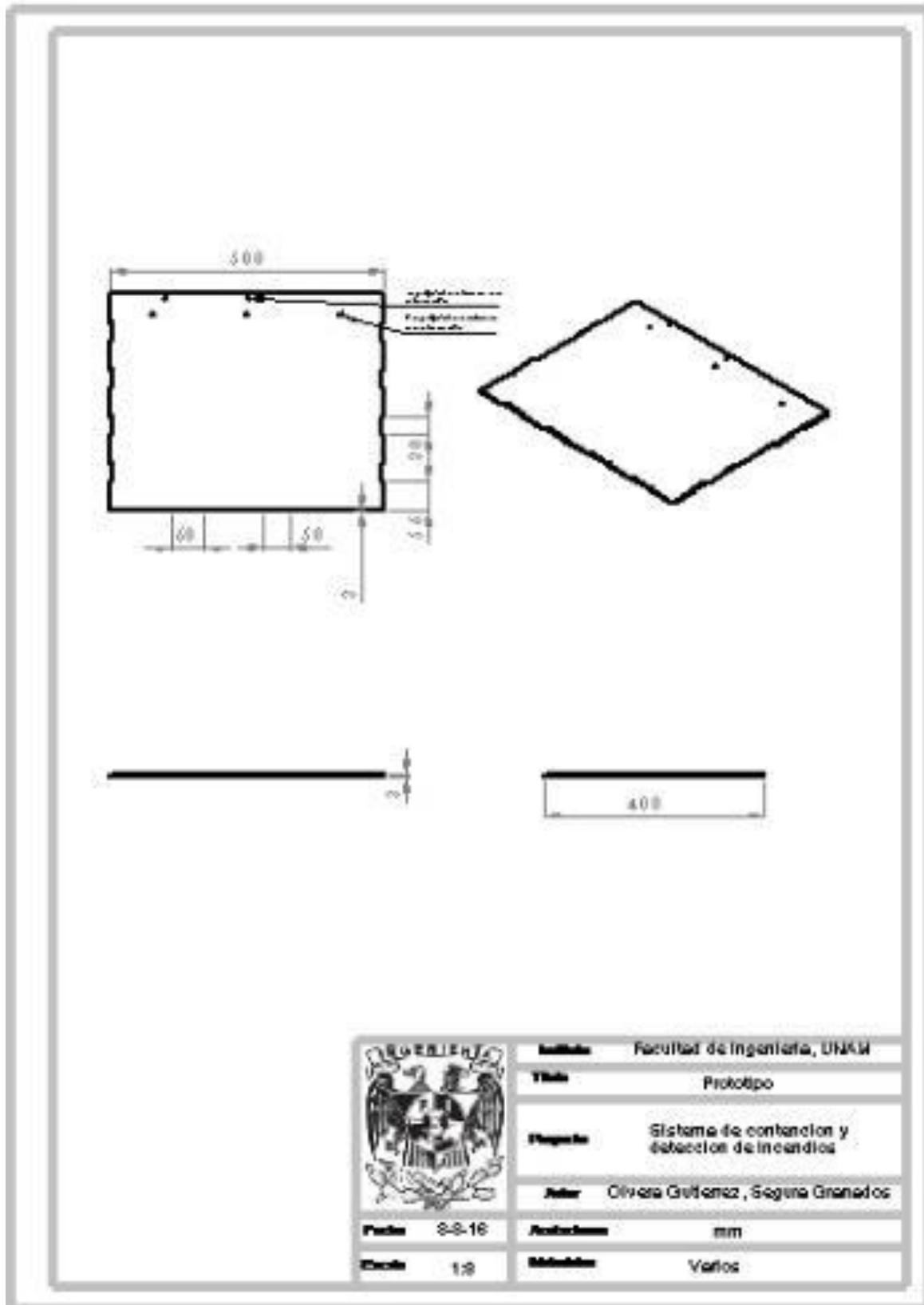


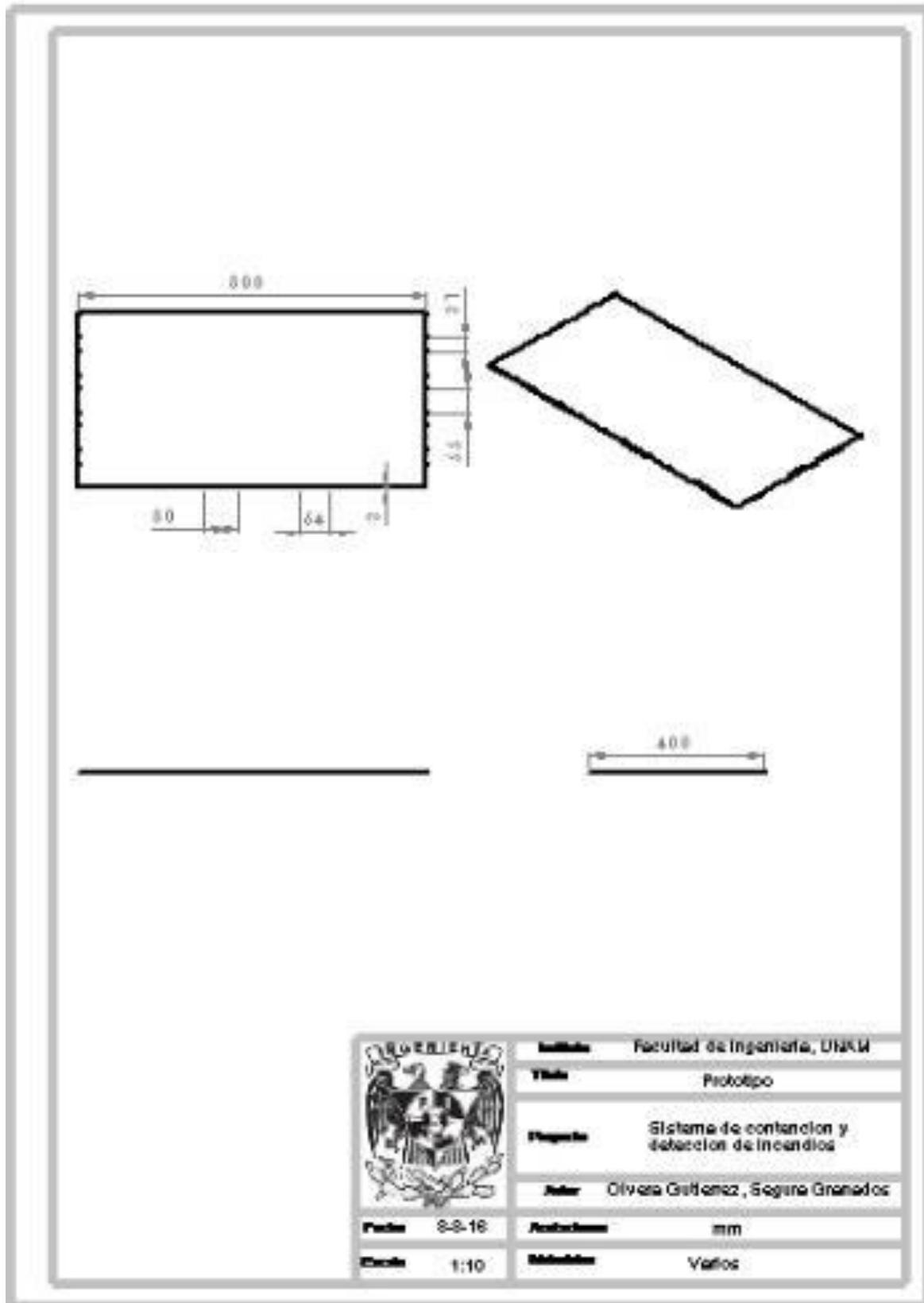
Circuito completo del sistema

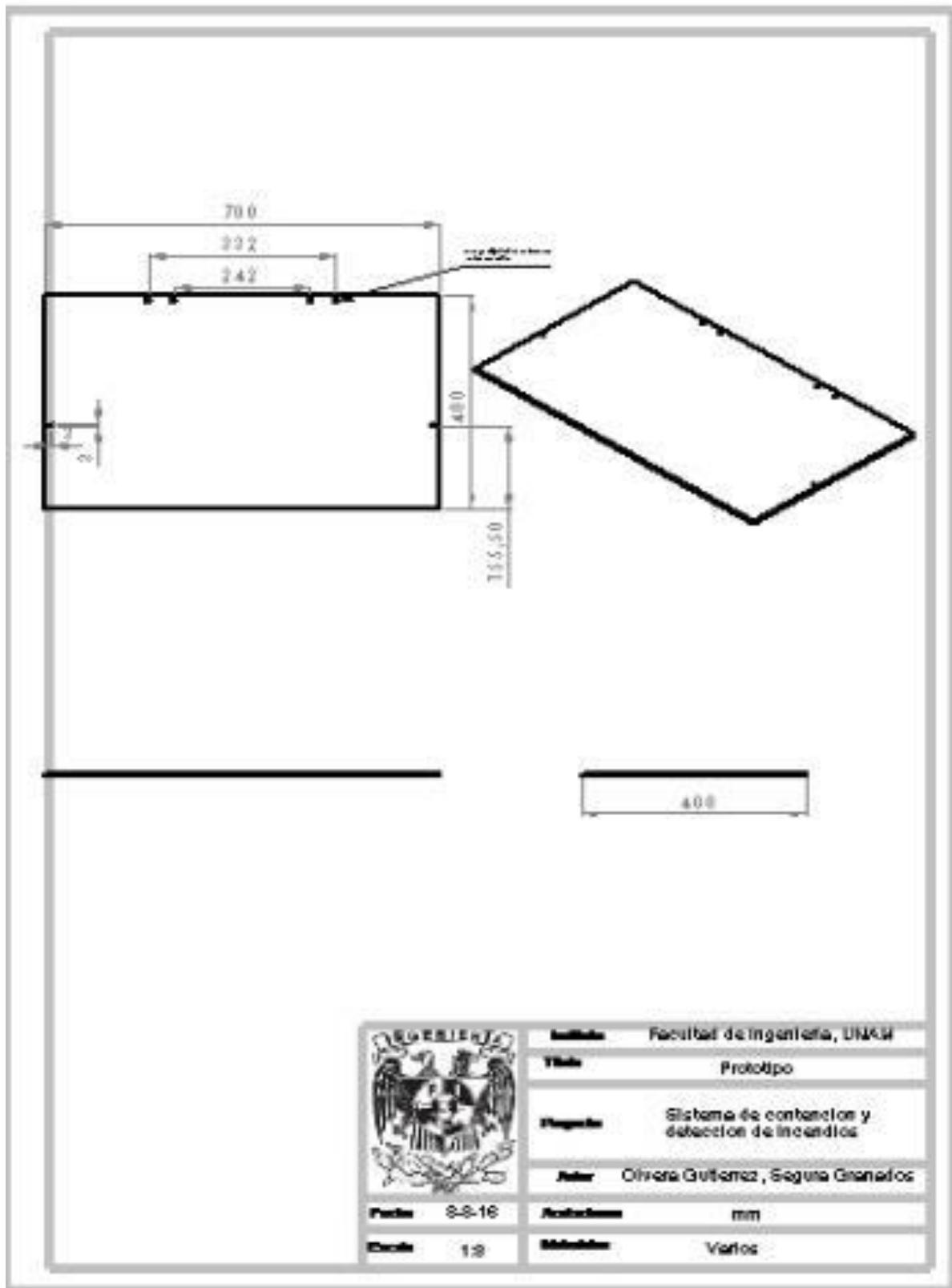


Anexo 4 CAD's de prototipos del sistema.
 Planos del prototipo de pruebas



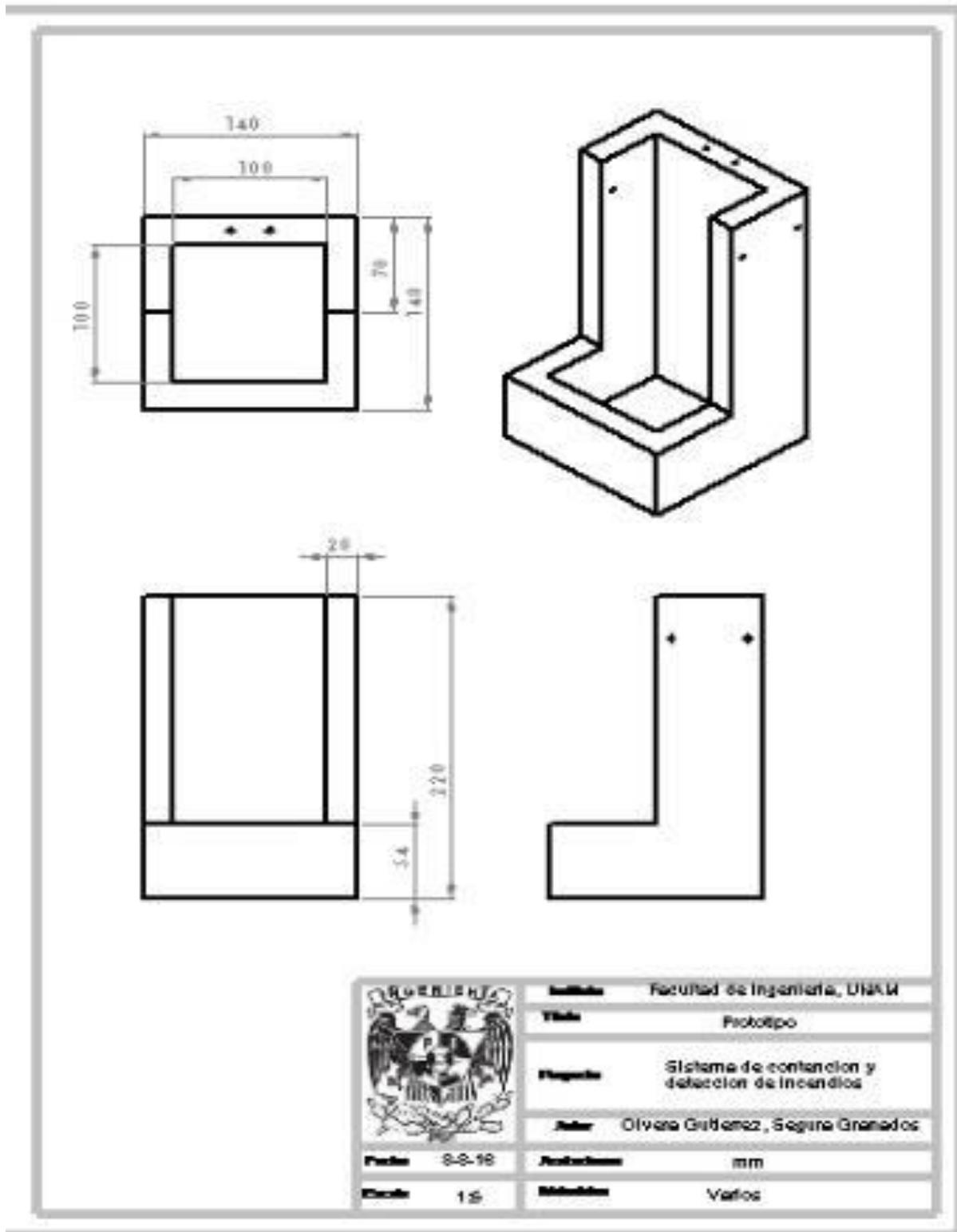


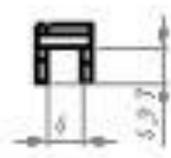
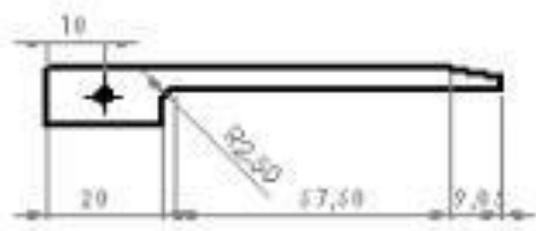
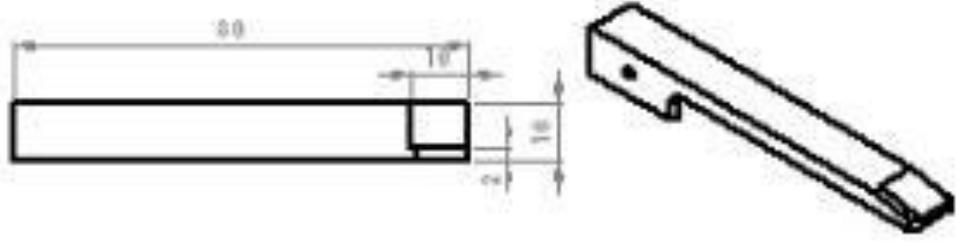




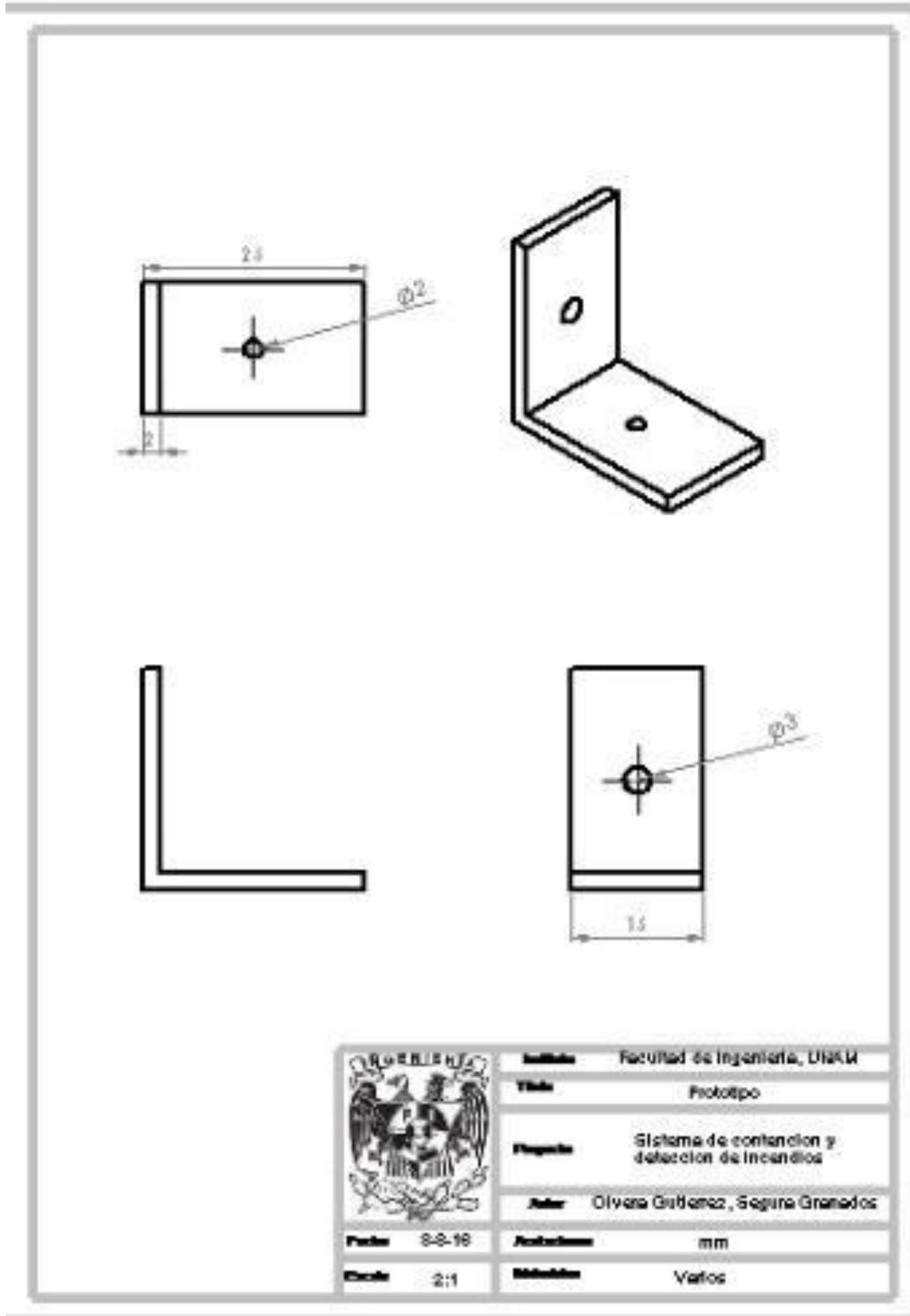
	Institución	Facultad de Ingeniería, UNAM	
	Título	Prototipo	
	Proyecto	Sistema de contención y detección de incendios	
	Autor	Olivera Gutiérrez, Segura Granados	
	Fecha	8-8-16	
Escala	1:2	Acotaciones	mm
		Material	Varios

Planos del sistema de contención.

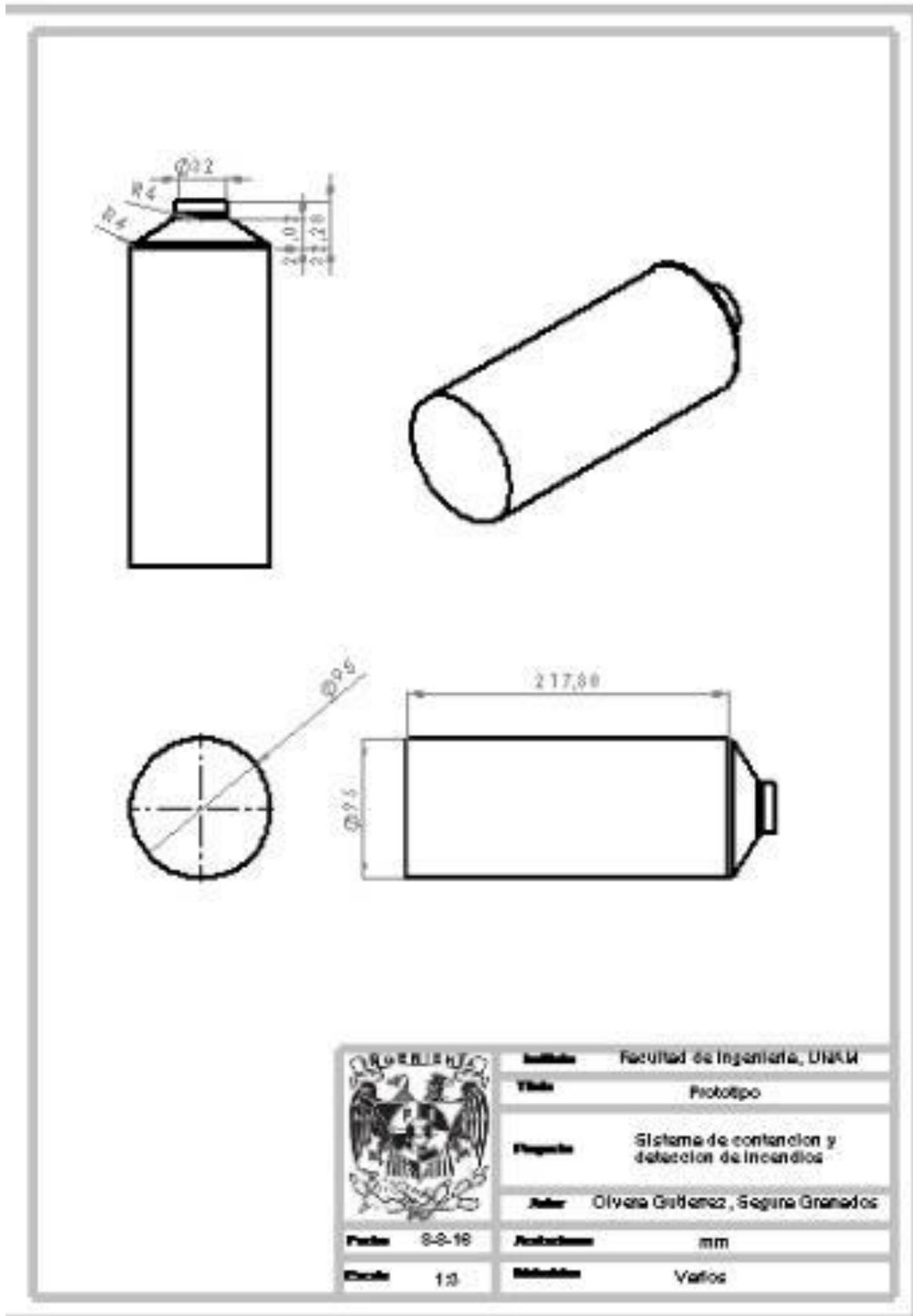


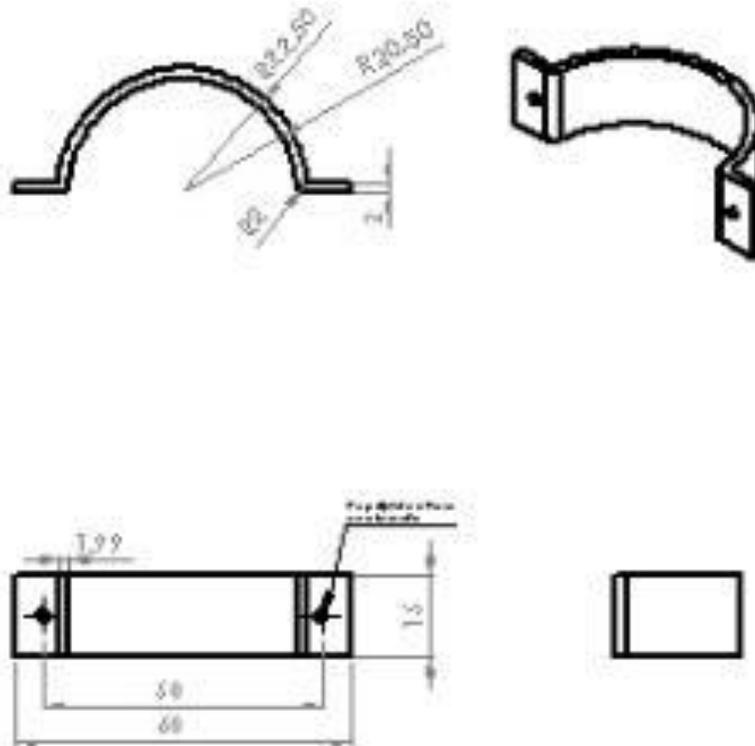


	Institución	Facultad de Ingeniería, UNAM	
	Título	Prototipo	
	Proyecto	Sistema de control y detección de incendios	
	Author	Olivera Gutiérrez, Segura Granados	
	Fecha	8-8-18	
Escala	1:1	Unidades	mm
		Material	Varios

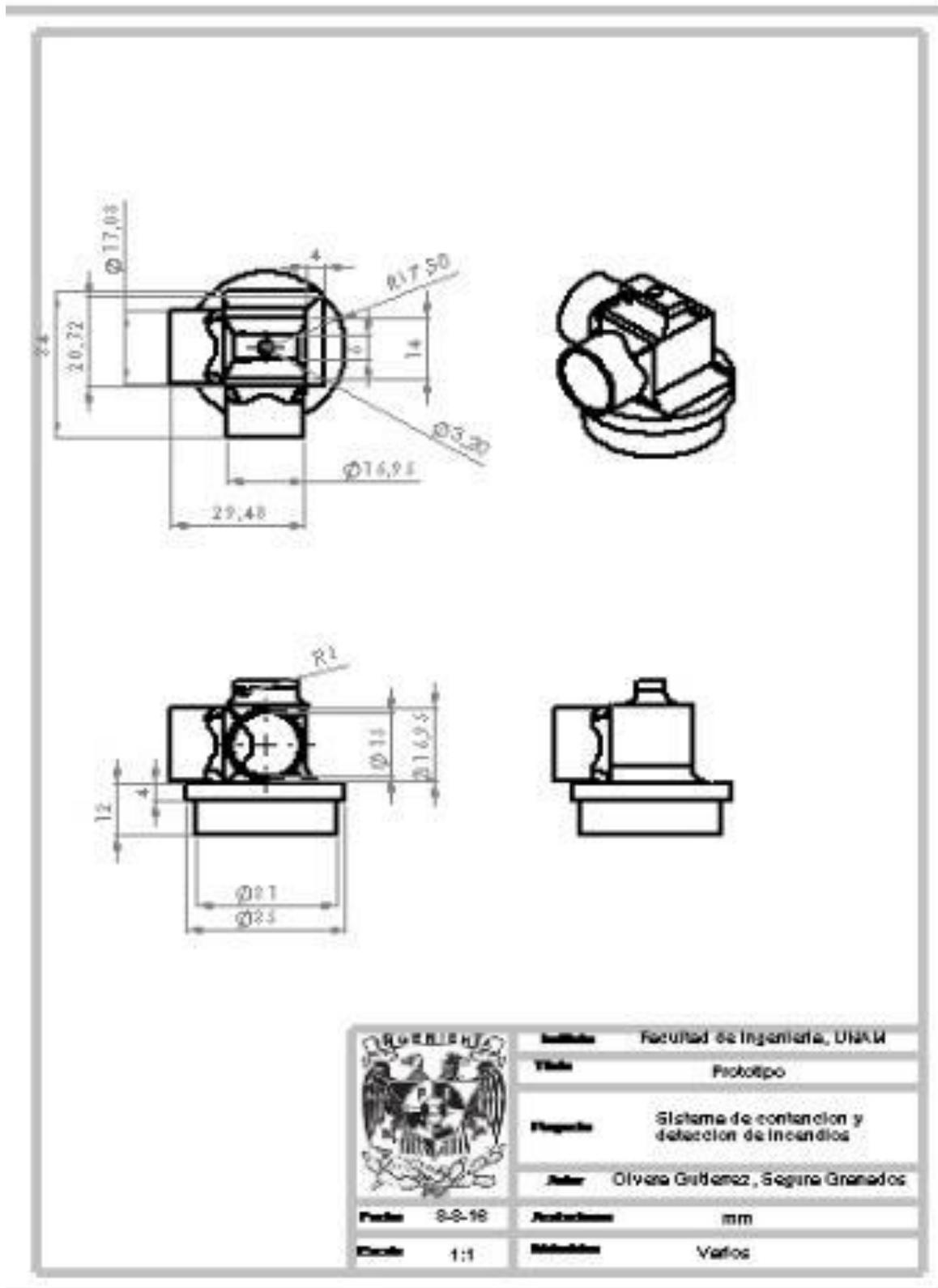


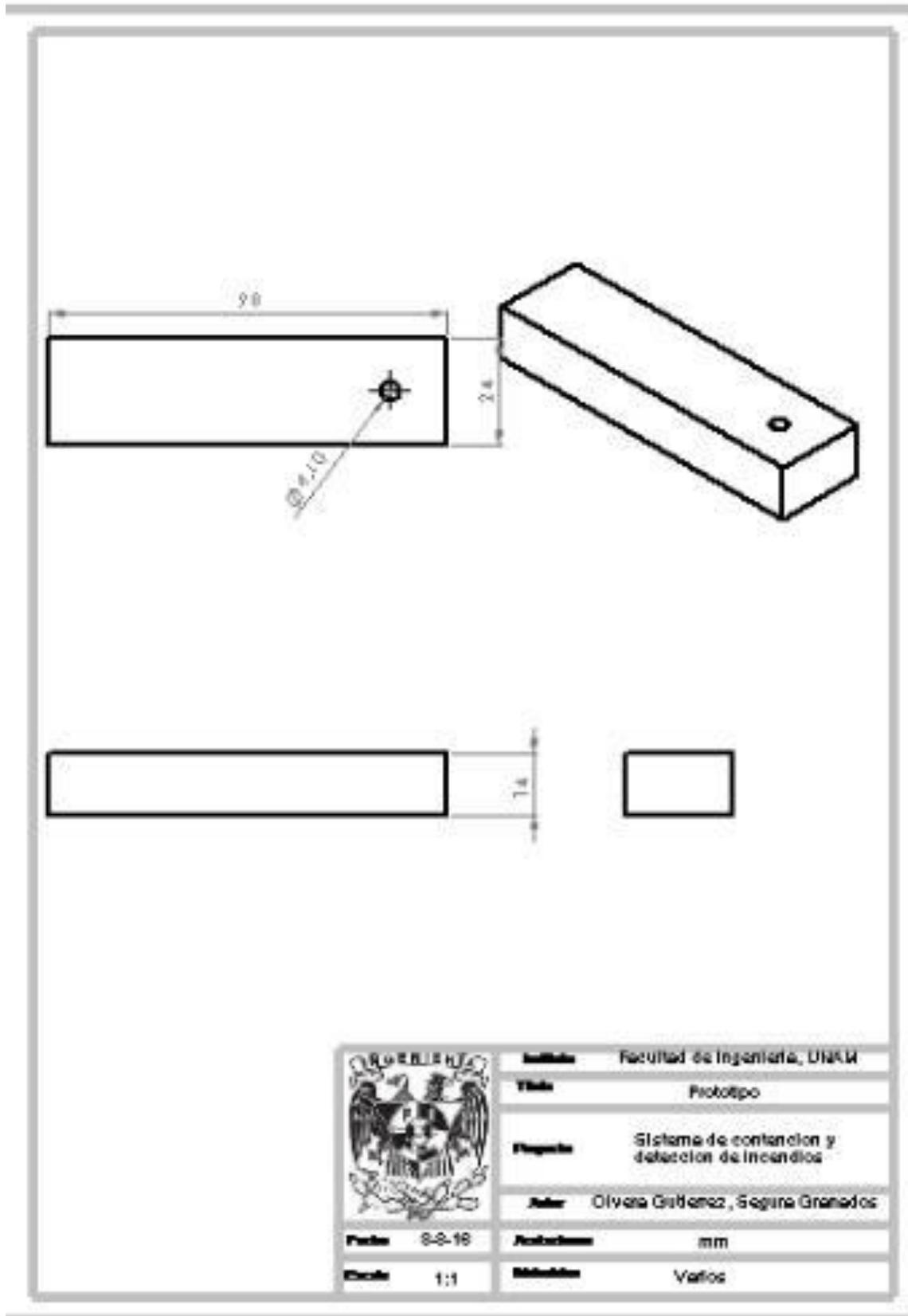
	Institución	Facultad de Ingeniería, UNAM	
	Título	Prototipo	
	Proyecto	Sistema de control y detección de incendios	
	Author	Olivera Gutiérrez, Segura Granados	
	Fecha	8-8-18	
Escala	2:1	Acotaciones	mm
		Dimensiones	Varios

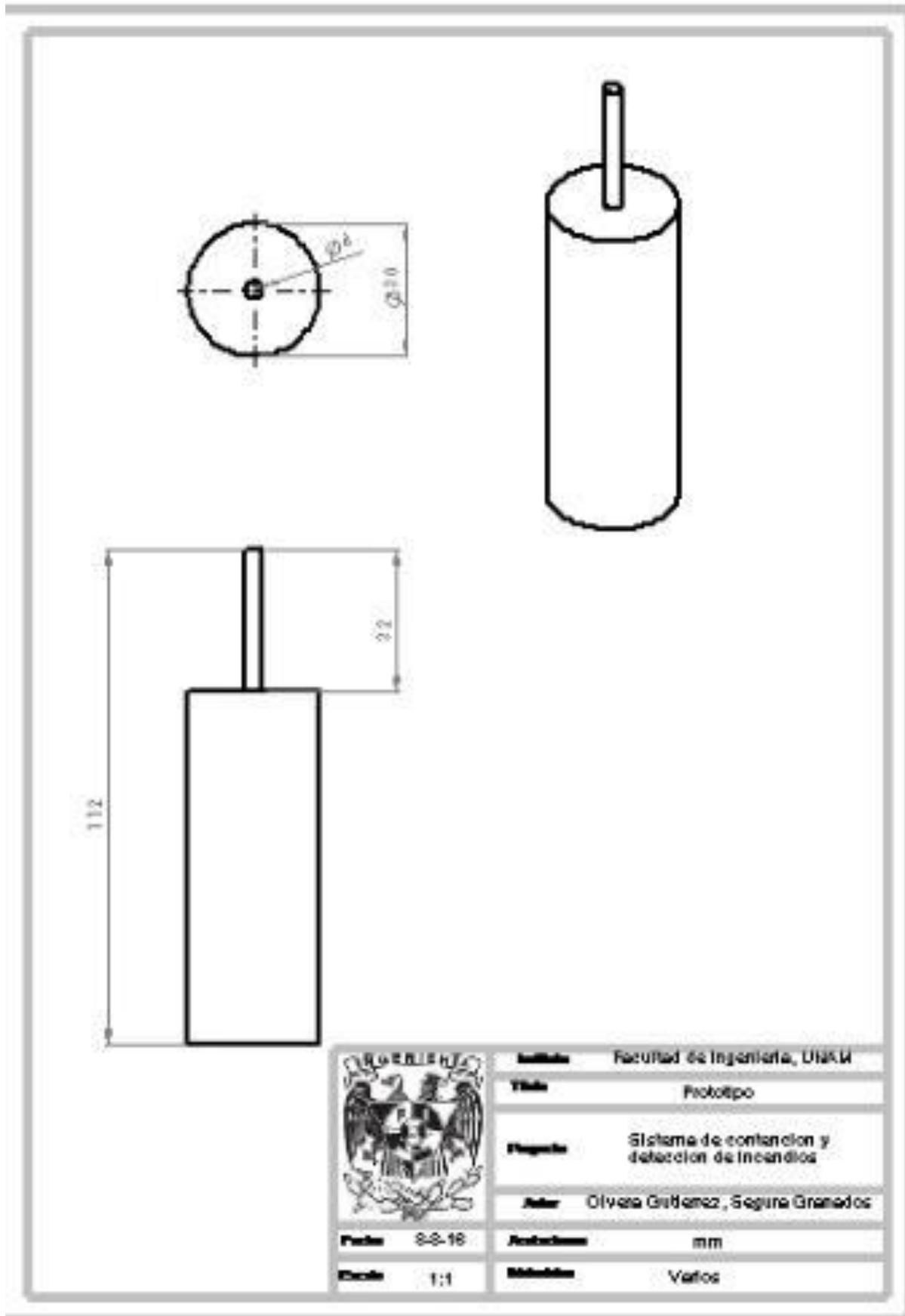


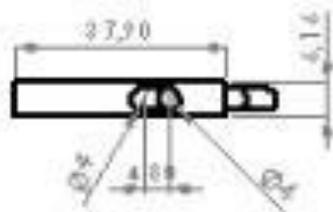


	Institución	Facultad de Ingeniería, UNAM
	Título	Prototipo
	Proyecto	Sistema de contención y detección de incendios
	Autor	Olivera Gutiérrez, Sergio Granados
	Fecha	8-8-16
Escala	1:1	Acotaciones mm
		Material Varios



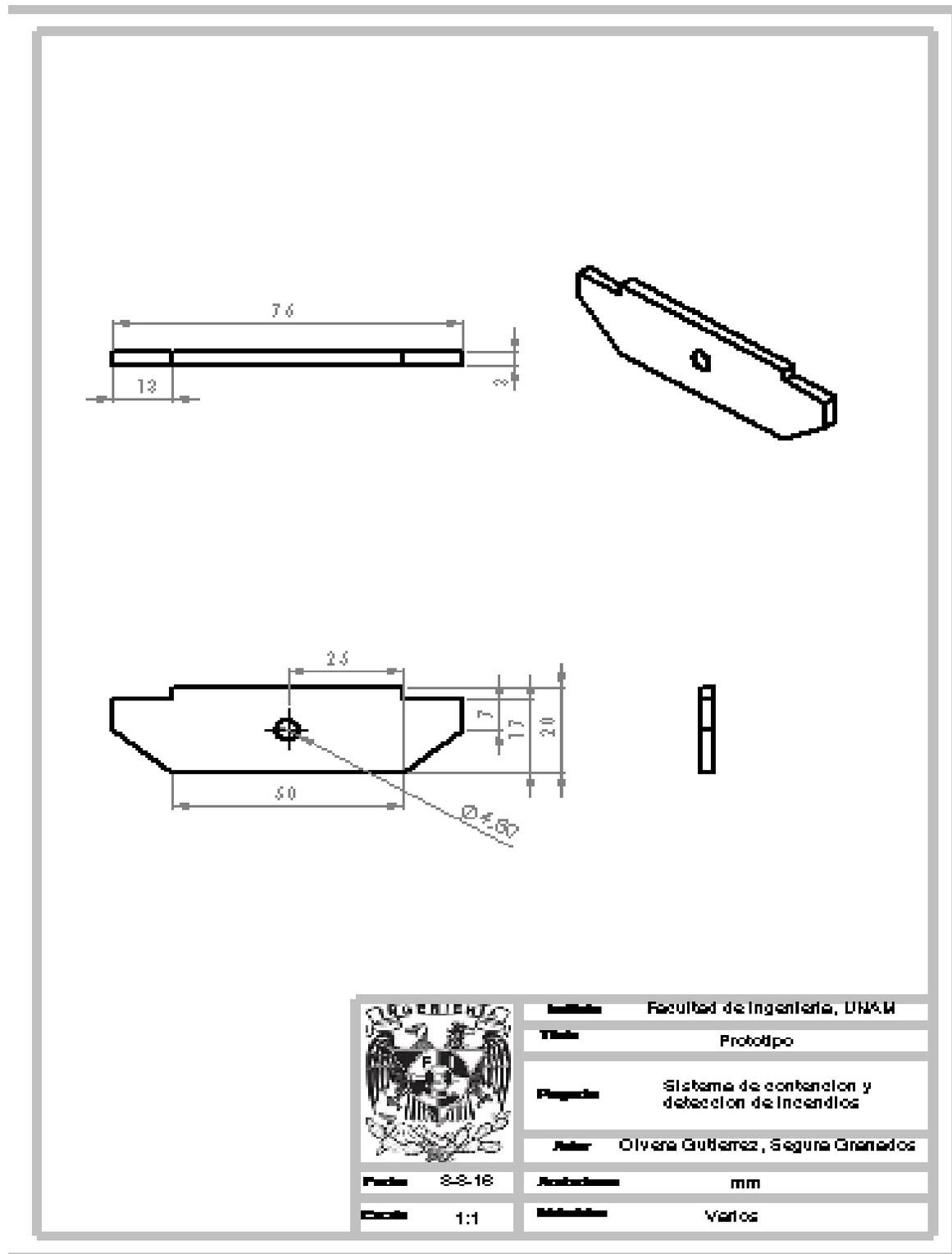


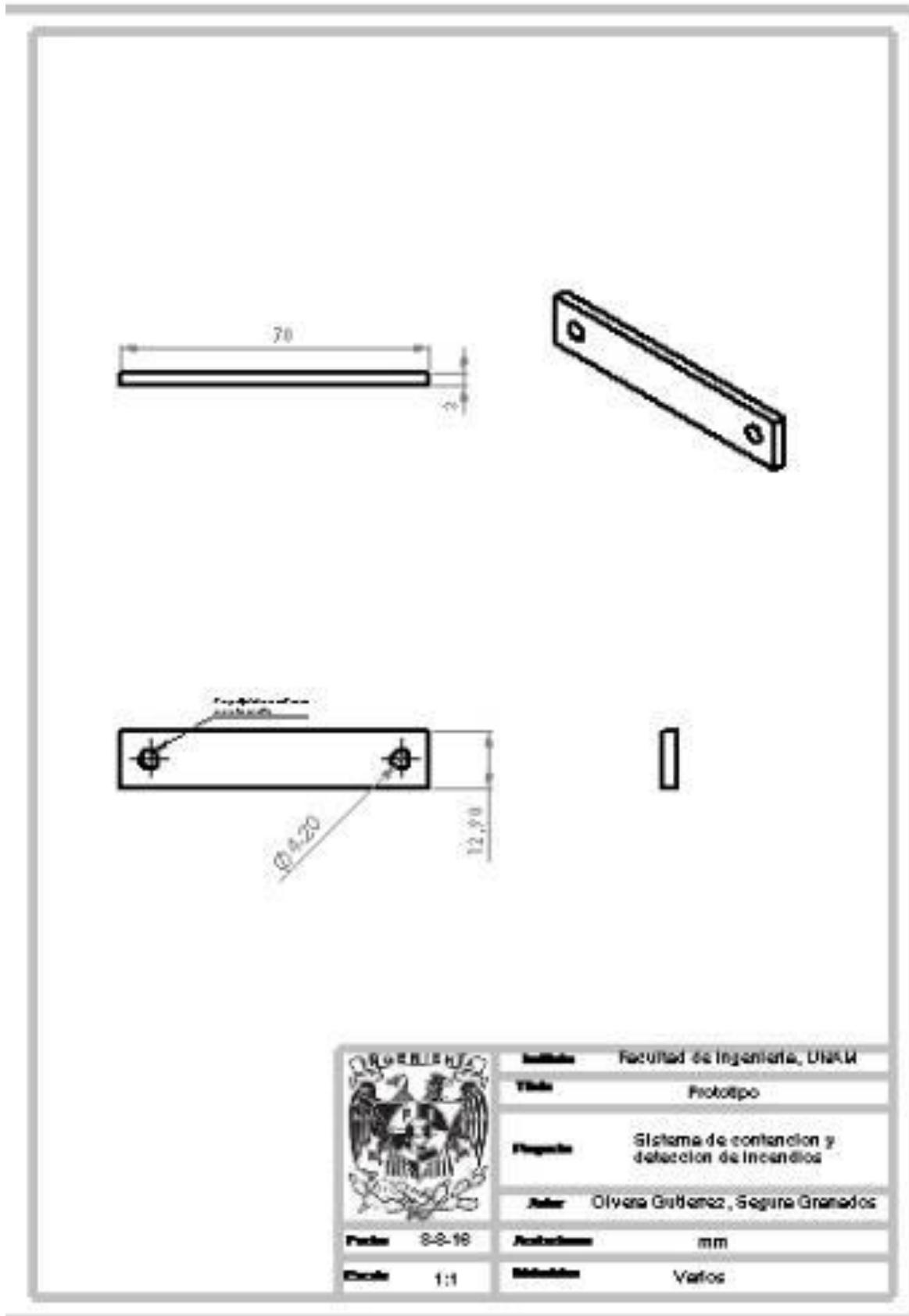


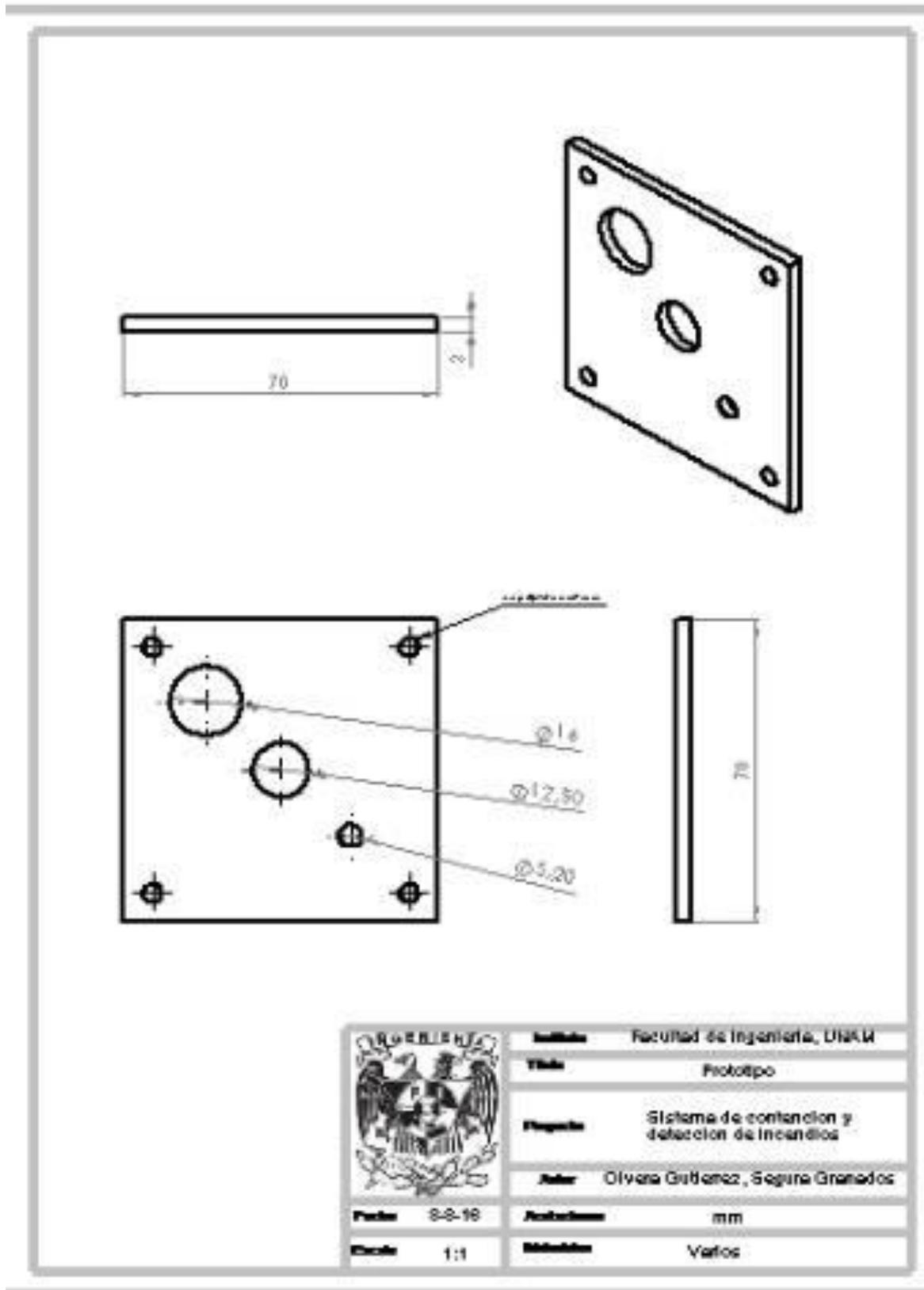


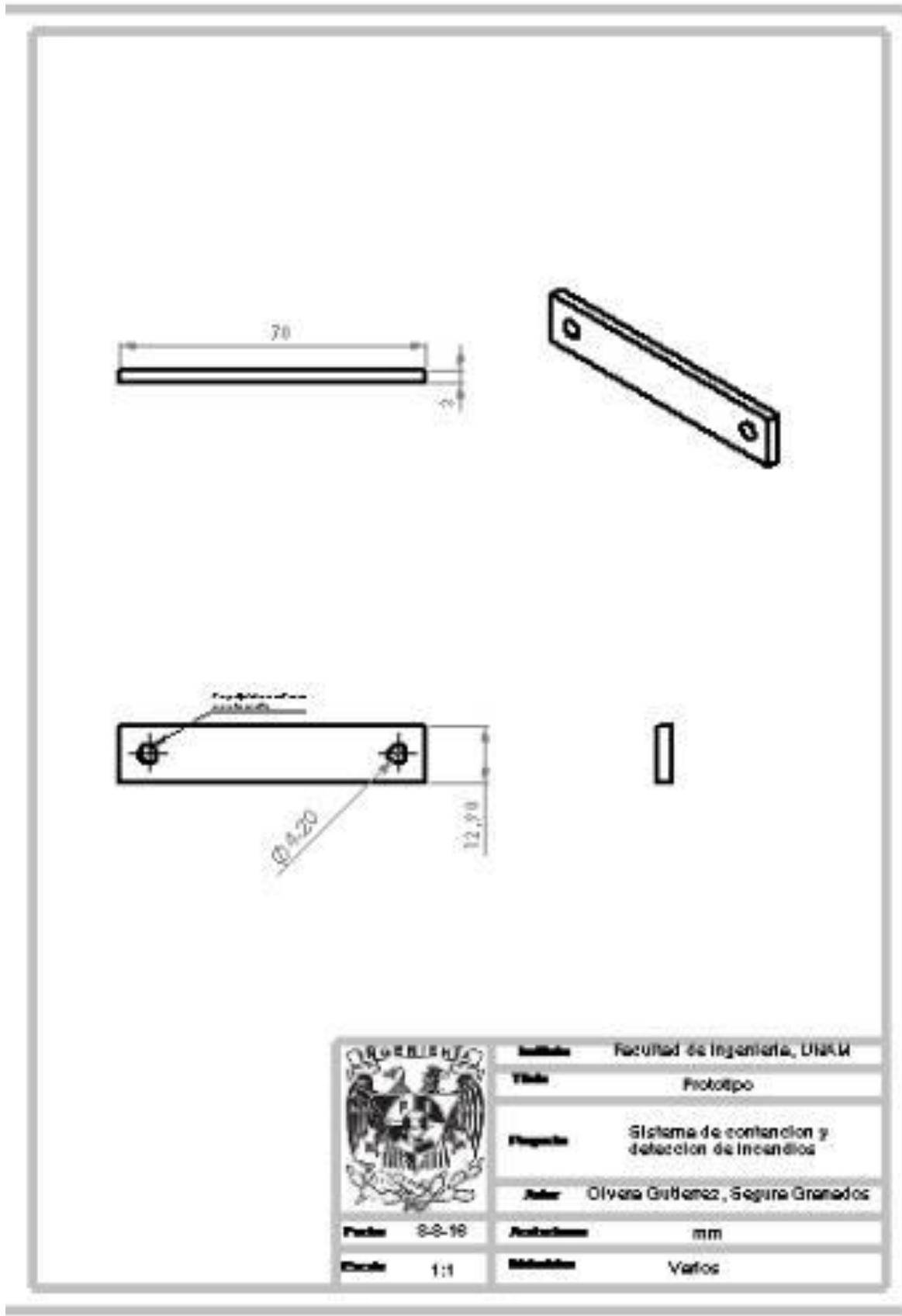
	Instituto	Facultad de Ingeniería, UNAM	
	Título	Prototipo	
	Proyecto	Sistema de control y detección de incendios	
	Autor	Olivera Gutiérrez, Segura Granados	
Fecha	8-8-18	Acabados	mm
Escala	1:1	Edificios	Varios

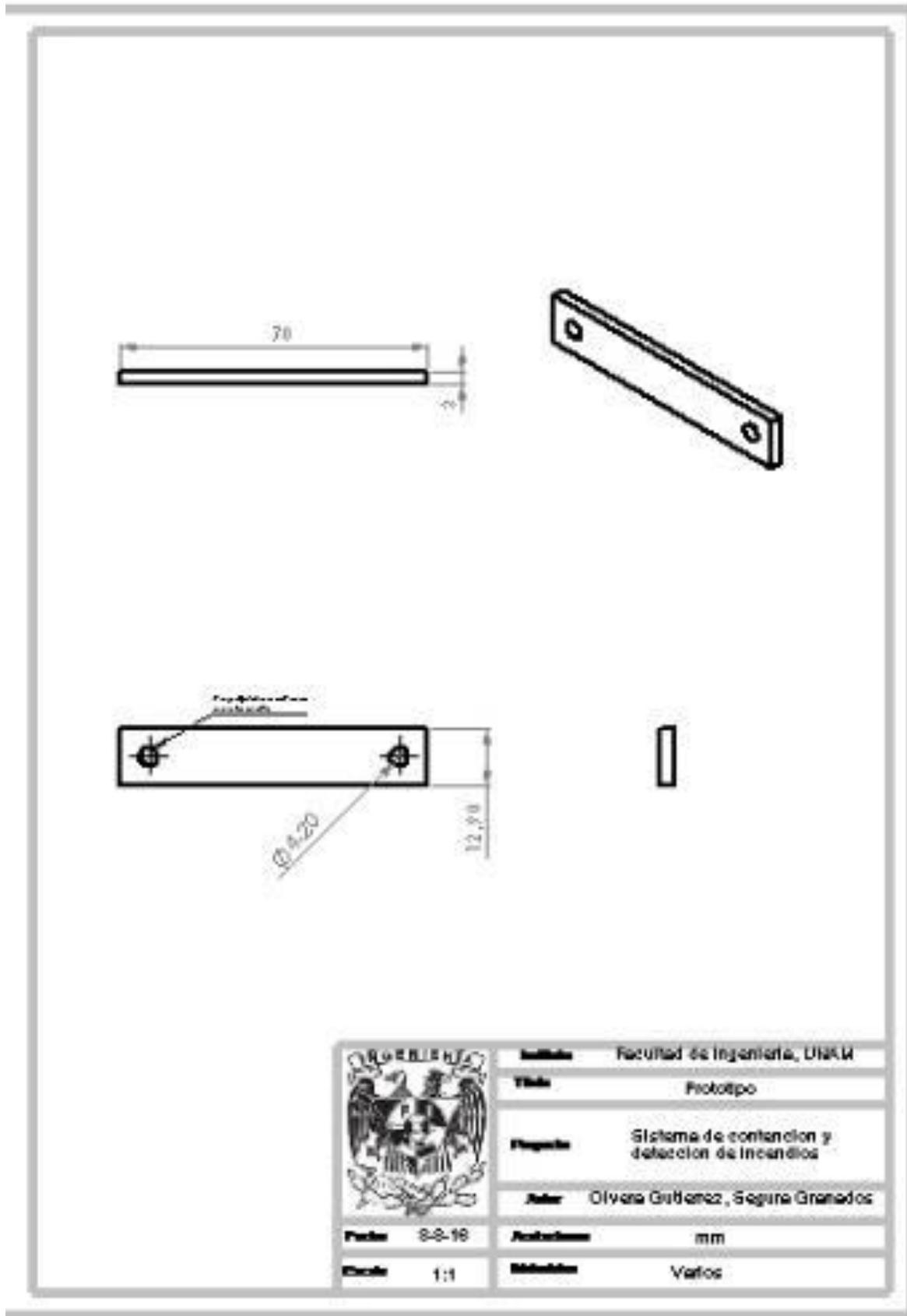
Planos de la base para los arreglos de sensores.











Referencias

1. Katsuhiko Ogata, Ingeniería de control moderna. 4a Edición.
2. Alegs Leandro, 2016, definición de sistema, recuperado de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema.php>
3. Sistema de prevención de fuego, recuperado de <http://www.fiat.com.co/novedades/tecnologia-fiat>
4. Diccionario de la real academia española.
5. Cruz Ruiz Jorge, 2012, Determinación del riesgo de incendio de un centro laboral (análisis de riesgo) / tesis que para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Química
6. Grant, Casey , Incendios , recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/41.pdf>
7. Definición de detección , recuperado de <http://www.wordreference.com/definicion/detecci%C3%B3n>
8. Definiciones de sistema contra incendios, 2016, recuperado de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-sistema+de+detecci%C3%B3n+de+incendios>
9. González Ramírez Alejandro, 2014, .Análisis del proceso de restauración de automóviles en México / tesis que para obtener el título de Licenciatura en Economía
10. Sistema contra incendios, recuperado de <http://www.latinpressinc.com/pdfs/eventos/tcememorias/03-Sistemas-de-deteccion-vs-incendio-y-evacuacion-segun-normativa-NFPA-72-y-101-en-Latinoamerica-Manuel%20Villanueva-Honeywell-Notifier.pdf>
11. Sistema de seguridad contra incendios, 2010, recuperado de <http://debates.coches.net/showthread.php?152701-Sistemas-de-seguridad-contra-incendios>
12. Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>.

13. Datos de National Fire Protection Association NFPA recuperado de <http://www.nfpa.org/news-and-research/fire-statistics-and-reports/fire-statistics/vehicle-fires/highway-vehicle-fires>
14. Pore se puede quemar tu coche, 2012 recuperado de <http://www.autofacil.es/reportajes/2012/10/17/quemar-coche/11298.html>
15. Schon Sebastiaan, incendio en vehículos, recuperado de <https://cfg20.files.wordpress.com/2007/07/incendio-en-vehiculos.pdf>
16. Aguilar Cervantes Rogelio Gonzalo, 2011, Sistema de protección contra incendio / tesis para obtener el título de ingeniero mecánico, FES Cuautitlán, 2011.
17. Edualejo77, Sistema de detección temprana contra incendios, recuperado de <https://edualejo77.wordpress.com/2012/08/17/sistemas-de-deteccion-temprana-contra-incendios/>
18. Zabala Galicia Diego Alberto, 2013, Modelo funcional de un robot para la detección y sofocación de fuego / tesis para obtener el título de ingeniero mecatrónico, UNAM.
19. Cordón Muñoz Julio, Diseño preliminar de un robot extintor de incendios que se desplaza por el techo.pdf, University of Technology (Helsinki, Finlandia) 2009.
20. Morales Ramírez Gabriel et al, Diseño y construcción del robot móvil contra incendios “Robocatepetl”, Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica.
21. Diseño y desarrollo de producto. Ulrich Eppinger. 2009. Editorial Mc Graw Hill.
22. Jeffrey S. Goldmeer, Sensor basado en LED´s resistentes para detección de incendios, Conferencia Internacional de detección automática de incendios, National Institute of Standards and Technology, 2001.
23. -Diseño del producto, Francesc Rocadenbosch, 2014
24. –Seminario de tecnología, CONACYT, recuperado de <http://www.cimat.mx/Eventos/seminariodetecnologias/castillo.pdf>
25. Ggggg
26. Idea digital, sensor de temperatura características, recuperado de <http://idelectronica.com.mx/producto/sensor-de-temperatura-ds18b20>

27. BotScience, sensor de temperatura, recuperado de
http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&product_id=193
28. Informatica y comunicaciones, sensor de humo MQ-2, recuperado de
<http://www.conectrolinformatica.com/arduino-modulos/3185-modulo-sensor-de-gas-mq2-para-arduino.html>
29. Datasheet MQ-2 gas sensor, recuperado de
<https://www.seeedstudio.com/depot/datasheet/MQ-2.pdf>
30. Datasheet led infrarrojo receptor, recuperado de
<https://docs.particle.io/assets/datasheets/makerkit/ir333-a.pdf>
31. TESLABEM, Sensor de flama, 2014, recuperado de
<http://teslabem.blogspot.mx/2014/12/sensor-de-fuego-con-arduino.html>
32. National instruments, motores a pasos especificaciones recuperado de
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/203936>
33. AyudaTV, Cual es la temperatura normal en un carro, 2015, recuperado de
<https://www.youtube.com/watch?v=OthIMiDPRGc>
34. Incendios con gasolina, recuperado de protección civil, 2015
<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum12/vdm010.htm>