

**Diseño y construcción de un prototipo de robot móvil controlado de forma remota para dar asistencia al inicio de un incendio**

**CARLOS ANDRES JARAMILLO BEDOYA  
HERIBERTO ARDILA VARGAS**



**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2007**

**Diseño y construcción de un prototipo de robot móvil controlado de forma remota para dar asistencia al inicio de un incendio**

**CARLOS ANDRES JARAMILLO BEDOYA  
HERIBERTO ARDILA VARGAS**

**Proyecto para optar al título de Ingeniero Mecatrónico**

**Director: M.S.C. Ing. DIEGO ALEXANDER TIBADUIZA BURGOS**

**Asesor: Ing. Javier Jurado  
Línea de investigación:  
DISEÑO MECATRONICO Y ROBOTICA  
NOVIEMBRE DE 2007**

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2007**

## **DEDICATORIAS**

A Dios, por guiarnos en la culminación de este periodo de nuestras vidas.

A nuestros padres por la colaboración prestada en el día a día, la moral y la preocupación por el bienestar.

A los profesores, por la formación académica y orientación a un desempeño y perfil profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los agradecimientos van dirigidos a los docentes que creyeron en el proyecto y aportaron el granito de arena para plantear el proyecto.

Un agradecimiento Grande al Director de proyecto de grado M.S.C. Ing. Diego Alexander Tibaduiza por ser una gran guía, orientación para tomar el rumbo viable y correcto hacia los objetivos propuestos y además por el préstamo ilimitado de herramientas y elementos electrónicos en el laboratorio correspondiente.

A la UNAB por brindar los espacios académicos y a los profesores y asesores que en el crecimiento de la investigación aportaron un poco de su conocimiento y experiencia para ir haciendo madurar el proyecto.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	3
ANTECEDENTES	4
1 MARCO TEORICO	6
1.1 PROCESADORES, SENSORES Y ACTUADOTES	7
1.2 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA DC	7
1.2.1 Datos técnicos del motor dc	8
1.2.2 Velocidad base	9
1.3 PRINCIPALES ARREGLOS DE RUEDAS	10
1.3.1 Diferencial	10
1.3.2 Tipo síncrono	11
1.3.3 Tipo triciclo	12
1.3.4 Tipo Ackerman	12
1.4 SISTEMAS MECANICOS	13
1.4.1 Engranaje	13
1.4.1.1 Tipos de engranaje	13
1.4.1.2 Ejes paralelos	14

1.4.1.3 Ejes perpendiculares	14
1.4.1.4 Forma de transmitir el movimiento se pueden citar	14
1.4.1.5 Transmisión mediante cadena o polea dentada	14
1.5 TORQUE Y EQUILIBRIO DE UN CUERPO RIGIDO	14
1.5.1 Troqué de una fuerza	14
1.6 MICROCONTROLADORES	15
1.6.1 Principio de funcionamiento del usart	16
1.6.1.1 Transmisión	16
1.6.1.2 Recepción	16
1.7 CLASES DE INCENDIOS	18
1.7.1 Las principales causas	19
1.7.2 Como se pueden prevenir	19
1.7.3 Como se pueden controlar	19
1.7.4 Partes del extintor.	20
1.7.4.1 Funcionamiento del extintor	20
2 METODOLOGÍA DE DISEÑO	23
2.1 DISEÑO MECÁNICO DEL PROTOTIPO	25
2.1.1 Primer diseño mecánico	25
2.1.2 Segundo diseño mecánico	26
2.1.3 Diseño mecánico final	27
2.1.3.1 cadena	27
2.1.3.2 Piñón	28
2.1.3.3 Chumacera	29
2.1.3.4 Rueda	30
2.1.4.2 Diseño de los cálculos mecánicos para la transferencia	32
2.1.4.1 Implementación del sistema de aspersion	33
2.1.5 Análisis de la estructura en solidworks	36
3 DISEÑO ELECTRONICO DEL PROTOTIPO	38
3.1 DISEÑO DE LOS PUENTE H PARA LOS MOTORES.	40
3.1.1 Calculo de las resistencias del puente H	41
3.2 Tarjeta de control	41

3.2.1	Calculo de las resistencias para el opto acoplador	43
3.4	Cálculos de los disipadores	43
3.5	Comunicación asíncrona al computador	45
3.5.1	Las principales características de usar el modo asíncrono	45
3.6	Diseño de control	45
3.6.1	Generación de señal pwm	46
3.6.2	Diseño interface grafica	50
3.6.2.1	Tarjetas wireless	50
3.6.3	Cámara inalámbrica	51
3.6.4	Fuente de alimentación	52
	RECOMENDACIONES	53
	CONCLUSIONES	54
	BIBLIOGRAFIA	56
	ANEXOS	57

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Familia microchip	15
Tabla 2 Clasificación de los extintores	22
Tabla 3 Clases de piñones	29
Tabla 4 Clases de chumaceras	30
Tabla 5 Tipos de rueda	31
Tabla 6 Características de los materiales	35-36
Tabla 7 Registros de pesos de prototipo	38-39

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Motor de corriente directa	8
Figura 2 Dirección diferencial	10
Figura 3 Dirección diferencial 2	11
Figura 4 Tipo asincrono	11
Figura 5 Tipo Triciclo	12
Figura 6 Tipo Ackerman	12
Figura 7 Esquema microcontrolador	15
Figura 8 Esquema max232	17
Figura 9 Conexión cable serial	18
Figura 10 Partes del extintor	20
Figura 11 Metodología del diseño mecatronico	23
Figura 12 Diagrama de bloques diseño mecatronico	25
Figura 13 Diseño inicial	25
Figura 14 Diseño diferencial cuatro ruedas	26
Figura 15 Diseño mecánico final	27

Figura 16 Cadena	28
Figura 17 Piñón	28
Figura 18 Chumacera	30
Figura 19 Rueda del prototipo	31
Figura 20 Curva del solenoide	34
Figura 21 Implementación del sistema de aspersión	35
Figura 22 Análisis de tensión de von mises	37
Figura 23 Análisis de deformación	37
Figura 24 Diagrama de bloques sistema de comunicación	39
Figura 25 Circuito puente h motores dc	40
Figura 26 Circuito de comunicación	42
Figura 27 Pasos para calcular un disipador	44
Figura 28 Prueba de simulador pwm	47
Figura 30 Diagrama de flujo mplab	48
Figura 31 Diagrama de flujo de control visual Basic	49
Figura 32 Software del sistema	50
Figura 33 Tarjetas wireless RS 232	51
Figura 34 Cámara	51
Figura 35 Batería	51

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad son muchos los casos o situaciones que se conocen en las cuales es una realidad la tardanza de los bomberos en actuar en algunos casos debido a varios inconvenientes que se presentan al momento de trasladarse hasta el lugar del incendio ya sea por trancones en la vía, inconvenientes mecánicos o la gran distancia de separación; es por esto que en casi todos los lugares para disminuir la propagación y dar tiempo a la llegada de los bomberos se da a la tarea de ubicar un extintor en un punto estratégico para que una persona determinada reaccione convenientemente, pero en algunas ocasiones es riesgosa o presenta amenazas contra la integridad de las personas de tal manera si ocurre contacto entre el fuego y dicha persona se pueden generar lesiones personales.

Es por esto que se construyó un prototipo móvil de 4 ruedas de tracción diferencial que respondiera a esta necesidad tan importante como es preservar la integridad de las personas y disminuir o retardar la propagación del fuego, el cual consiste en un sistema de tracción eléctrica de baja potencia acoplado a un chasis metálico el cual se comportara como un carro auxiliar de bombero a escala; dicho móvil soportará como máximo una temperatura de 100°C y llevará en la parte interior un extintor que suministra un agente extintor para ayudar a controlar el incendio, se accionará mediante un motoreductor que va acoplado en la parte posterior del chasis y a sus ves el eje de dicho motor va acoplado a la palanca de accionamiento del extintor por medio de una guaya.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Diseñar y construir un prototipo de robot móvil controlado de forma remota para dar asistencia en el control de un incendio.

### **ESPECÍFICOS**

- Diseñar un prototipo móvil que permita ser maniobrado de forma inalámbrica a través de un PC.
- Implementar un sistema aspersión de agente químico u otro elemento que permita mantener bajo control un ambiente determinado durante el inicio de un incendio.
- Diseñar una interfaz en computador que permita realizar el mando de los movimientos del robot.
- Implementar una cámara de tipo inalámbrico que permita monitorear el ambiente en el que se desenvuelve el robot.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Cuando ocurre un incendio la mayor preocupación se presenta cuando hay algún riesgo de explosión en el momento en que se intenta apagar con un extintor y a su vez cuando se demoran en llegar los bomberos, ya que en el trayecto se pueden presentar inconvenientes o contratiempos como son la demora en la comunicación, trancones en la vía y accidente por parte del mismo, y esto da pie a que el incendio se propague.

Debido a esto se pensó en la construcción de un prototipo de robot móvil que pueda dar asistencia al inicio de un incendio en lugares que se encuentren en un mismo piso ya que este no puede subir ni bajar escaleras. Los riesgos de vida se pueden presentar en los interiores de las casas, oficinas o bodegas debido al poco espacio que se presenta por parte de los equipos y muebles lo cual puede generar explosiones de repente y quedar atrapada entre las llamas alguna persona.

Dicho prototipo colaborará a la hora de controlar el inicio de un incendio por medio de un sistema de aspersión de agente químico solkaflam. Este proyecto bien sirve para utilizarse como elemento del cuerpo de bomberos para asistencia o como un elemento de libre distribución.

## ANTECEDENTES

Este proyecto nació de la necesidad de crear un sistema que sirva de asistente en el control de incendios. Se revisó las posibilidades de demanda de la gente hacia el requerimiento de un equipo que pueda suplir o atender una emergencia tan primaria como es el caso de un incendio.

Basados en esto se pensó en lo difícil que es dar asistencia inmediata a un incendio originado en una empresa, casa, oficina y otras, mas cuando estas se encuentran a grandes distancias de las estaciones de bomberos y no se cuenta con el equipo necesario para dicha emergencia.

Mediante una investigación acerca de los proyectos que se están realizando o se realizaron acerca del tema, se observó que en España diseñaron un robot para extinguir incendios en lugares de difícil y peligroso acceso, el cual se despliega sobre rieles y resiste temperaturas hasta de 1000 grados. Contiene una cámara para localizar el foco y se dirige por control remoto. <sup>1</sup>

Dos estudiantes de la facultad técnica de la Universidad Muhamadiyah en la ciudad de Jember, provincia de Indonesia realizaron un robot que detecta el fuego y se mueve hacia este, dicho robot se encuentra equipado con un sensor infrarrojo el cual facilita su movimiento automático y un fototransistor para detectar el fuego y

---

<sup>1</sup> <http://www.desastres.org/noticias.php?id=27062007-24>

su origen, este robot no sube ni baja escaleras<sup>2</sup>. Por último se encontró un proyecto que están realizando un grupo de investigadores de la universidad de Jaume, universidades y empresas de Alemania, reino Unido, Bélgica, Portugal y Turquía. Estos robots son autónomos y son aplicados a la navegación y búsqueda sobre terreno urbano potencialmente peligroso, así mismo pueden entrar en un edificio lleno de humo o en un almacén industrial en el que se hayan vertido sustancias tóxicas, ya que los robots realizan un reconocimiento por medio de fotos y las envían a un centro de control. Con esta información los bomberos podrán analizar el peligro y establecer la mejor estrategia a seguir para detener el problema<sup>3</sup>.

Investigando algunas universidades de Colombia como la nacional, Militar Nueva Granada, Javeriana entre otras, se pudo apreciar que no han realizado ninguna investigación a cerca del tema.

Gracias a esta investigación se toma la iniciativa de diseñar un prototipo de robot móvil controlado de forma inalámbrica y así poder dar asistencia al inicio de un incendio. Este proyecto se realizó con el fin de incentivar a los grupos de investigación de las universidades Colombianas ya que es un tema de mucha motivación a nivel de ingenierías.

---

<sup>2</sup> <http://www.roboticspot.com/spot/vernot.shtml?noticia=Sun-Jun-13-18:36:18-2004>

<sup>3</sup> <http://www.sciencemuseum.org.uk/antenna/firefightingrobots/index.asp>

## 1 MARCO TEORICO

La robótica móvil es un área de la ingeniería que se caracteriza, entre otras cosas, por ser multidisciplinar. Para construir un robot, por pequeño que sea, es necesario aplicar conocimientos de electrónica, programación y mecánica.

El principal objetivo de la robótica es la construcción de máquinas capaces de realizar tareas con la flexibilidad, la robustez y la eficiencia que exhiben los humanos. Los robots son potencialmente útiles en escenarios peligrosos para el ser humano, aburridos, sucios o difíciles. En este sentido los brazos robóticos que se emplean en las fabricas de coches para soldar y pintar, los robots móviles que se envían a Marte, o los que se utilizan para limpiar centrales nucleares son varios ejemplos de aplicaciones reales en las cuales se utilizan robots hoy día.

Algunos tipos de robots son diseñados con: ruedas, con patas, brazos manipuladores, con orugas, de forma humanoide, de forma cilíndrica, etc. Sin embargo, la morfología no es una característica esencial, lo que identifica a cualquier robot es que combina en la misma plataforma a sensores, actuadores y procesadores. Los sensores miden alguna característica del entorno o propia (cámaras, sensores de obstáculos, etc.). Los actuadores permiten al robot hacer algo, llevar a cabo alguna acción o simplemente desplazarse (los motores). Los procesadores hacen los cálculos necesarios y realizan el enlace lógico entre sensores y actuadores, materializando el comportamiento del robot en el entorno en el cual se encuentra inmerso.

Generar comportamiento es programar la existencia de robots que realicen autónomamente tareas de modo eficiente, dependiendo fundamentalmente de su construcción mecánica y de su programación. Una vez construido el cuerpo mecánico del robot, conseguir que realice una tarea se convierte en la práctica en un problema de programación.

El programador tiene que escribir la aplicación en cierto lenguaje, compilar y enlazar su código con las librerías de la plataforma y/o del sistema operativo, y finalmente ejecutarla en los computadores a bordo del robot. Esa ejecución genera el comportamiento deseado cuando el robot se encuentra en el entorno adecuado. Para todos estos pasos el diseñador cuenta con varias herramientas: editores para escribir el programa fuente en el lenguaje elegido, compilador, simuladores, depuradores específicos, compilador cruzado, etc.

### **1.1 Procesadores, sensores y actuadores**

El hardware de los robots consiste principalmente en un conjunto de procesadores, sensores y actuadores, y puede incorporar también elementos de comunicaciones e interacción. Además de ser muy heterogéneo, este hardware evoluciona rápidamente, porque los avances tecnológicos proporcionan nuevos y mejores dispositivos a un ritmo alto. Este dinamismo se contagia al software, que debe evolucionar continuamente para asimilar el soporte a las prestaciones de los nuevos dispositivos.

En cuanto a sensores, la tendencia reciente más marcada es la incorporación de la visión y del láser al equipamiento sensorial de los robots. En primer lugar, las cámaras son cada vez más frecuentes en los robots, tanto monoculares como pares estereo. Hasta ahora las más utilizadas eran analógicas, las cuales solían ser caras y necesitaban de tarjetas capturadoras (Matrox, BTTV, etc.) con drivers específicos para digitalizar la imagen. En los últimos años la tecnología ha proporcionado cámaras digitales a un precio razonable (principalmente destinadas a aplicaciones multimedia), que se han introducido en los robots como otro sensor más. Las prestaciones de esas cámaras siguen mejorando rápidamente, hacia mayor calidad de imagen, mayor frecuencia, etc.<sup>4</sup>

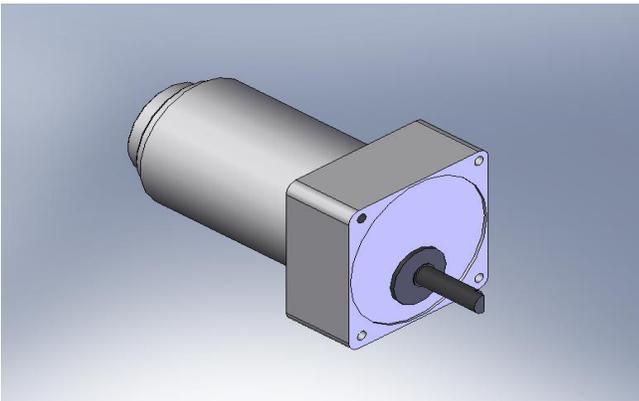
---

<sup>4</sup> <http://gsyc.es/tr-docs/tr-programacionrobots.pdf>

## 1.2 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA DC

Un motor DC es un actuador que funciona con corriente directa. Accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto. A diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite. En las figura 1 se puede apreciar el motor de corriente directa.

Figura 1 Motor de corriente directa



Los Autores, SolidWorks

### 1.2.1 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR DC

A la hora de comprar un motor o decidirse se deben tener en cuenta los siguientes datos.

- Velocidad
- Torque y Potencia (HP)

### 1.2.2 Velocidad Base.

La velocidad base se define como las revoluciones por minuto (RPM) de un motor d.C. cuando opera a:

1. Corriente de campo de régimen
2. Voltaje de armadura de régimen
3. Carga de régimen (Corriente de Armadura)

**Troqué (T)= libra/pie [Ec. 1]**

La ecuación [Ec. 1] establece los HP del motor a un torque y velocidad específicos. Los motores se acoplan a reductores, correas y poleas, y otros dispositivos modificadores de velocidad, para producir torque y/o velocidades mayores, esta combinación nunca debe exceder el valor de los caballos de fuerza (HP) que se encuentran en la placa del motor seleccionado.

Con la excepción de los controladores que también regulan la corriente de campo, el voltaje de armadura es el único parámetro que el controlador puede directamente cambiar o regular. Los sistemas de control pueden clasificarse como reguladores de voltaje, velocidad, corriente (torque), tensión o posición. Todos estos sistemas utilizan un dispositivo de realimentación apropiado para permitir al controlador regular la función deseada.

La ecuación general del motor [Ec. 2] define el funcionamiento del motor bajo diferentes condiciones de voltaje y carga:

**$E_t = E_c + I_a.R_a$  [Ec. 2]**

Donde:

Et: Voltaje en los terminales de la armadura

Ec: Fuerza contra electromotriz

Ia: corriente de la armadura

Ra: resistencia de la armadura

**$E_c = K.N$  [Ec. 3]**

Donde:

N: velocidad (rpm)

En la ecuación [Ec. 3] el voltaje ( $E_c$ ) se opone al voltaje aplicado a la armadura  $E_t$ , y por esta razón es llamado fuerza contra electromotriz (FCM). Este voltaje es el resultado del corte del campo magnético al girar los conductores de la armadura, produciendo así un voltaje generado. Bajo condiciones normales de operación, este término ( $E_c$ ) es mucho mayor que el término ( $I_a.R_a$ ). La velocidad del motor es proporcional al voltaje aplicado en los terminales, el cual es el voltaje que se muestra en la placa del motor. Típicamente, la resistencia de la armadura ( $R_a$ ), está en el orden de 1 Ohm, o menos, y la corriente de armadura ( $I_a$ ) es función de la carga mecánica del motor.<sup>5</sup>

### **1.3 Principales arreglos de ruedas**

En robótica el movimiento de un robot puede ser considerado como un problema de cinemática directo, en el cual influyen elementos como el terreno donde se trabaja, el peso del robot y el tipo de locomoción de este. Entre los principales tipos de locomoción para robots con ruedas se encuentran:

- Diferencial
- Tipo síncrono
- Tipo triciclo
- Tipo Ackerman

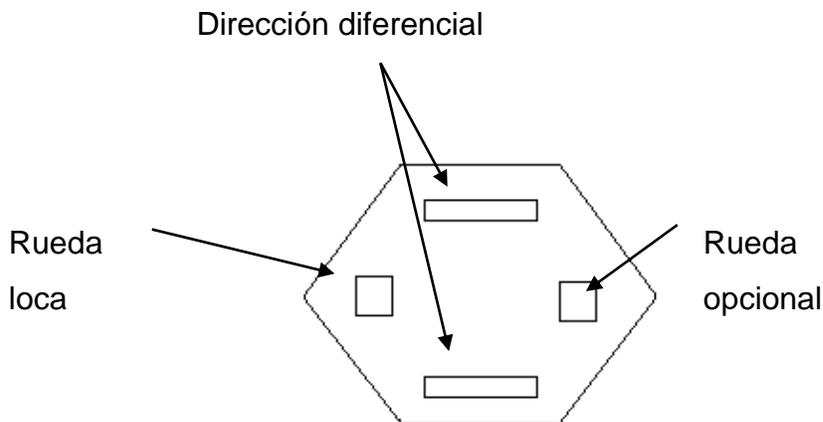
#### **1.3.1 DIFERENCIAL**

Es un sistema sencillo el cual consiste de dos ruedas en un eje común, donde cada rueda es controlada independientemente, los movimientos pueden ser de forma recta, en arco y vuelta sobre su propio eje. Utiliza dos ruedas adicionales para mantener el balance. (Ver figura 2)

---

<sup>5</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_continua](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua)

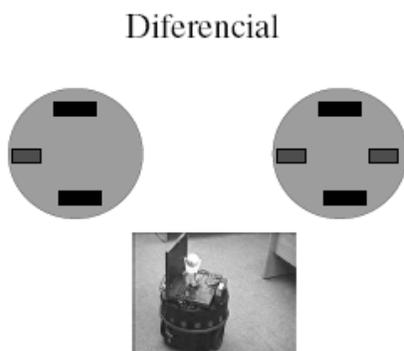
Figura 2 Dirección diferencial



Los Autores, Paint

En la dirección diferencial también se encontraron dos tipos (ver figura 3) en el primero de 3 ruedas ó triángulo pero no son muy beneficiosos debido a su inestabilidad, el segundo de 4 ruedas o diamante el cual nos genera pérdida de contacto de las ruedas de tracción y requiere sistema de suspensión. También se requiere asegurarse de que las ruedas vayan a la misma velocidad el cual se controla mediante control dinámico con retroalimentación.

Figura 3 Dirección diferencial 2

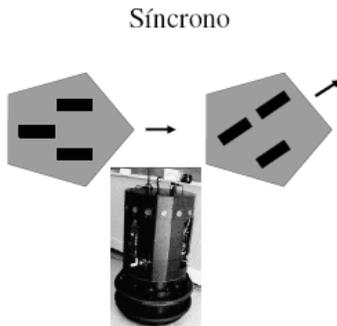


<http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Robotica/rm-c02-arq.pdf>

### 1.3.2 TIPO SINCRONO

Este sistema consta usualmente de 3 ruedas que se mueven en forma sincronía para dar vuelta y avanzar con mayor facilidad, estas tres ruedas están ligadas de tal forma que siempre apuntan a la misma dirección haciendo así que en un giro las ruedas giran sobre su mismo eje vertical, por lo que la dirección del chasis se mantiene. Con este sistema se logra evitar algunos problemas como inestabilidad y pérdida de contacto del diferencial (ver figura 4).

Figura 4 Tipo sincrónico



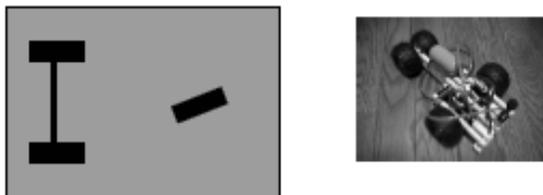
<http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Robotica/rm-c02-arq.pdf>

### 1.3.3 TIPO TRICICLO

Consta de dos ruedas fijas que le dan mayor tracción y una rueda para dar dirección la cual no tiene tracción, en este sistema encontramos algunos beneficios como facilidad para ir en línea recta, estabilidad y simplicidad mecánica (ver figura 5).

Figura 5 Tipo triciclo

Triciclo

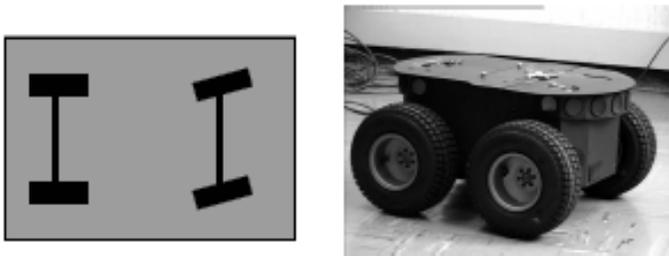


<http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Robotica/rm-c02-arq.pdf>

### 1.3.4 TIPO ACKERMAN

Este sistema es muy similar al sistema del triciclo con la diferencia que consta de dos llantas traseras para dar dirección, se emplea una complejidad mecánica mayor que en el del triciclo pro el acoplamiento de las dos ruedas de la dirección, con beneficios en la parte de estabilidad y facilidad de ir en línea recta(ver figura6).

Figura 6 Tipo Ackerman



<http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Robotica/rm-c02-arq.pdf>

## 1.4 SISTEMAS MECANICOS

### 1.4.1 ENGRANAJE

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el

movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

#### **1.4.1.1 TIPOS DE ENGRANAJE**

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:<sup>6</sup>

##### **1.4.1.2 Ejes paralelos:**

- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos de dientes helicoidales
- Doble helicoidales

##### **1.4.1.3 Ejes perpendiculares**

- Helicoidales cruzados
- Cónicos de dientes rectos
- Cónicos de dientes helicoidales
- De rueda y tornillo sinfín

##### **1.4.1.4 Por la forma de transmitir el movimiento se pueden citar:**

- Transmisión simple
- Transmisión con engranaje loco

---

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje#Tipos\\_de\\_engranajes](http://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje#Tipos_de_engranajes)

- Transmisión compuesta. Tren de engranajes

#### **1.4.1.5 Transmisión mediante cadena o polea dentada**

- Mecanismo piñón cadena
- Polea dentada

### **1.5 TORQUE Y EQUILIBRIO DE UN CUERPO RIGIDO**

En general un cuerpo puede tener distintos tipos de movimiento. De traslación a lo largo de una trayectoria, de rotación mientras se esta trasladando, en este caso la rotación puede ser sobre un eje que pase por el cuerpo, y si la vez que este eje esta girando en torno a un eje vertical, a la rotación del eje del cuerpo rotante se le llama movimiento de precisión.

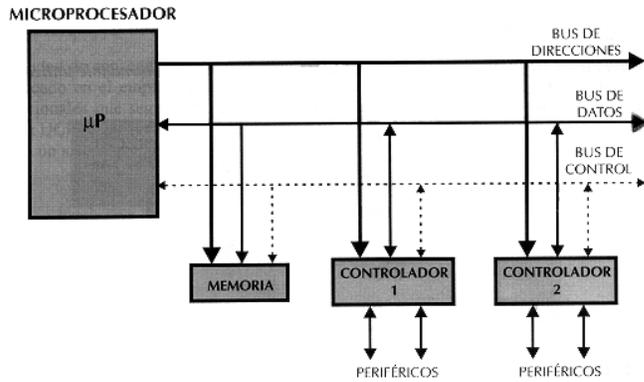
#### **1.5.1 TORQUE DE UNA FUERZA.**

Cuando se aplica una fuerza en algún punto de un cuerpo rígido, el cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a algún eje. La propiedad de la fuerza para hacer girar al cuerpo se mide con una magnitud física que se llama torque o momento de la fuerza. Se prefiere usar el nombre torque y no momento, porque este último se emplea para referirse al momento lineal.

### **1.6 MICROCONTROLADORES**

Un microcontrolador se puede definir como un dispositivo integrado que incluye microprocesador, memoria y dispositivos periféricos (dispositivos de ENTRADA/SALIDA, convertidores A/D, puerto de comunicación, etc.). (Ver figura 7)

Figura 7 Esquema microcontrolador



<http://www.monografias.com/trabajos27/microcontroladores/microcontroladores.shtml>

Existen diversos tipos de fabricantes tales como Motorola, Intel, Microchip. En este proyecto se trabajo con microcontroladores PIC los cuales son fabricados por la casa Microchip. En la tabla 1 se pueden apreciar las características principales de una familia de microchip.

Tabla 1 Familia microchip

Microcontroladores PIC16F87X (Modelos)				
Características	16F873	16F874	16F876	16F877

<b>Memoria Flash</b>	4Kb	4Kb	8Kb	8Kb
<b>Posiciones EEPROM</b>	128	128	256	256
<b>Posiciones RAM</b>	192	192	368	368
<b>Nº puertos E/S</b>	3	4	3	4
<b>Nº Interrupciones</b>	13	14	13	14
<b>Puerto Paralelo</b>	NO	SI	NO	SI

Los Autores, Saint

Todos los PIC16F87X tienen una serie de elementos integrados, pensados para minimizar el coste de un diseño al eliminar componentes externos discretos. Los elementos son:

1. oscilador
2. RESET
3. Varios niveles de interrupción
4. Temporizador Watchdog
5. Instrucción SLEEP
6. Protección de código
7. Circuitería de programación serie
8. Comunicación serie

## **1.6.1 Principio de funcionamiento del USART en modo asíncrono de 8 bits**

### **1.6.1.1 TRANSMISION**

El USART (universal synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) puede ser configurado para transmitir 8 a 9 bits “full dúplex”. Lo único que se debe hacer para que la información deseada sea transmitida por la terminal TX del microcontrolador, es primeramente configurar la tasa de transmisión y modo de comunicación entre ambas bases de comunicación, configurar los puertos de

transmisión y recepción como salida-entrada respectivamente. Por último la bandera de permiso a transmitir y mandar la información al registro TXREG. Así al detectar que el buffer de transmisión esta lleno el microcontrolador inmediatamente transmitirá el contenido.

### **1.6.1.2 RECEPCION**

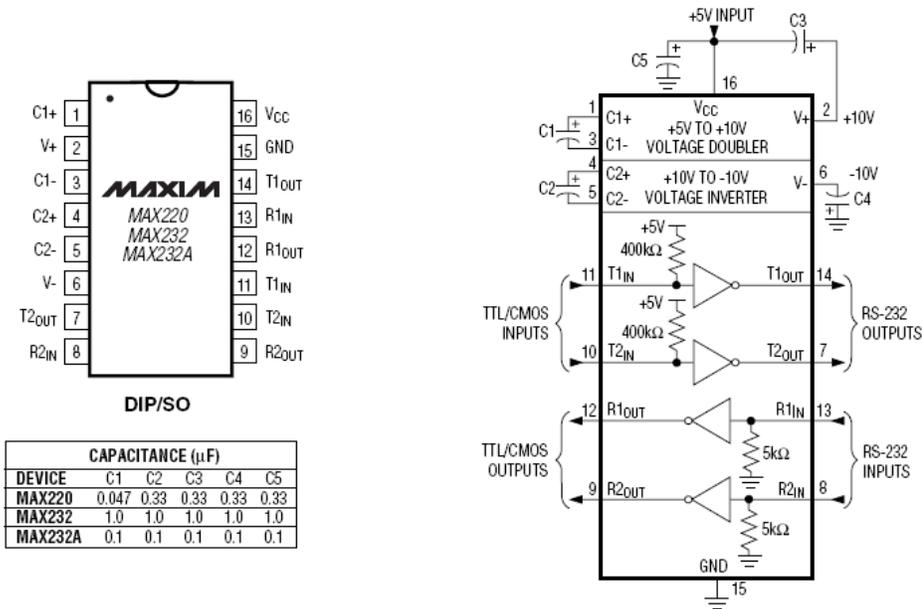
De la misma manera que en la transmisión, en la recepción del USART debe ser configurado para captar ocho o nueve bits de datos. Después de la detección del bit de inicio, los ocho o nueve bits de datos seriales son almacenados de la terminal RX al buffer de recepción y de ahí al registro RCREG, hasta que el bit de paro es reconocido. Este registro tiene la propiedad de almacenar los datos de forma FILO (first in last out), el primer dato que entra es el último en salir.

Por otra parte el medio de comunicación se mantiene en un nivel lógico alto siempre y cuando no haya transmisión o recepción en progreso. Le sirve al canal de recepción como sincronización de inicio, el primer pulso bajo y consecutivamente los ocho bits de información. Al terminarse la “trama” de información este activa un bit de paro en alto que regresa al estado inicial activando una bandera. Para la transmisión se debe insertar el dato en el TXREG para ser mandado por el medio y su respectiva bandera indicara que ya fue liberado el buffer de TX e iniciar otra transmisión. La transmisión y recepción de la información se puede llevar a cabo simultáneamente.

Los canales de transmisión y recepción están determinados por las terminales del microcontrolador TX y RX del puerto C (RC6-tx y RC7-rx).

En la figura 8 se muestra la configuración del max232 el cual se utiliza para comunicar el microcontrolador con el PC por medio de las tarjetas Blue RS232.

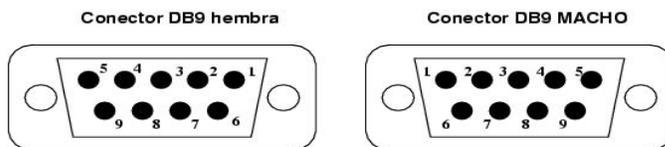
Figura 8 Esquema max232



<http://www.ortodoxism.ro/datasheets/maxim/MAX220-MAX249.pdf>

En la transmisión de los datos en este proyecto se trabaja el puerto serial, en la figura 9 se muestra el Cable serial, el cual es el conector usado para este puerto.

Figura 9 Conexión cable serial



uno de los pines es la siguiente:

Número de pin	Señal
1	DCD (Data Carrier Detect)
2	RX
3	TX
4	DTR (Data Terminal Ready)
5	GND
6	DSR (Data Sheet Ready)
7	RTS (Request To Send)
8	CTS (Clear To Send)
9	RI (Ring Indicator)

<http://www.ortodoxism.ro/datasheets/maxim/MAX220-MAX249.pdf>

## 1.7 CLASES DE INCENDIOS

Los incendios se clasifican en base a los elementos que los provocan o causan.

- **Clase A:** Madera, papel, goma, etc.
- **Clase B:** Líquidos inflamables, pinturas, etc.
- **Clase C:** Equipos eléctricos.
- **Clase D:** Metales combustibles y compuestos químicos, Magnesio, titanio, potasio, etc.

### 1.7.1 Las principales causas

A la hora de analizar un incendio se debe primero conocer las causas que lo provocan, a continuación se indicaran algunas.

- Mal manejo de las herramientas de trabajo, ya que en algunos casos no le prestan el debido mantenimiento.
- Descuido del personal en las horas de trabajo y al momento de salir del trabajo.
- Un corto circuito los cuales se generan a la hora de enchufar un equipo de trabajo o por recalentamiento de los mismos.

### 1.7.2 Como se pueden prevenir

- **Clase A:** Las áreas de trabajo deberán estar libres de basura, Separe los trapos con grasa y desechos similares de cualquier fuente que provoque fuego.
- **Clase B:** Utilizar productos combustibles sólo en lugares ventilados, Mantener los líquidos inflamables guardados en recipientes cerrados alejados de fuentes productoras de fuego o calor
- **Clase C:** Revisar cables dañados o viejos, nunca sobrecargar un tomacorriente con más de dos enchufes. Mantener limpios los motores de equipos para evitar recalentamientos.
- **Clase D:** Guiarse por los procedimientos específicos de la empresa cuando se utilizan metales como magnesio, potasio, titanio, etc. Para así evitar el mal manejo de los mismos.<sup>7</sup>

---

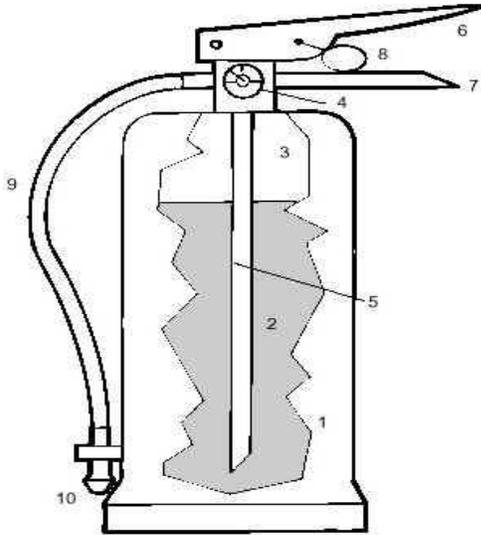
<sup>7</sup> <http://www.suratep.com/cistema/articulos/453/>

### **1.7.3 Como se pueden controlar**

Los incendios se controlan de forma manual ya sea por parte del personal de bomberos o cualquier otra persona, dentro de las formas más usuales de controlar un incendio se encuentra el extintor por presión permanente, el cual se presenta en tres modalidades. La primera corresponde a aquellos en que el extintor proporciona su propia presión de impulsión, tales como los de anhídrido carbónico. La segunda modalidad está formada por aquellos en que el agente extintor se encuentra en fase líquida y gaseosa, tal como los hidrocarburos halogenados, y cuya presión de impulsión se consigue mediante su propia tensión de vapor con la ayuda e otro gas como el nitrógeno, el cual se encuentra añadido en el recipiente y su inyección se hace en su fabricación o en la recarga del extintor. La tercera y última modalidad es cuando el agente extintor es líquido, cuya impulsión se consigue mediante un gas repelente, inerte, tal como el nitrógeno o el anhídrido carbónico, el cual se encuentra añadido en el recipiente y su inyección se hace en su fabricación o en la recarga del mismo.

La figura 10 que se presenta a continuación es un extintor correspondiente a la última modalidad con sus respectivas partes.

Figura 10 Partes de un extintor



[http://www.paritarios.cl/especial\\_extintores.htm](http://www.paritarios.cl/especial_extintores.htm)

#### **1.7.4 Partes del extintor.**

1. Cuerpo del extintor
2. Agente extintor
3. Agente impulsor
4. Manómetro
5. Tubo sonda de salida
6. Maneta palanca de accionamiento
7. Maneta fija
8. Pasador de seguridad
9. Manguera
10. Boquilla de la manguera

##### **1.7.4.1 Funcionamiento del extintor**

Para accionar el extintor se quita el pasador "8" tirando del anillo, desbloqueándose la palanca 6 que se acciona apretando hacia la maneta fija "7" para que así se ponga en comunicación el tubo sonda de salida y la manguera. Así el gas impulsor empuja a la masa del agente extintor obligándola a salir por el tubo sonda hacia la manguera y su boquilla.

Después de analizar la forma con la que se puede controlar un incendio pasamos a analizar cómo se puede controlar las clases de incendios mediante los diferentes casos de extintores.

**Incendio clase A:** Está compuesto por los materiales sólidos. En estos casos lo más indicado es el agua o cualquier extinguidor que contenga agua, con el fin de combatir al fuego por enfriamiento.

**Incendios clase B:** Está compuesto por los líquidos inflamables. Para este tipo de fuego lo más indicado es un extintor que se denomina "de espuma", que elimina el fuego por sofocamiento, es decir, que cubre el fuego con una espuma y le quita uno de sus elementos el oxígeno.

Para esta clase de fuegos, también se pueden usar los extintores de Hielo seco (Bióxido de carbono), y el extinguidor de Polvo Químico. Estos extinguidores eliminan al fuego como el de espuma, quitándole el oxígeno al fuego.

Para este caso no se puede utilizar el extinguidor que contiene agua, ya que, al ser más pesada que cualquier líquido inflamable, servirá para que el inflamable flote sobre ella, haciendo que el fuego se extienda y se propague aún más.

**Incendios clase C:** Está compuesto por los equipos eléctricos. En este caso se pueden usar 3 tipos de extinguidores, el de hielo seco, el de polvo químico, y el de tetracloruro de carbono, ya que son los únicos que no son conductores de electricidad por no estar hechos a base de agua. Con el extinguidor de tetracloruro de carbono debe tenerse la precaución de no usarlo en lugares cerrados, ya que los vapores que desprende son tóxicos.

**Incendios clase D:** Compuestos químicos. En este caso se utiliza el extinguidor que contiene solkaflam. El solkaflam se puede utilizar en todas las clases de

incendios ya el mismo se evapora y no es corrosivo, el único motivo por el cual no es muy utilizado es por su precio.<sup>8</sup>

Tabla 2 Clasificación de los extinguidores

<b>CLASIFICACION DE LOS EXTINGUIDORES</b>						
<b>Clase de Fuego</b>		<b>Tipo de Extinguidor</b>				
<b>Clase</b>	<b>Tipo de Material Combustible</b>	<b>Agua a Presión</b>	<b>solkaflam</b>	<b>Espuma</b>	<b>Hielo Seco</b>	<b>Polvo Químico</b>
<b>A</b>	Materia Sólida	SI	SI	SI	SI	NO
<b>B</b>	Líquidos Inflamables	NO	SI	SI	SI	SI
<b>C</b>	Equipos Eléctricos	NO	SI	NO	NO	NO
<b>D</b>	Magnesio, Titanio, etc.	No	Si	No	No	No

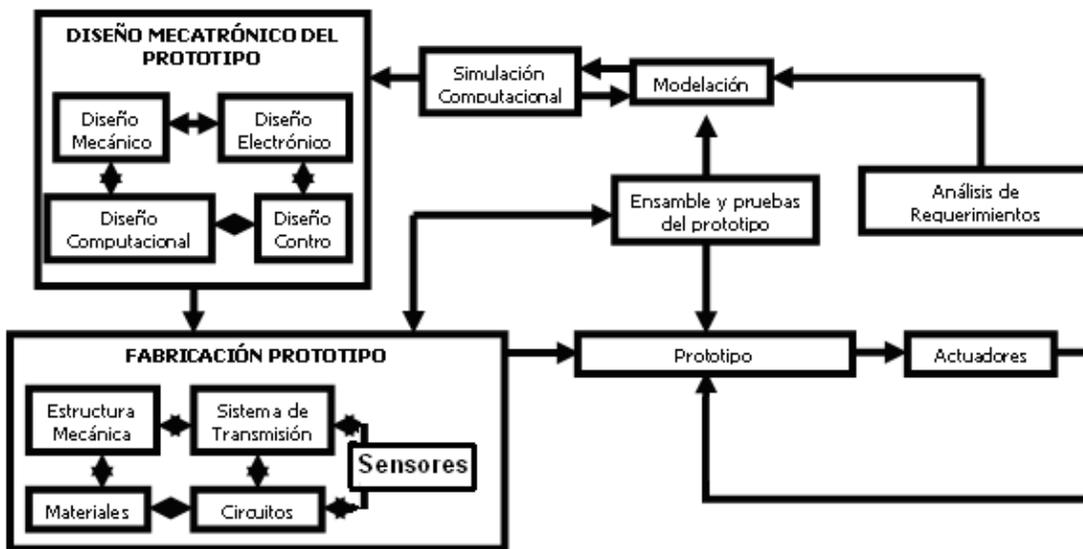
[http://www.ua.es/es/servicios/riesgos/html/iprl03\\_ins\\_agentes\\_extintores.html](http://www.ua.es/es/servicios/riesgos/html/iprl03_ins_agentes_extintores.html)

<sup>8</sup> [http://www.paritarios.cl/especial\\_extintores.htm](http://www.paritarios.cl/especial_extintores.htm)

Analizando esta información y teniendo como referencia las indicaciones del proyecto se debe utilizar el extintor que contiene **solkaflam**, ya que nos genera un mayor rango de utilización.

## 2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Figura 11 Metodología de diseño



Los Autores, Word

El desarrollo de este proyecto constituye de cuatro partes importantes, sistema electrónico, control, mecánico y computacional, para el buen cumplimiento de estos sistemas es importante subdividirlos en tareas para desarrollarlas de una forma ordenada y segura.

Para empezar se realizará un análisis de requerimientos donde vamos a buscar información sobre los sistemas que se van a trabajar en el proyecto y así saber hasta donde se puede llegar dependiendo de la dificultad de los sistemas.

Teniendo la información necesaria se pasará a clasificarla de una forma más detallada, teniendo muy en cuenta los tipos de sistemas que estamos analizando y los respectivos componentes que lleva el robot, se buscará más información

dependiendo de las nuevas dudas o complicaciones que se van presentando con el desarrollo del proyecto. Se decidirán que se va a controlar y como se controlarán desarrollando un análisis de que movimientos tendrá el robot.

Siguiendo con el diseño mecatronico se debe cumplir con las exigencias establecidas, para esto se debe apoyarse con los programas computacionales como SOLID WORKS y SOLID EDGE los cuales ayudan en el diseño mecánico del robot y determinar el tipo de material a utilizar dependiendo de los esfuerzos a que se someterá y la perfecta ubicación de los componentes tales como ejes, motores, chumaceras, piñones y cadenas.

Para poder analizar de una manera más practica y objetiva el proyecto, mediante este diseño podemos ver si el robot funciona como está pensado y si se puede hacer algún cambio que permita agregar algo que no estaba contemplado durante la investigación pertinente.

En el segundo paso se realizará el diseño electrónico por medio del software electronic workbench y Circuit Maker en el cual se escogió la mayoría de los componentes electrónicos que se utilizaron para las respectivas etapas de potencia y control de la comunicación wireless. Este diseño debe concordar con la parte de control y así buscar la mejor eficiencia del proyecto ya que con esto se ahorrara dinero en la compra de los materiales a utilizar.

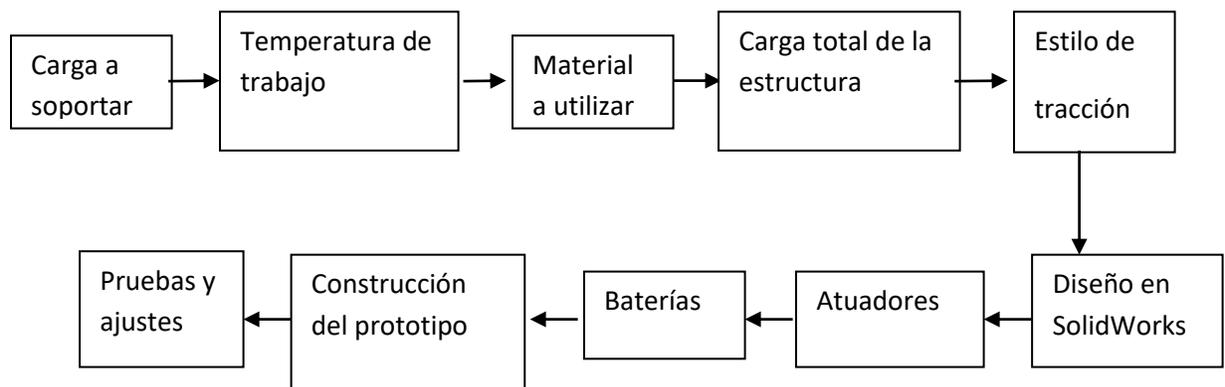
Como tercer paso se realizó el diseño de control el cual consta de un entorno visual o entorno grafico para realizar el control de movimientos del robot por Rs232 y captura de video inalámbrico el cual se establecerá en visual Basic, el cual es muy práctico y permite muchas aplicaciones en cuanto a video y comunicación. Se utilizara el software Mplab para programar el pic16f877A de microchip el cual recibirá datos de visual Basic para luego dar órdenes al robot.

Por último se realizarán pruebas de todos los sistemas o conjuntos (robot completo) para determinar el comportamiento en el medio y así proseguir a realizar mejoras si se deben hacer. Verificado el funcionamiento del proyecto se

dará paso a realizar un documento donde se recopilará toda la información como planos, circuitos, manual de uso entre otros.

## 2.1 DISEÑO MECÁNICO DEL PROTOTIPO

Figura 12 Diagrama de bloques diseño mecánico



Los Autores, Word

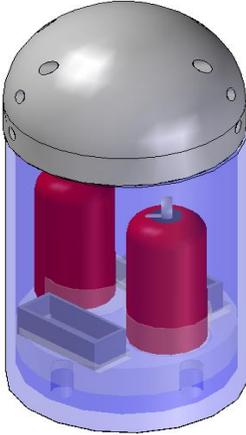
### 2.1.1 ESTRUCTURA.

Para determinar el chasis que se utilizará en el prototipo se plantearon las siguientes condiciones:

- 1 El material debe soportar una temperatura de 100°C, ya que dicho proyecto es un prototipo y por los costos de su implementación.
- 2 El chasis debe soportar un peso aproximado de 15Kg, este peso se debe al extintor, baterías y circuitos los cuales irán en la parte interior.
- 3 Fácil manejo del material y productos comerciales.

## Primer diseño

Figura 13 diseño inicial



Los Autores, SolidEdge

Esta estructura consta de una tracción diferencial de 3 ruedas (Ver figura 13), dos de las cuales son fijas y una rueda libre, pero por su inestabilidad al instante de accionar el extintor este podría voltearse debido a su forma cilíndrica y pequeña superficie de contacto y el costo que genera moldear su estructura, debido a estas dos complicaciones se optó por descartar este prototipo

### 2.1.2 Segundo diseño

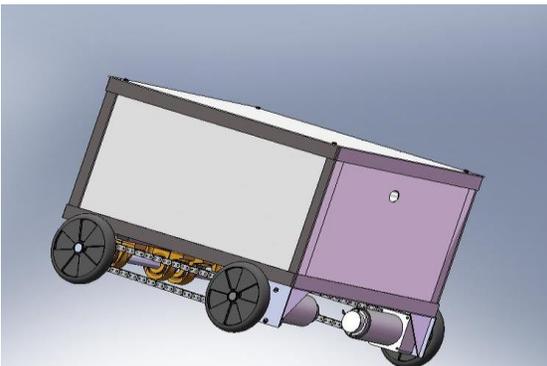


Figura 14 Diseño diferencial 4 ruedas

Los Autores, SolidWorks

Sistema diferencial de 4 ruedas (Ver figura 14), este modelo de tracción permite estabilidad tanto en el accionamiento del extintor como en el trazo de su trayectoria ya que las cuatro ruedas solo permiten al carro dirigirse hacia donde el comportamiento diferencial de los motores lo permita, este tipo de tracción genera una desventaja sobre el diferencial de tres ruedas ya que al momento de girar sobre sus cuatro ruedas toma un poco más de tiempo y ocupa un radio mayor para poder voltear, lo contrario sucede con la estructura de tres ruedas que permite realizar giros rápidos y a un radio muy pequeño el cual será la mitad o la tercera parte del que ocupa el diferencial de cuatro ruedas. Este diseño consta de 4 piñones los cuales están acoplados a cada rueda para transmitir el movimiento a las llantas traseras mediante una cadena.

### 2.1.3 Tercer Diseño

Figura 15 Diseño mecánico final



Los autores, Foto

Esta estructura consta de una tracción diferencial de 3 ruedas (Ver figura 15), su estructura brinda estabilidad a la hora de accionar el extintor ya que su cuerpo ocupa un rectángulo de 40cm X 60cm. Pero al momento de desplazarse no es recta su trayectoria debido que al impactar la rueda libre con algún sobresalto en el camino tiende a cambiar su sentido giro, por esta razón se decidió acoplar un motor a la rueda libre para que de esta manera la rueda se mantenga de manera recta y solo cambie su rumbo cuando la tarjeta de control se lo ordene por medio del microcontrolador en base a rutinas.

### 2.1.3.1 Cadena

La cadena se escogió (ver figura 16) dependiendo del numero de dientes y la distancia que hay entre el centro del piñón delantero y trasero. A continuación se realizarán los cálculos para determinar el número de eslabones que debe llevar la cadena, el número de eslabones no puede ser impar ver [Ev.4].

$$x = 2(a / p) + z \quad [\text{Ec.4}]$$
$$x = 96$$

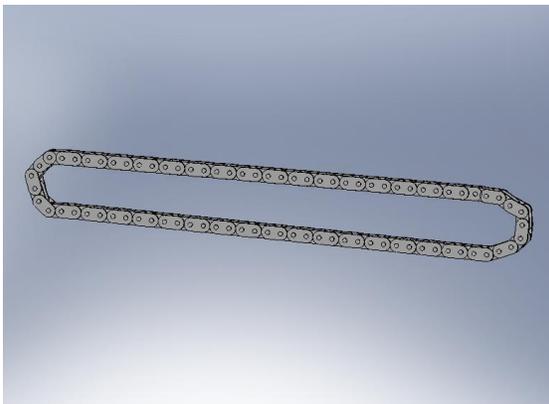
Datos:

x=numero de eslabones

a= distancia entre ejes

z=paso

Figura 16 Cadena

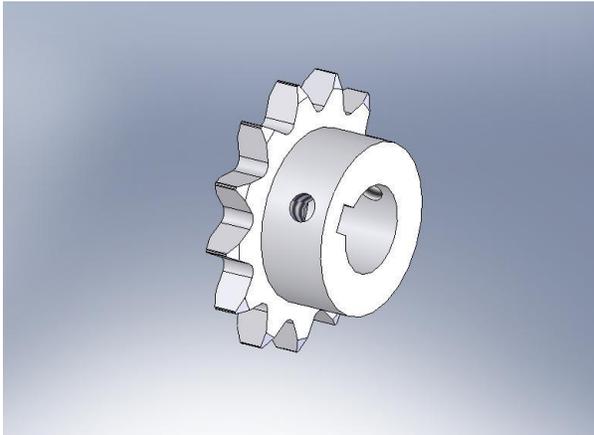


Los Autores, SolidWorks

### 2.1.3.2 Piñón

El tipo de piñón (ver figura 17) que se utilizó en el sistema se determinó mediante tablas, las cuales son suministradas por el fabricante (Ver tabla 3). Este piñón se utilizó debido a la capacidad de transmitir el movimiento generando potencia con la carga estipulada la cual es equivalente a 50Kg, este peso incluye todo el sistema.

Figura 1 Piñón



Los Autores, SolidWorks

Tabla 3 Clases piñones

Piñones		Z	d <sub>e</sub>	d <sub>p</sub>	S			D			T		
3/8" x 7/32" 9,525 x 5,72 mm 06B - 1 - 2 - 3					d <sub>m</sub>	D <sub>1</sub>	A	d <sub>m</sub>	D <sub>2</sub>	A	d <sub>m</sub>	D <sub>3</sub>	A
		8	28,6	24,89	15	8	20	15	8	25	15	8	32
		9	31,5	27,85	18	8	20	18	8	25	18	8	32
		10	34,5	30,82	20	8	20	20	8	25	20	10	32
		11	37,5	33,80	22	8	25	22	10	30	22	12	35
		12	40,5	36,80	25	8	25	25	10	30	25	12	35
		13	43,5	39,80	28	8	25	28	10	30	28	12	35
		14	46,5	42,80	31	8	25	31	10	30	31	12	35
		15	49,5	45,81	34	8	25	34	10	30	34	12	35
		16	52,5	48,82	37	10	28	37	12	30	37	12	35
		17	55,5	51,83	40	10	28	40	12	30	40	12	35
		18	58,6	54,85	43	10	28	43	12	30	43	12	35
		19	61,6	57,87	45	10	28	46	12	30	46	12	35
		20	64,6	60,89	46	10	28	49	12	30	49	12	35
		21	67,6	63,91	48	12	28	52	16	30	52	16	40
		22	70,6	66,93	50	12	28	55	16	30	55	16	40
		23	73,7	69,95	52	12	28	58	16	30	58	16	40
		24	76,7	72,97	54	12	28	61	16	30	61	16	40
		25	79,7	76,00	57	12	28	64	16	30	64	16	40
		26	82,7	79,02	60	12	28	67	16	30	67	16	40
		27	85,7	82,04	63	12	28	70	16	30	70	16	40
		28	88,8	85,07	66	12	28	73	16	30	73	16	40
		29	91,8	88,09	69	12	28	76	16	30	76	16	40
		30	94,8	91,12	70	12	28	79	16	30	79	16	40
		31	97,9	94,15	70	16	30	80	16	30	80	16	40
		32	100,9	97,17	70	16	30	80	16	30	80	16	40
		33	103,9	100,20	70	16	30	80	16	30	80	16	40
		34	106,9	103,23	70	16	30	80	16	30	85	16	40
		35	110,0	106,26	70	16	30	80	16	30	85	16	40
		36	113,0	109,29	70	16	30	90	16	30	90	16	40
		37	116,0	112,32	70	16	30	90	16	30	90	16	40
		38	119,0	115,34	70	16	30	90	16	30	90	16	40
		39	122,1	118,37	70	16	30	90	16	30	90	16	40
		40	125,1	121,40	70	16	30	90	16	30	90	16	40

PIÑON		mm
Radio diente r <sub>3</sub>	10	
Anchura arco C	1	
Anchura diente B <sub>1</sub>	5,3	
Anchura diente b <sub>1</sub>	5,2	
Anchura diente B <sub>2</sub>	15,4	
Anchura diente B <sub>3</sub>	25,6	

CADENA		mm
Paso	9,525	
Anchura rodillo	5,72	
Rodillo Ø	6,35	

Material Fe 50

[http://pdf.directindustry.es/pdf/ramsey-products/power-transmission-sprockets-and-chains/17760-14663-\\_17.html](http://pdf.directindustry.es/pdf/ramsey-products/power-transmission-sprockets-and-chains/17760-14663-_17.html)

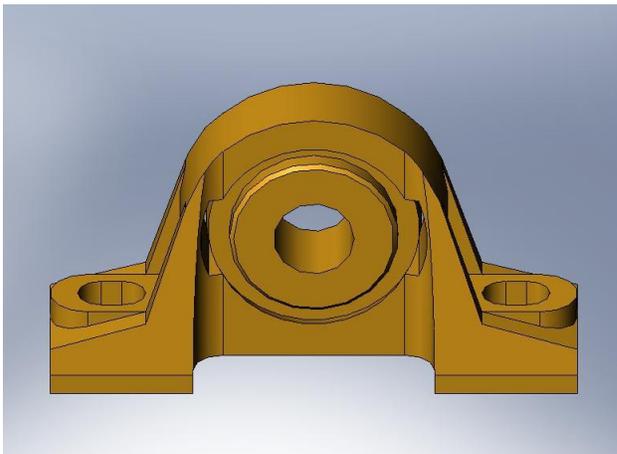
### 2.1.3.3 Chumacera

La chumacera (Ver figura 18) se determinó mediante el diámetro del eje el cual está acoplado a la rueda, la capacidad de carga tanto dinámica como estática y la limitación de la velocidad (Ver tabla 4). A continuación se muestran las restricciones que se tomaron en cuenta.

La velocidad máxima es 203Rpm

- El peso total del sistema 50Kg
- Diámetro del eje 20mm

Figura 18 Chumacera



Los Autores, SolidWorks

Tabla 4 Clases de chumaceras

Y-bearing plummer block units, Y-TECH housing, grub screw locking												
Dimensions					Basic load ratings		Limiting speed with shaft tolerance h6	Mass	Designations			
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>			Bearing unit	Housing	Bearing	
mm					kN		r/min	kg	-			
20	32	64	33,3	126	12,7	6,55	8500	0,24	<b>SYK 20 TF</b>	SYK 504	YAR 204-2F	
20	32	64	33,3	126	12,7	6,55	5000	0,24	<b>SYK 20 TR</b>	SYK 504	YAR 204-2RF	
25	32	70,5	36,5	134	14	7,8	7000	0,29	<b>SYK 25 TF</b>	SYK 505	YAR 205-2F	
25	32	70,5	36,5	134	14	7,8	4300	0,29	<b>SYK 25 TR</b>	SYK 505	YAR 205-2RF	
30	40	82	42,9	159	19,5	11,2	6300	0,49	<b>SYK 30 TF</b>	SYK 506	YAR 206-2F	
30	40	82	42,9	159	19,5	11,2	3800	0,49	<b>SYK 30 TR</b>	SYK 506	YAR 206-2RF	
35	45	93	47,6	164	25,5	15,3	5300	0,66	<b>SYK 35 TF</b>	SYK 507	YAR 207-2F	
35	45	93	47,6	164	25,5	15,3	3800	0,66	<b>SYK 35 TR</b>	SYK 507	YAR 207-2RF	
40	48	99	49,2	176	30,7	19	4800	0,86	<b>SYK 40 TF</b>	SYK 508	YAR 208-2F	
40	48	99	49,2	176	30,7	19	2800	0,86	<b>SYK 40 TR</b>	SYK 508	YAR 208-2RF	

[http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/search/searchDesignationForm.jsp?newlink=first&action=cad&maincatalogue=1&lang=en](http://www.skf.com/skf/productcatalogue/jsp/search/searchDesignationForm.jsp?n ewlink=first&action=cad&maincatalogue=1&lang=en)

### 2.1.3.4 Rueda

Para determinar el tipo de rueda (Ver figura 19) que se utilizó en el prototipo se tubo en cuenta la fricción que se genera, el peso que debe soportar y la temperatura a la cual se esta trabajando (Ver tabla5).

Figura 19 Rueda del prototipo



<http://www.imsa-colson.com/imsa/index.php/imsa/content/view/full/86>

Tabla 5 Tipos de ruedas

# Guía para seleccionar ruedas

Recomendable
 No recomendable
 Consultar con Departamento Técnico

Tipo de Rueda	Capacidad de carga	Superficie de trabajo										Condiciones ambientales										Dureza (shore)
		Acero Corrosivo	Alumina	Asfalto	húmeda	Cerámica	Concreto	Instruido Vitrificado	Madera	Pegote Plástico	Acido Industrial	Manipulación de Carga	Contacto Reciclado	grasa Animales	Protección de Piso	Químicos	Superficie Húmeda	Temperatura Alta	trabajo Silencioso	Vibra Metálica		
<b>Acetuf</b> <small>Rin Acetuf Banda de caucho sólida</small>	200-250											X		X	X		X		X		X	75-80A
<b>AF</b> <small>Rin Acetuf Banda de caucho redonda</small>	150-200											X		X	X		X		X		X	75-80A
<b>BA</b> <small>Metálica</small>	50-500		X		X	X		X	X	X			X		X					X		214-230 BHN
<b>BF</b> <small>Rin Acetuf Banda de caucho</small>	65-450	X		X								X		X	X		X		X		X	75-80A
<b>CA</b> <small>Caucho Macizo</small>	40-50	X		X								X		X	X		X	X	X		X	75-80A
<b>DA</b> <small>Polipropileno</small>	40	X		X				X				X	X	X					X	X	X	50-60 D
<b>Neumática</b> <small>Rin Neumática Banda neumática</small>	90-150											X		X	X		X					
<b>Nylon</b> <small>Nylon</small>	100-500	X				X			X	X		X			X					X		60-70 D
<b>PB</b> <small>Rin polipropileno Banda de polipropileno</small>	55-230											X						X				70-80 A
<b>PR</b> <small>Rin polipropileno Banda de polipropileno</small>	75-500	X				X			X			X			X					X		50-60 D
<b>PU</b> <small>Rin poliuretano Banda de poliuretano</small>	75-680	X										X							X	X		60-70 D
<b>SC</b> <small>Rin Metálica Banda de metales</small>	400-1200										X	X							X	X		90 A
<b>Hi Temp</b> <small>Alta temperatura hasta 325°F</small>	180-680	X				X			X	X		X		X					X			60-70 D
<b>SI Silenciosa</b> <small>Disminuye las vibraciones y protege las gomas</small>	250-300	X				X			X													

Industrias Metálicas Sudamericanas S.A. & Colson Caster Corporation

<http://www.imsa-colson.com/imsa/index.php/imsa/content/view/full/86>

### 2.1.4.2 Diseño de los cálculos mecánicos para la transferencia de calor

La transferencia de calor generada en el sistema se realiza por conducción ya que la temperatura máxima o crítica es de 100°C.

Para la realización de estos cálculos se necesita saber el valor de la conductividad térmica (K) del material y del aislante que se va a incorporar al sistema.

La transferencia de calor por conducción se genera cuando en un cuerpo existe un gradiente de temperatura debido que hay una tasa de transferencia de energía desde la región alta a la región baja.

Para determinar el flujo de calor a través del material que se utilizó se plantea la ecuación 5

$$Q_{cod} = \Delta T / R_{total} \quad [\text{Ec. 5}]$$

$$R_{total} = l / A * k \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde:

$\Delta T$  = La diferencia de temperatura

L= Espesor del material

A= área del material

K=constante de conductividad térmica

Analizando la ecuación tenemos:

$$\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$$

$$A = 0.24\text{m}$$

$$K = 45\text{W}/^{\circ}\text{Cm}^2$$

$$L = 0.003\text{m}$$

Remplazando estos valores obtenemos el valor del flujo de calor por conducción.

$$\mathbf{Q_{cond} = 18000\text{W}}$$

Para que este material mantenga un temperatura interna de  $50^{\circ}\text{C}$  se necesita colocar un aislante, el cual en este caso es fibra de vidrio ya que es fácil de conseguirla, es buen aislante y económica.

A continuación se realizará el cálculo par determinar si la fibra de vidrio sirve para como aislante de temperatura en este prototipo (Ver Ec7).

$$Q_{\max} = (kA * \Delta t / \Delta x) \quad [\text{Ec.7}]$$

$$Q = \Delta T * A / ((L2 / K2) + (L3 / K3)) \quad [\text{Ec.8}]$$

Despejando la ecuación [Ec.8] se determina el espesor que debe tener la lámina de fibra de vidrio para mantener una temperatura interna de 50°C.

$$L3 / K3 = \Delta T * A / Q - (L2 / K2) \quad [\text{Ec.9}]$$

$$L3 = K3 * ((\Delta T * A) / Q - L2 / k2) \quad [\text{Ec.10}]$$

**L3=0.02m**

El valor hallado en representa el espesor de la lamina de vidrio que debe tener para aislar la temperatura y así mantener en el interior del chasis una temperatura no mayor a los 50°C, la fue estipulada en el prototipo. De esta forma se trabajara con el material tratado y el aislante indicado.

#### **2.1.4.1 Implementación del sistema de aspersion**

Para el sistema de aspersion se coloco un extintor en la parte interior del prototipo para luego a través de un mecanismo accionar dicho extintor.

Se realizaron los cálculos para determinar la fuerza necesaria para accionar la palanca del extintor, se utilizó un resorte al cual se le hallo la constante con peso de 500gr.

Luego con el resorte se empezó a retraer de la palanca hasta que se accionara, de ahí se le tomó la medida al resorte y se calcula su deformación, La constante (k) del resorte es conocida, para esto se calcula la fuerza de accionamiento.

$$F=k.x \quad F=(203,0176\text{gr/cm})(12,57\text{cm}) \quad [\text{Ec. 11}]$$

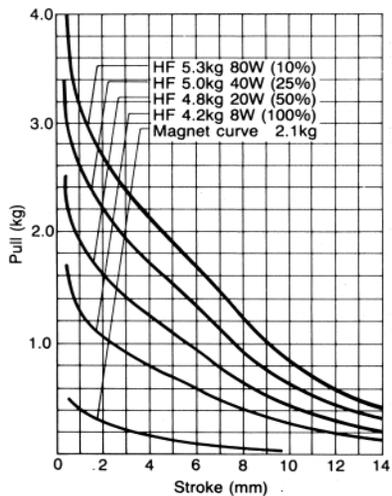
$$F=2251,93\text{gramos}=5\text{libras}=2 \text{ kilos} \quad [\text{Ec. 12}]$$

Por seguridad se asume que la fuerza requerida para accionar el extintor de 3 kilogramos.

Entonces:

$$3\text{kilogramos}=29\text{Newton}$$

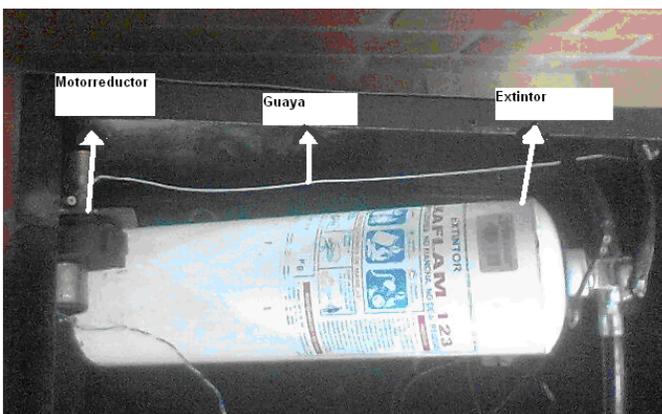
Figura 20 Curva de un solenoide



En la figura 20 se muestra la curva de comportamiento de un solenoide a 24 voltios que se utilizó como primera opción de accionamiento pero no se cumplió.

Debido a esto se realizó la implementación de un accionamiento final (ver figura 21) el cual consta de un motorreductor a 12 voltios, 2 Amperios y con una potencia de 24W, el cual por medio de una guaya transmite una fuerza y acciona la palanca del extintor en un tiempo de 3Seg.

Figura 21 Implementación sistema de aspersión



Los Autores, Fotografía

### 3 DISEÑO ELECTRONICO

Tabla 6 registro de pesos del prototipo

#### REGISTRO DE PESOS- PARTES DEL PROYECTO BOMBERO

<u>PARTES</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PESO</u> <u>UNIDAD</u>	<u>PESO TOTAL</u>
MOTOR	2	1520gr	3.040gr
RUEDA	4	330gr	1.320gr
BATERIA 5V	1	3000gr	3.000gr
BATERIA 12V	1	3000gr	3.000gr
EXTINTOR	1	6000gr	4.000gr
CAMARA INALAMBRICA	1	90gr	90gr
CHASIS	1	6570gr	6.570gr
WIRELESS	1	100gr	100gr
DISIPADOR	12	13gr	156gr

ACOPLE	RUEDA-			
MOTOR		4	80gr	320gr
MOTOR EXTINTOR		1	700gr	700gr
CHUMACERA		4	900gr	3.600gr
PIÑON		4	400gr	1600gr
CADENA		2	400gr	800gr
<b>TOTAL</b>				28.996gr

Los Autores, Excel

### 3.2 DISEÑO DE LOS PUENTE H PARA LOS MOTORES.

En el diseño electrónico se realizó el control de los movimientos de las ruedas del robot por medio de un puente “H” para cada motor,

Figura 24 Circuito puente H motores DC



Transistores utilizados

B817 PNP

C5198

### **Cálculo de la resistencias del Puente H (Ver figura 23)**

Malla1

$$12 - I_b * R1 - 2V_{eb}(npn) = 0$$

$$R1 = 22\text{Hom} \quad [\text{Ec.13}]$$

$$P = 3.6\text{W}$$

R1= Valor de la resistencia necesaria para controlar la corriente de base del transistor NPN

Malla2

$$12V - V_{cb}(pnp) - I_b R2 - 1.2 - 2V_{be}(npn) = 0 \quad [\text{Ec.14}]$$

$$R2 = 2.2\text{Hom}$$

R2= Valor de la resistencia necesaria para saturar el transistor PNP

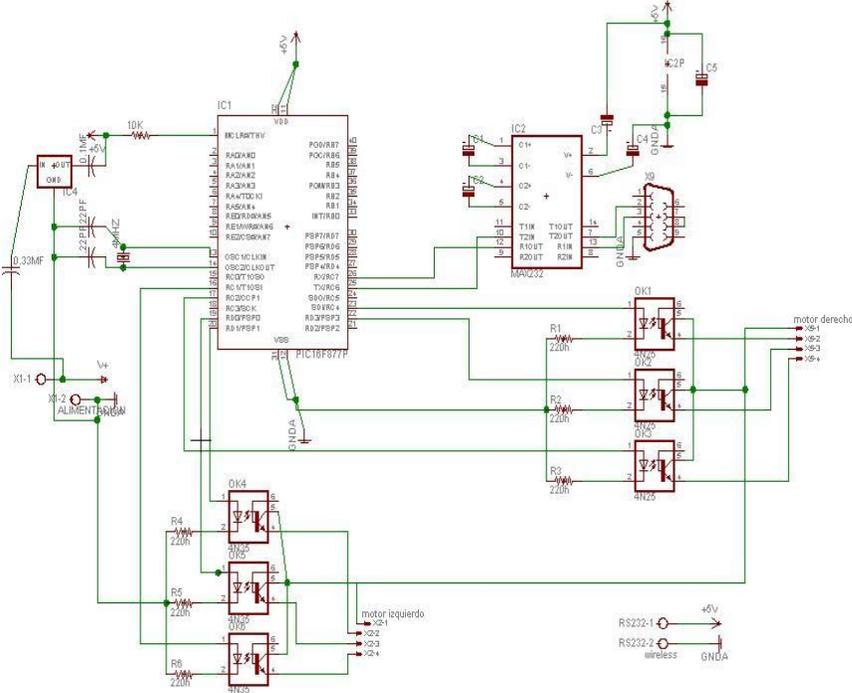
Nota: Como el circuito es el mismo para los dos sentidos el valor de las resistencias es el mismo.

### **3.3 TARJETA DE CONTROL**

Es la encargada de ordenar el sentido de la corriente al puente H y respectivamente el sentido de giro de los motores y trayectoria del vehículo por medio de un microcontrolador pic16f877A ya que en este caso se tenía en propiedad, pero en un próximo proyecto de aplicación semejante es posible trabajar con un pic16f873 ya que este contiene los mismos módulos empleados en el pic16f877 los cuales son: Pwm y comunicación serial, con la diferencia de que el pic16f873 trae un puerto menos.

La tarjeta de control (Ver Figura 25) está alimentada a 5Vdc y los puente H a 12v se debe proteger la tarjeta de control ya que si llega a producir un corto o anomalía no le vaya afectar dicho daño, por lo cual la protección del envío del micro controlador hacia la etapa de potencia se hace por medio de un opto acoplador 2N35 el cual va a la salida de los pines del microcontrolador y además presta una función de switcheo en un solo sentido el cual no deja devolver o llegar voltajes y corrientes considerables que están circulando por la etapa de potencia, que puedan afectar el microcontrolador y evitando así averiar el sistema.

Figura 25 Circuito de comunicación



Los Autores, Eagle

**3.3.1Calculo de las resistencias para Optocoplador**

Estos datos son realizados mediante el circuito de la figura 24

Para calcular el valor de la resistencia de la base se halla el factor de sobreestimación (saturación del transistor).

Donde:

$$F = I_b / I_{bs} \quad [\text{Ec.15}]$$
$$F = 3$$

F= factor de seguridad para asegurar la saturación del transistor.

$$I_{bs} = I_{c \max} / \beta \quad [\text{Ec. 16}]$$
$$I_{bs} = 0.16 \text{Amp}$$

I<sub>bs</sub>= Corriente de base de saturación

Hallando el valor de la Corriente de base de saturación [Ec. 16] y el factor de seguridad [Ec.17] se puede hallar el valor de la corriente base (I<sub>b</sub>).

$$I_b = F * I_{bs} \quad [\text{Ec. 17}]$$
$$I_b = 0.4 \text{Amp}$$

Cálculo de la resistencia del diodo del optocoplador, esta resistencia se haya asegurar la corriente que pasa por el diodo [Ec. 18].

$$R_d = V / I \quad [\text{Ec. 18}]$$
$$R_d = 227.2 \approx 220 \text{Hom}$$

Para el cálculo de la resistencia del transistor se realizó una malla entre la entrada de voltaje de 12V y la tierra del circuito [E.c 19].

$$R_t = 12 - (1.5 + 1.5 - 0.5) / 0.4$$
$$R_t = 22.5 \text{Hom} \quad [\text{Ec. 19}]$$
$$P_{rt} = 3.6 \text{W}$$

### 3.4 CÁLCULOS DE LOS DISIPADORES

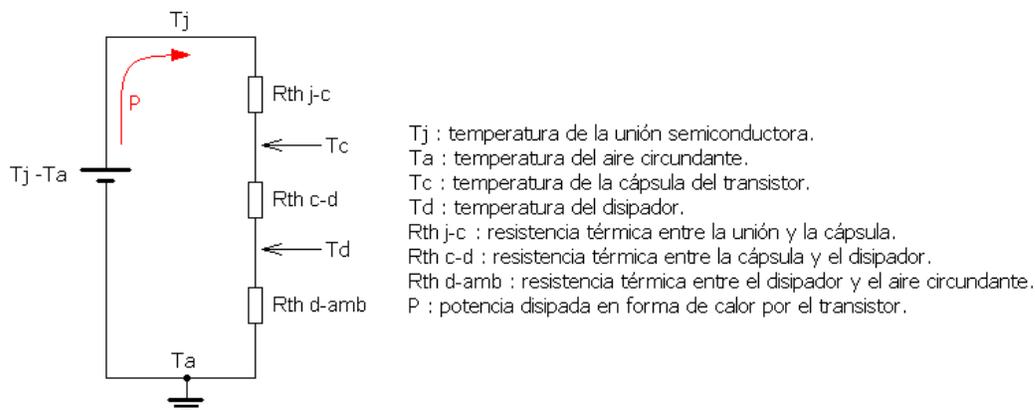
Se implementaron los disipadores debido que los transistores generan calor, por lo tanto es recomendable utilizar disipador los cuales dan seguridad en el circuito.

Ecuación para calcular el disipador de calor indicado, en la figura 25 muestra los pasos que se deben tener en cuenta.

$$R_{th\ d-amb} = \frac{T_j - T_a}{P} - (R_{th\ j-c} + R_{th\ c-d})$$

[Ec. 20]

Figura 26 Pasos para calcular el disipador



<http://www.terra.es/personal2/equipos2/disipadores.htm>

A continuación se muestra el transistor al cual se le realizó el análisis con el respectivo cálculo del disipador.

#### Calculo del disipador para el transistor B817

P=30W

Ta=30°C

Rjc=1.25°C/w

Rsc=1°C/w

Tj=150°C

Remplazando estos valores en la Ec.20 se puede encontrar la resistencia térmica de disipada al ambiente (Rsa).

**Respuesta:**

**B817 a 30W [Ec. 21]**

**Rsa = 2.66 °C/W**

**Calculo del disipador para el transistor C5198**

P=24W

Ta=30°C

Rjc=1.25°C/w

Tj=150°C

Rsc=1°C/w

Remplazando estos valores en la Ec.20 se puede encontrar la resistencia térmica de disipada al ambiente (Rsa).

**Respuesta:**

**2SC5198 a 24W [Ec. 22]**

**Rsa = 2.75 °C/W**

Mediante los valores encontrados en las ecuaciones [Ec.21 y22]se mirar en las tablas de disipadores y se escoge el indicado.

### **3.5 COMUNICACIÓN ASINCRONA AL COMPUTADOR**

Se decidió usar el microcontrolador PIC16f877A de "MICROCHIP", por sus características de funcionamiento, como la utilidad se señales pwm para el control del puente "H" y la comunicación serial al computador. El modo de operación para la comunicación en base al microcontrolador seleccionado puede ser el modo síncrono o asíncrono para la recepción y transmisión, utilizando el protocolo de comunicación rs232.

Fue necesario utilizar un “driver” el cual es un max 232 para manejar los niveles de voltaje de la alimentación.

### **3.5.1 Las principales características de usar el modo asíncrono son:**

- En modo asíncrono no se requiere una señal de reloj para control.
- Puede utilizarse para transmisión y recepción al mismo tiempo.
- Versatilidad y rapidez.

## **3.6 DISEÑO DE CONTROL**

1. Inicialización del puerto C con las terminales correspondientes.
2. Configuración de la tasa de transferencia.
3. Configuración de la transmisión asíncrona.
4. Configuración de la recepción asíncrona.
5. Rutina de recepción de espera del carácter de validación para inicio.
6. Validación del carácter de inicio
7. Rutina de transmisión de los datos cíclica por llamadas.

### **3.6.1 GENERACION DE SEÑAL PWM**

La señal de PWM introducida en los puentes H consiste en un ciclo de trabajo en donde se codifica la información de la amplitud y la dirección de la señal de la salida. La corriente entregada por el puente H, es proporcional al ancho de pulso de la señal PWM.

La aplicación del PWM en este proyecto para el funcionamiento de los motores se realizó bajo pruebas para conocer el mejor desempeño de los motores trabajando en conjunto.

La señal del PWM para los puentes H se llevo a cabo mediante una rutina en el micro controlador. En el programa ensamblador encontramos la parte de la generación del PWM que consiste en la rutina siguiente:

1. Inicialización del CCP1CON y Timer 2.
2. Especificar el prescalador y la frecuencia del cristal.
3. Determinar y especificar el ciclo de trabajo para la señal PWM.
4. Encender e incrementar timer 2.
5. Realizar rutinas en ciclo para que funcione respectivamente el PWM.

Dentro de la programación encontramos como parte fundamental el cálculo del PWM en base a los siguientes parámetros.

La declaración de la inicialización del PR2 con la formula que a continuación se muestra:

$$\text{PWM periodo} = [(PR2)+1] \cdot 4 \cdot TOSC \cdot (\text{TMR2 valor de prescalador})$$

Estos cálculos son realizados para un cristal de 4MHz.

Haciendo el cálculo PR2 es igual a:

$$(0.003/(4 \cdot 2.5 \cdot 10^{-7} \cdot 16)) - 1 = 207.3125$$

Para inicializar el funcionamiento del PWM el CCP1CON se declaro como:

**“00101100”=CCP1CON**

Donde los 8 bits del CCP1CON son:

**Bit 5-4= “10” modo PWM**

**Bit 3-0= “1100” modo PWM**

Estos cálculos se pueden extraer de la pagina <http://www.micro-examples.com/public/microex-navig/doc/097-pwm-calculator.html> la cual nos da los valores exactos dependiendo del valor del cristal y el porcentaje de trabajo o la frecuencia a la cual se desea trabajar. A continuación se presenta una grafica con una prueba realizada con un cristal de 4 MHz y una frecuencia de 244.14.

Figura 27 Prueba de simulador PWM

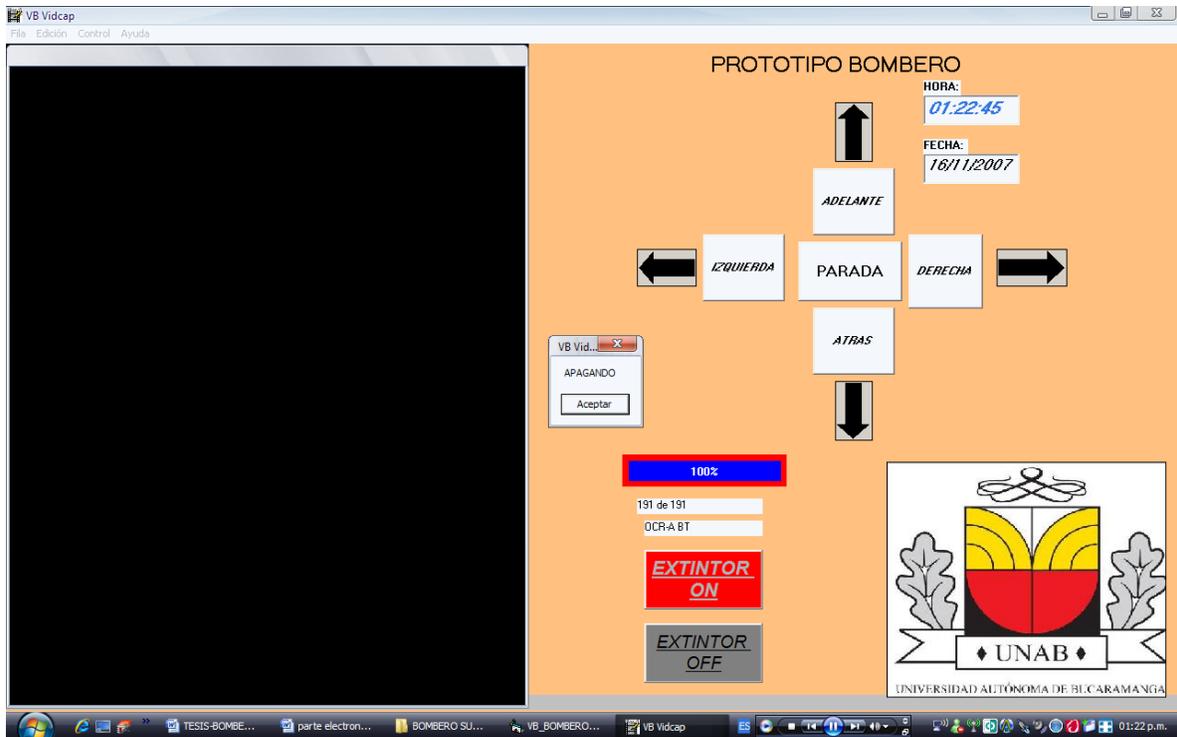
My PIC is clocked at :	<input type="text" value="4"/> Mhz <i>Input your Fosc clock frequency</i>
My PWM frequency must be :	<input type="text" value="244.14"/> Herz <i>Leave blank to see all solutions (it may take a few seconds, no code will be generated)</i>
My PWM duty cycle must be :	<input type="text" value="100"/> % <i>From 0 to 100 %</i>
<input type="button" value="Show me the registers and generate the code !"/>	

PWM		TIMER2 Prescaler	REGISTERS			
Frequency (Herz)	Resolution (Bits)		PR2	T2CON	CCPR1L	CCP1CON
244.14	10	+16	0b11111111	0b00000111	0b11111111	0b00111100
245.10	10	+16	0b11111110	0b00000111	0b11111110	0b00111100
246.06	10	+16	0b11111101	0b00000111	0b11111101	0b00111100
247.04	10	+16	0b11111100	0b00000111	0b11111100	0b00111100
248.02	10	+16	0b11111011	0b00000111	0b11111011	0b00111100
249.00	10	+16	0b11111010	0b00000111	0b11111010	0b00111100
250.00	10	+16	0b11111001	0b00000111	0b11111001	0b00111100
251.00	10	+16	0b11111000	0b00000111	0b11111000	0b00111100
252.02	10	+16	0b11110111	0b00000111	0b11110111	0b00111100
253.04	10	+16	0b11110110	0b00000111	0b11110110	0b00111100
254.07	10	+16	0b11110101	0b00000111	0b11110101	0b00111100
255.10	10	+16	0b11110100	0b00000111	0b11110100	0b00111100

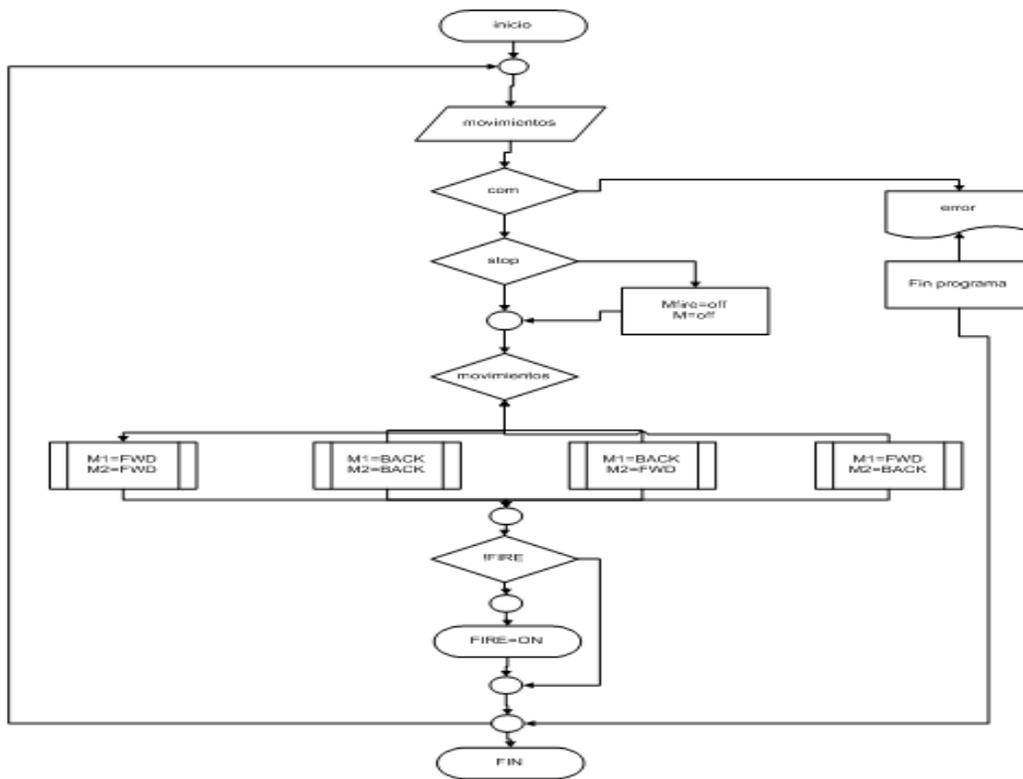
<http://www.micro-examples.com/public/microex-navig/doc/097-pwm-calculator.html>

### 3.6.2 diseño de interfaz grafica

Figura 28 software del sistema



Los Autores; Visual Basic



Para el entorno grafico se utilizo visual Basic(Ver figura28), ya que este software es fácil de conseguir, crea fácilmente sus ejecutables y ocupa poco espacio de memoria, su programación es didáctica y de muchas aplicaciones que se pueden implementar debidamente. Es importante dejar claro que esta aplicación de comunicación serial se puede realizar por medio de otros softwares como turbo c, wincc, labview y otros más.

### 3.6.2 Tarjetas wireless RS232.

Estas tienen la función de establecer la comunicación inalámbrica serial entre el computador y el microcontrolador PIC 16f877A la cual se hace efectiva hasta una distancia de 25 a 30 metros en línea de visión y 12 a 20 metros con obstáculos, la tarjetita wireless que va al computador se conecta directamente, pero la que transmite los datos a la baqueta de control va acoplada al micro por medio de un

integrado max 232 (Ver figura 29) el cual se encarga de traducir o llevar a un mismo lenguaje las referencias de voltajes de dichos sistemas.

Figura 29 Tarjetas wireless RS232



Los Autores, fotografía



<http://www.e-merchan.com/images/batgp12120c.jpg>

Como se puede observar en la figura 45 la fuente de alimentación de la etapa de potencia del prototipo bombero, la cual es una batería seca de 12 voltios a 12Ah, y tiene una capacidad de desempeño que oscila entre las 1.5 y 2 horas de trabajo bajo uso permanente, y el tiempo que tarda la batería en recargarse totalmente es de 4 horas.

A la salida del terminal positivo de la batería va conectado un fusible de 10 Amperios por medio de un cable, dicho fusible tiene la función de proteger los puentes "H" de algunos picos de corriente que se presentan, ya que estos generalmente manejan corrientes entre 5 y 8 Amperios, y picos de corriente hasta de 9 Amperios.



<http://www.hobbyweb.es/images/5AH.jpg>

Como se puede observar en la figura 46 la fuente de alimentación de la etapa de control, la cual es una batería seca de 12 voltios y 5Ah, y tiene una capacidad de desempeño que oscila entre las 6 y 7 horas de trabajo bajo uso permanente, y el tiempo que tarda la batería en recargarse totalmente es de 3 a 4 horas.

## **RECOMENDACIONES**

En la salida del agente extintor se recomienda, para futuros cambios realizar un desplazamiento horizontal para lograr un rango mayor en una misma posición, esto no se realizó en el proyecto debido que el presupuesto no alcanzaba.

Diseñar un joystick para el control de los movimientos del robot para analizar el comportamiento de la comunicación inalámbrica y determinar su rapidez, no fue diseñado por nosotros debido que no alcanzó el presupuesto planteado.

## CONCLUSIONES

Se construyó un robot móvil diferencial de tres ruedas que se puede operar de forma remota en ambientes cuya temperatura no supere los 100°C. Esto se validó mediante las simulaciones realizadas en el software solidworks.

Se realizaron pruebas para determinar el rango de comunicación entre las tarjetas inalámbricas, tanto en línea de visión como en línea de obstáculo, y se determinó que en línea de vista, es decir sin obstáculos, tiene un valor promedio de distancia de 35 metros y con obstáculos sólo alcanza un rango entre los 12 y 20 metros, aun cuando según datos del fabricante las tarjetas están diseñadas para distancias de 100 metros en línea de visión.

En la selección de los materiales para la construcción del robot se analizaron tres aspectos importantes los cuales son: el peso, economía y la resistencia a las cargas que se estimaron para el prototipo, dichos aspectos se analizaron detalladamente en el software SolidWorks el cual permitió determinar que el hierro dúctil brindaba las mejores características.

Se utilizó como agente químico para controlar incendios el solkaflan. La justificación de este agente fue basada en la experiencia del cuerpo de bomberos de Piedecuesta quienes día a día se enfrentan a este tipo de problemas.

El prototipo que se realizó está equipado con un extintor de 3000gr de carga de solkaflan, razón por la cual solo se recomienda trabajar en incendios pequeños.

Se desarrolló una interfaz HMI en Visual Basic con el objeto de poder controlar desde un PC el prototipo y visualizar las imágenes percibidas desde la cámara ubicada en el robot. Se determinó que la comunicación entre enviar una acción desde el computador y la ejecución de la acción en el prototipo tiene un tiempo aproximado de 150 ms. Esto permite tener acciones rápidas en ambientes caóticos como los planteados para este proyecto.

El mecanismo de aspersión se diseñó fijo debido a que el presupuesto planteado para el proyecto no permitió realizarlo con algún tipo de movimiento. La forma más adecuada del movimiento es un barrido horizontalmente ya que se obtiene una mayor área de cobertura de acuerdo a lo socializado con el cuerpo de bomberos de Piedecuesta.

Se implementó una cámara inalámbrica de 2.4 Ghz que tiene un alcance de 30 m, la cual permite visualizar el área de trabajo desde el PC. Esta distancia permite a una persona ubicada dentro del rango de trabajo monitorear y ejecutar acciones de control en forma remota.

La resolución de la cámara es de 640\*480, por software es posible cambiar la resolución de la imagen simplemente utilizando las herramientas comunes de Windows como arrastrar las esquinas de la imagen con el click sostenido.

## BIBLIOGRAFIA

- José María A, "Microcontroladores "PIC" diseño práctico de aplicaciones : segunda parte PIC 16F87X"
- Robert F. Coughlin; Frederick F. Drisco "Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales"
- Eugenio Martín Cuenca; José Ma. Angulo Usategui; Ignac, "Microcontroladores PIC la clave del diseño"
- Beer, Ferdinand P."Mecánica vectorial para ingenieros"
- Hamrock, Bernard J., "Diseño de elementos de máquinas"
- Shames, Irving H , "Mecánica de fluidos"

- Cengel, Yunus A., "Transferencia de calor"

### **Páginas web**

- <http://www.bomberosbucaramanga.gov.co/index.php?pg=10>
- <http://www.bomberoscolombia.gov.co/acerca/index.htm>
- <http://www.uocra.org/fundacion/FICS/3incendios.htm>
- <http://www.onsa.org.ve/direcciones/asuntos/sm/cdi/incabo.shtml>