

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO USANDO UN ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL PARA LA DETERMINACIÓN DE MOVIMIENTOS EN UN VEHÍCULO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**FRANCISCO JAVIER ATAPUMA YANEZ**  
frajatapuma84@hotmail.com

**DIRECTOR: PABLO SALINAS**  
psalinas@pcservicios.com.ec

**Quito, Julio 2009**

# DECLARACIÓN

Yo, Francisco Javier Atapuma Yáñez declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Francisco Javier Atapuma Yáñez

# **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Francisco Javier Atapuma Yáñez, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo Salinas León  
DIRECTOR DEL PROYECTO

# AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme en cada parte de mi carrera, a la Virgen Dolorosa por cuidarme todo este tiempo, y ayudarme a superar cada una de las dificultades que tuve a lo largo de mi carrera.

A mis padres por darme la vida, y apoyarme en mis estudios, brindándome su apoyo y confianza a lo largo de todo este tiempo. Enseñándome a valerme por mi mismo y superar cada uno de los tropiezos que en este lapso afronte.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado, en los buenos y malos momentos.

Al Ing. Pablo Salinas, director del proyecto de titulación, quien me brindo su tiempo y apoyo día a día con sabios consejos durante todo este proyecto.

A todo el personal de PC SERVICIOS, la empresa que me abrió las puertas y me brindó todas las facilidades para completar mi carrera.

A mis compañeros que han estado junto a mí desde los primeros y últimos semestres dentro y fuera de clases, a todos quienes me brindaron su ayuda en toda mi carrera. A todos los miembros del equipo Brahma, quienes compartimos momentos inolvidables, que difícilmente se borrarán de nuestras memorias.

Francisco Atapuma Y.

# DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Padre Juan y a mi madre Elva, que sin su esfuerzo y sacrificio no hubiese terminado mi carrera. Gracias a ellos hicieron de mí, una persona capaz y responsable.

A toda mi Familia, mis hermanos, primos, tíos y abuelos. Quienes estuvieron junto a mí en algún momento de mi carrera, y me brindaron su apoyo y sabiduría. En especial a mi Abuela Beatriz Guanoluiza quien me brindó su apoyo durante una gran etapa de mi carrera.

Francisco Atapuma Y.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
PRESENTACIÓN .....	viii
RESUMEN .....	ix

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
CAPITULO 1 .....	2
ESTUDIO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO “ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL” .....	2
1.1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.2 DEFINICIÓN DE ACELERACIÓN.....	2
1.2.1 ACELERACIÓN MEDIA.....	2
1.2.2 ACELERACIÓN INSTANTANEA.....	2
1.3 ACELERÓMETROS.....	3
1.4 TIPOS DE ACELERÓMETROS .....	4
1.4.1 ACELERÓMETRO PIEZO-ELÉCTRICO .....	4
1.4.2 ACELERÓMETRO PIEZO-RESISTIVO.....	5
1.4.3 ACELERÓMETRO DE GALGAS EXTENSOMÉTRICAS .....	6
1.4.4 ACELERÓMETRO CAPACITIVO .....	6
1.5 ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL MMA7260Q.....	7
1.5.1 CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES MMA7260Q .....	7
1.5.2 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.....	8
1.5.3 DESCARGAS ELECTROESTÁTICAS .....	9

1.5.4	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	9
1.5.5	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES MMAQ7260Q.....	11
1.5.6	CONEXIONES BÁSICAS .....	13
CAPITULO 2 .....		<b>16</b>
DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE .....		<b>16</b>
2.1	MÓDULO DE HARDWARE.....	17
2.1.1	MICROCONTROLADOR AVR ATMEGA324P .....	17
2.1.2	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).....	22
2.1.3	MEMORIA SERIAL.....	33
2.1.4	PROTOCOLO SERIAL SPI (Serial Peripheral Interface).....	39
2.1.5	DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO LCD.....	42
2.1.6	RS-232 .....	46
2.1.7	DISPOSITIVO SIMON-VE .....	49
2.1.8	FUENTES DE ALIMENTACIÓN .....	52
2.2	MÓDULO SOFTWARE .....	55
2.2.1	VERIFICACIÓN DE MEMORIA SERIAL .....	56
2.2.2	ASISTENTE DE CONFIGURACIÓN .....	60
2.2.3	CENSADO.....	61
2.2.4	ALMACENAMIENTO EN LA MEMORIA.....	61
CAPITULO 3 .....		<b>64</b>
ACELERACIONES DE UN VEHÍCULO .....		<b>64</b>
3.1	DESCRIPCIÓN GENERAL .....	64
3.2	DIFERENTES ACELERACIONES DE UN VEHÍCULO.....	64
3.2.1	ACELERONES INNECESARIOS .....	65
3.2.2	FRENAZOS BRUSCOS .....	65
3.2.3	SACUDIDAS DEL VEHÍCULO.....	66

3.3	REGLAS GENERALES DE CIRCULACIÓN PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS DE MALAS MANIOBRAS.....	67
3.3.1	REGLAS DE SEGURIDAD.....	67
3.3.2	ADELANTAMIENTOS.....	67
3.3.3	DISTANCIA DE SEGURIDAD.....	68
3.3.4	LA VELOCIDAD.....	68
3.4	REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD AL CONDUCIR UN VEHÍCULO.....	70
3.4.1	FRENAR A TIEMPO.....	70
3.4.2	COMO TOMAR LAS CURVAS.....	70
3.4.3	ESQUIVAR UN PELIGRO.....	73
3.4.4	SALIR DEL DERRAPE.....	74
3.4.5	FRENAR CON EL CAMBIO.....	74
3.5	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CONDUCTORES.....	74
3.5.1	TIPOS DE CONDUCTORES.....	74
3.5.2	EL ALCOHOL Y LA CONDUCCIÓN.....	76
3.5.3	FACTORES PSICOLÓGICOS.....	76
3.5.4	LAS DISTRACCIONES.....	77
 CAPITULO 4 .....		<b>79</b>
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROYECTO.....		<b>79</b>
4.1	IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE.....	79
4.2	PROTOTIPO COMPLETO.....	79
4.3	MÓDULO VEHICULAR.....	85
4.4	PRUEBAS DEL PROYECTO.....	86
4.4.1	INICIO DEL SISTEMA.....	87
4.4.2	CENSADO.....	88
4.4.3	FRENAZO DEL MÓDULO VEHICULAR.....	88
4.4.4	ACELERAZO DEL MÓDULO VEHICULAR.....	89
4.4.5	SACUDIDA DEL MÓDULO VEHICULAR.....	89
4.4.6	GUARDAR POR EXPIRACIÓN DE TIEMPO.....	90



4.4.7	DESCARGAR EL DATA LOGGER.....	90
4.5	DESCRIPCIÓN DE COSTOS DEL PROTOTIPO UTILIZANDO UN ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL.....	92
CAPITULO 5 .....		<b>94</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		<b>94</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	94
5.2	RECOMENDACIONES .....	95
ANEXOS .....		96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
CAPITULO 1 .....	<b>2</b>
ESTUDIO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO “ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL” .....	<b>2</b>
Figura 1.1 Diferentes tipos de Acelerómetros .....	4
Figura 1.2 Acelerómetro Piezo-Eléctrico .....	5
Figura 1.3 Acelerómetro Piezo-Resistivo .....	5
Figura 1.4 Acelerómetro de Galgas Extensométricas .....	6
Figura 1.5 Acelerómetro Capacitivo. ....	7
Figura 1.6 Diagrama de Bloques del funcionamiento del Acelerómetro.....	9
Figura 1.7 Acelerómetro en su estado inicial.....	10
Figura 1.8 Acelerómetro sufriendo una aceleración de 1G .....	10
Figura 1.9 Distribución de Pines del Acelerómetro MMA7260Q.....	13
Figura 1.10 Diagrama del Acelerómetro con las conexiones recomendadas.....	14
Figura 1.11 Dirección del Movimiento .....	14
CAPITULO 2 .....	<b>16</b>
DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE .....	<b>16</b>
Figura 2.1 Diagrama de Funcionamiento .....	16
Figura 2.2 Diagrama de bloques del Módulo de Hardware .....	17
Figura 2.3 Distribución de pines microcontrolador ATMEGA 324P .....	18
Figura 2.4 Medición de Distancia de un Satélite a un punto. ....	25
Figura 2.5 Intersección de dos Mediciones de Distancia de dos Diferentes Satélites .....	26
Figura 2.6 Intersección De Tres Mediciones De Distancia De Tres Diferentes Satélites .....	26

Figura 2.7 Sincronización .....	28
Figura 2.8 Error por Ruta Múltiple .....	29
Figura 2.9 Corrección Diferencial .....	30
Figura 2.10 GPS Universal Deluo .....	31
Figura 2.11 Pines De La Memoria.....	34
Figura 2.12 Diagrama De La Arquitectura De La Memoria .....	35
Figura 2.13 Protocolo SPI De Conexión Maestro - Esclavo .....	40
Figura 2.14 Display de Cristal Liquido 2x16 .....	43
Figura 2.15 Valores de tensión de la señal RS-232 .....	47
Figura 2.16 Pines, valores de capacidad y esquema de conexiones del MAX232	49
Figura 2.17 Dispositivo SIMÓN-VE .....	50
Figura 2.18 Esquemático de la Tarjeta SIMÓN VE .....	51
Figura 2.19 Diagrama Funcional de la Fuente. ....	52
Figura 2.20 Pines de la Fuente MC33063A .....	53
Figura 2.21 Diagrama Interno del Regulador LM7805 .....	54
Figura 2.22 Distribución de Pines del Regulador LM7805 .....	55
Figura 2.23 Verificación de Memorial Serial.....	56
Figura 2.24 Descripción de la Conexión.....	58
Figura 2.25 Ventana para indicar el puerto de conexión .....	58
Figura 2.26 Configuración del Puerto.....	59
Figura 2.27 Ventana Terminal Puerto2 .....	59
Figura 2.28 Asistente de Configuración .....	61
Figura 2.39 Etapa de Cesado.....	61
Figura 2.30 Almacenamiento en la Memoria.....	62
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>64</b>
<b>ACELERACIONES DE UN VEHÍCULO .....</b>	<b>64</b>
Figura 3.1 Ejemplo de un Acelerón Innecesario.....	65
Figura 3.2 Ejemplo de un Frenazo Brusco .....	66
Figura 3.3 Ejemplo de Sacudidas Bruscas.....	66

Figura 3.4 Curva Cerrada.....	71
Figura 3.5 Curva Abierta .....	72
Figura 3.6 Curva en Ángulo Recto .....	72
Figura 3.7 Curva de Doble Radio .....	73
<b>CAPITULO 4 .....</b>	<b>79</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROYECTO.....</b>	<b>79</b>
Figura 4.1 a) Diseño de la tarjeta correspondiente al Acelerómetro.....	80
Figura 4.2 b) Esquemático correspondiente al Acelerómetro.....	81
Figura 4.1 c) Hardware del Acelerómetro.....	81
Figura 4.2 a) Diseño de la tarjeta del prototipo.....	82
Figura 4.2 b) Esquemático de la Tarjeta del Prototipo .....	83
Figura 4.2 c) Hardware del Prototipo.....	83
Figura 4.3 Prototipo Mecanizado.....	84
Figura 4.4 Pulsadores del Prototipo .....	84
Figura 4.5 Módulo Vehicular.....	85
Figura 4.6 Distribución Axial en el Módulo Vehicular .....	86
Figura 4.7 a) Configuración de la Sensibilidad .....	87
Figura 4.7 b) Configuración del Tiempo de Muestreo .....	87
Figura 4.7 c) Visualización de la configuración del prototipo mediante la PC .....	87
Figura 4.8 Etapa de censado del prototipo.....	88
Figura 4.9 Frenazo del Módulo Vehicular.....	88
Figura 4.10 Acelerón del Módulo Vehicular.....	89
Figura 4.11 Sacudida del Módulo Vehicular.....	90
Figura 4.12 Guardar por expiración de tiempo .....	90
Figura 4.13 Conexión con la PC.....	91
Figura 4.14 Información del DATA LOGGER.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
CAPITULO 1 .....	<b>2</b>
ESTUDIO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO “ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL” .....	<b>2</b>
Tabla 1.1 Características Operacionales .....	8
Tabla 1.2 Descripción de los Pines de Selección de gravedad .....	12
Tabla 1.3 Descripción de Pines del Acelerómetro MMA7260Q.....	13
CAPITULO 2 .....	<b>16</b>
DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE .....	<b>16</b>
Tabla 2.1 Configuración De Pines De La Memoria .....	34
Tabla 2.2 Pines Del Bus SPI .....	40
Tabla 2.3 Modos del Reloj.....	42
Tabla 2.4 Descripción de pines del LCD 2x16.....	44
Tabla 2.4 Valores de voltaje RS-232.....	47
Tabla 2.5 Distancia máxima en función de la Velocidad .....	48
CAPITULO 4 .....	<b>79</b>
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROYECTO.....	<b>79</b>
Tabla 4.1 Descripción de la tarjeta del Acelerómetro .....	81
Tabla 4.2 Características del Módulo Vehicular .....	86

## PRESENTACIÓN

En nuestro país existe una gran cantidad de accidentes de tránsito, según los estudios existen 12 mil accidentes en el año, de los cuales el 88 por ciento son por “factor humano”, cabe mencionar que el 19.2 por ciento se producen por exceso de velocidad, es decir a diario mueren 5 personas y aproximadamente 28 lesionados. Estas cifras son alarmantes y las causas son varias como el desconocimiento e irrespeto de las leyes y señales de tránsito, impericia e imprudencia, alcoholismo y drogas, exceso de velocidad e imprudencia del peatón.

El Transporte Público, no se queda fuera de estas cifras, es un problema de cultura y actitud. La problemática se aplica a la ciudadanía en general en cuanto actúe como conductor, peatón o pasajero. Se busca concienciar a las personas para que conduzcan con precaución y eviten los accidentes de tránsito que, en Ecuador, son la primera causa de muerte.

La Tecnología se ha venido desarrollando, con el fin de frenar estas cifras tan alarmantes, por ejemplo, pistolas electrónicas para controlar las altas velocidades dentro de las ciudades y carreteras interprovinciales del país.

El fin de este proyecto es ofrecer datos reales, mediante un prototipo, colocado en el vehículo, el cual permite conocer las variaciones de aceleración, que ha sufrido el mismo, durante un tiempo establecido.

Estos datos, permitirán conocer la forma de conducir de cada individuo, de esta manera se podrá calificar a cada uno de estos, y así evitar accidente futuros, con acciones ejemplares como el retiro de licencias momentánea o indefinidamente, por efectuar malas maniobras.

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo el diseño y construcción de un prototipo usando un acelerómetro tridimensional para la determinación de movimientos en un vehículo.

El dispositivo electrónico que hace posible el funcionamiento de este proyecto es el Acelerómetro Tridimensional MMA7260QT, el cual permite conocer las variaciones de aceleración, tridimensionalmente.

El prototipo cuenta con un Microprocesador al cual se conectan diferentes dispositivos; Este será quien cense las señales del Acelerómetro Tridimensional.

Además, se utilizará un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), para conocer la posición y momento exacto donde se efectuó la mala maniobra.

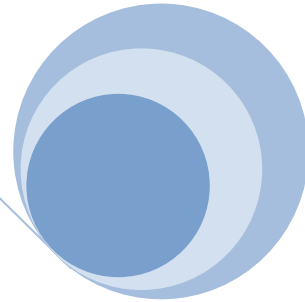
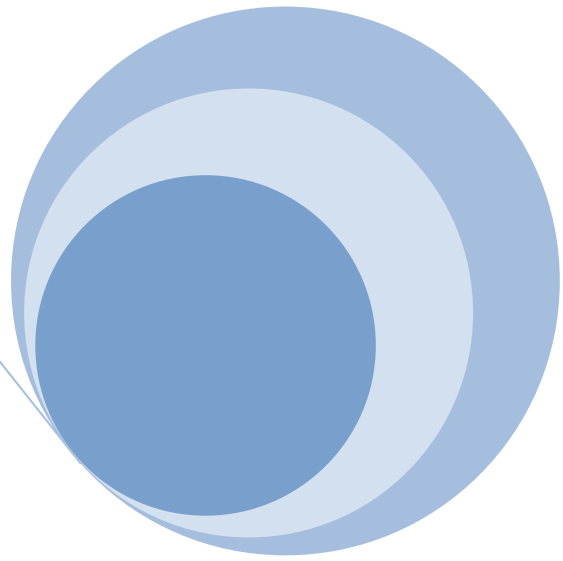
Asimismo, una Memoria Serial, donde se guarda toda la información entre aceleraciones y posición, se menciona, que el prototipo funciona como un Data Logger y cuenta con un interfaz hacia el dispositivo SIMON-VE, de requerirse, el prototipo es capaz de enviar la información hacia este.

Un LCD de 2 filas por 16 caracteres, el cual permite configurar la sensibilidad del Acelerómetro Tridimensional y el tiempo de muestreo del prototipo.

Los datos del Data Logger, se enviarán mediante un interfaz RS-232, hacia el computador.

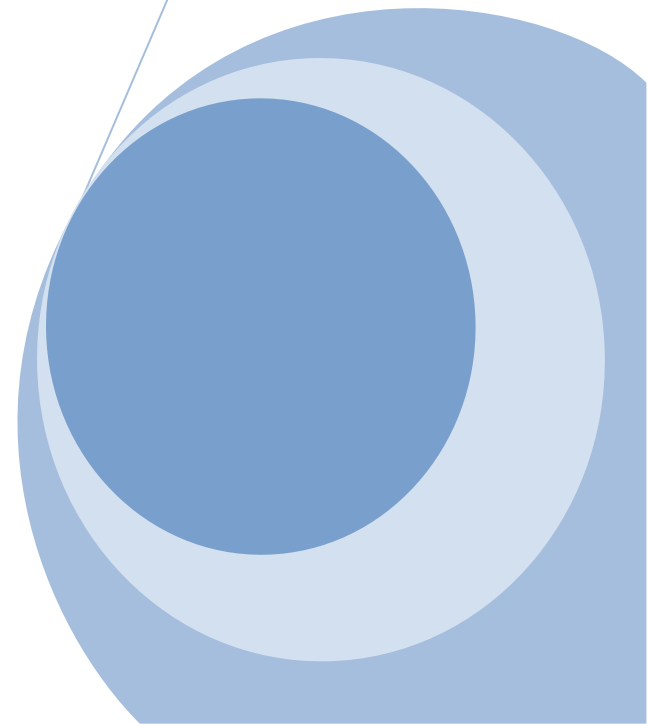
De la misma manera, se describe el hardware de control y alimentación del prototipo.

A continuación se realiza la implementación total del prototipo tanto en hardware y software y se verifica su funcionamiento a través de pruebas en un vehículo en movimiento.



## **CAPÍTULO 1**

# **ESTUDIO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO “ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL”**





# CAPÍTULO 1

## ESTUDIO DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO “ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL”

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se utiliza un dispositivo denominado “Acelerómetro Tridimensional”, de numeración MMA7260QT, el cual permite medir aceleraciones. Este dispositivo tiene la capacidad de medir la aceleración en los tres ejes espaciales. A continuación se define aceleración y se presenta varios tipos de Acelerómetros que hay en el mercado para entender el principio de funcionamiento del MMA7260QT, utilizado en el proyecto.

### 1.2 DEFINICIÓN DE ACELERACIÓN

La aceleración nos indica el ritmo o variación con la que la velocidad se aumenta o disminuye en un móvil en función del tiempo. Es decir, se conoce, como varia la velocidad con respecto al tiempo.

En la física se conoce de varios tipos de aceleraciones, para este proyecto, se usan las que a continuación se detallan.

#### 1.2.1 ACELERACIÓN MEDIA

Esta aceleración se conoce como la relación entre la variación de velocidad ( $\Delta v$ ) de un objeto en un tiempo dado ( $\Delta t$ ).

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Donde  $a$  es aceleración,  $v$  la velocidad final en el instante  $t$  y  $v_0$  la velocidad inicial en el instante  $t_0$ .

### 1.2.2 ACELERACIÓN INSTANTANEA

La Aceleración Instantánea, es el cambio de velocidad, de un objeto que se produce en un intervalo de tiempo infinitamente pequeño, es decir la derivada de la velocidad (instantánea) respecto al tiempo en un instante dado:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

Puesto que la velocidad instantánea  $\mathbf{v}$  a su vez es la derivada del vector de posición  $\mathbf{r}$  respecto al tiempo, se tiene que la aceleración vectorial es la derivada segunda respecto de la variable temporal:

$$\mathbf{a} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$$

### 1.3 ACELERÓMETROS

Existen varios diseños de Acelerómetros, aunque todos tienen el mismo fin, que es medir la aceleración, pueden ser distintos por la aplicación y las condiciones de trabajo. Se tiene dos parámetros principales a la hora de escoger el adecuado, los rangos de temperatura y frecuencia. Otros parámetros importantes como el tamaño, la resistencia a golpes y por supuesto el precio.

Un acelerómetro como se puede intuir es un dispositivo que se lo utiliza para medir la aceleración de un objeto al que va unido. En el mercado existen varios tipos de Acelerómetros, de varias tecnologías que se detallan a continuación.

En la figura 2.1 se observa varios tipos de Acelerómetros Industriales, aplicados en la medición de vibraciones y oscilaciones. Cabe resaltar que estos dispositivos en la actualidad tienen otras aplicaciones como en Videojuegos, Laptops, Teléfonos móviles, etc.



**Figura 1.1** Diferentes tipos de Acelerómetros

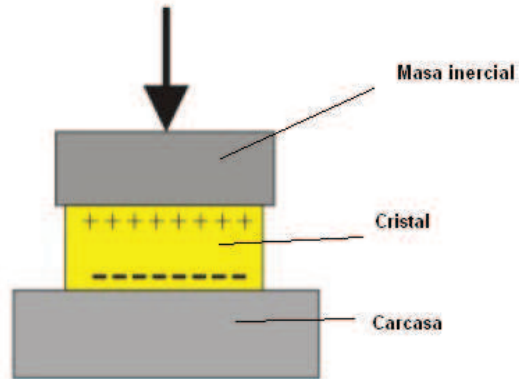
## **1.4 TIPOS DE ACELERÓMETROS**

### **1.4.1 ACELERÓMETRO PIEZO-ELÉCTRICO**

El funcionamiento de este tipo de acelerómetros se basa en las propiedades de los cristales piezo-eléctricos. Estos cristales cuando son sometidos a alguna fuerza como compresión, flexión o extensión, producen una corriente eléctrica, la palabra piezo de origen griego significa “apretar”.

Si se coloca, un cristal de este tipo entre una carcasa, es decir el objeto al cual se quiere medir la aceleración, y una masa inercial se producirá una corriente, cuando ocurra una aceleración, esta masa ejercerá una fuerza sobre el cristal, midiendo esta corriente se obtiene la aceleración.

En la figura 1.2 se observa el principio de funcionamiento de un Acelerómetro Piezo-Eléctrico.

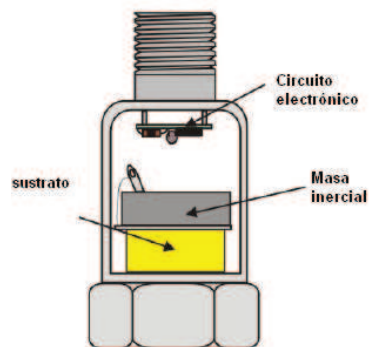


**Figura 1.2** Acelerómetro Piezo-Eléctrico

#### 1.4.2 ACELERÓMETRO PIEZO-RESISTIVO

El Acelerómetro piezo-resistivo a diferencia de piezo-eléctrico utiliza un sustrato en lugar de un cristal piezo-eléctrico, en esta tecnología, la fuerza que ejerce la masa sobre el sustrato varían su resistencia, que forma parte de un circuito, mediante un puente de Whetstone, se mide la intensidad de la corriente. La ventaja de esta tecnología respecto a la piezo- eléctrica es que permite medir aceleraciones de hasta cero Hz de frecuencia.

En la figura 1.3 se observa un Acelerómetro Piezo-Resistivo.

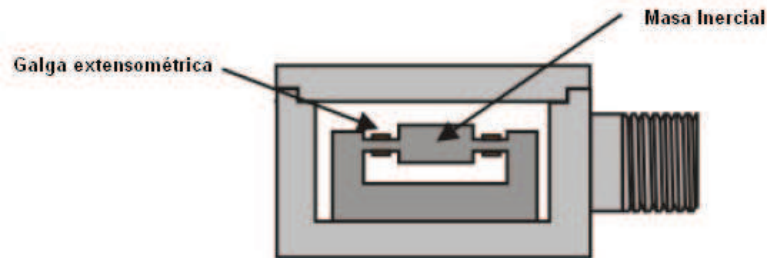


**Figura 1.3** Acelerómetro Piezo-Resistivo

### 1.4.3 ACELERÓMETRO DE GALGAS EXTENSOMÉTRICAS

En este tipo de Acelerómetro una (o más) galgas extensométricas, hacen de puente entre la carcasa del instrumento y la masa inercial, la aceleración produce una deformación de la galga, que se traduce en una variación de corriente detectada por un puente de Whetstone, la deformación, es directamente proporcional a la aceleración aplicada al acelerómetro. Al igual que en el piezo-resistivo la respuesta de frecuencia llega hasta los cero Hz.

En la figura 1.4, se observa, un Acelerómetro de Galgas Extensométricas.

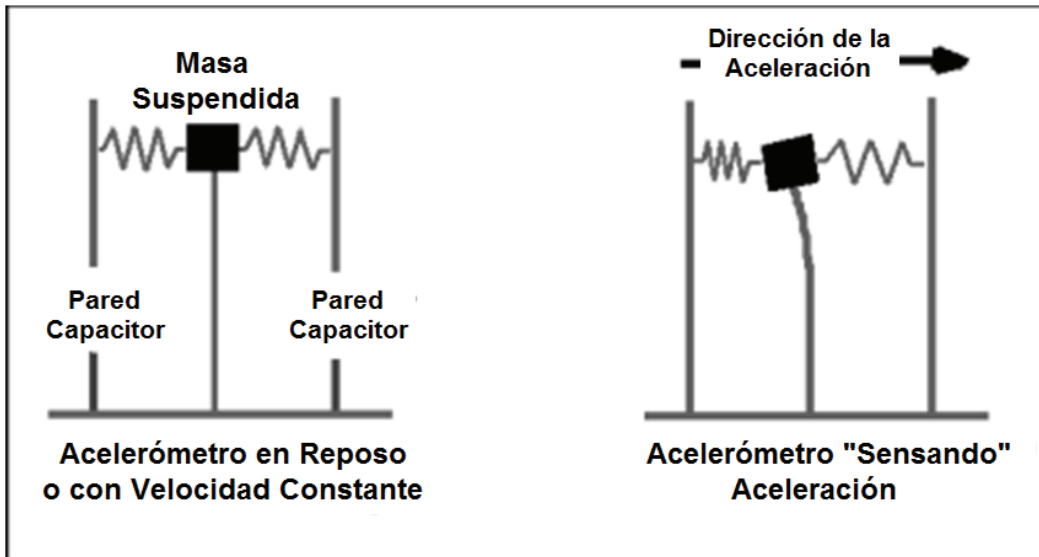


**Figura 1.4** Acelerómetro de Galgas Extensométricas

### 1.4.4 ACELERÓMETRO CAPACITIVO

En este tipo de Acelerómetro, el elemento que conecta la masa inercial con la carcasa es un condensador. Una de las paredes está fija, pegada a la carcasa y la otra a la masa. Cuando ocurre una aceleración la masa presiona el condensador, variando el grosor entre pared y pared. Midiendo la capacitancia del condensador se puede calcular la aceleración. Este tipo de acelerómetros son extremadamente resistentes, pueden soportar aceleraciones de 30 000 G lo cual permite usarlo, en mediciones de aceleración de proyectiles de cañón.

En la figura 1.5 se observa el principio de funcionamiento de un Acelerómetro Capacitivo.



**Figura 1.5** Acelerómetro Capacitivo.

### **1.5 ACELEROMETRO TRIDIMENSIONAL MMA7260Q**

El dispositivo Acelerómetro MMA7260Q, además de tener un bajo costo, es un dispositivo que funciona con el principio capacitivo, de dichos elementos, cuenta con elementos de acondicionamiento de señales, filtros pasa bajos, la posibilidad de elegir la gravedad con la que va a estar funcionando, y otras características que lo hacen muy útil en el campo de la electrónica.

#### **1.5.1 CARACTERISTICAS OPERACIONALES MMA7260Q**

A continuación en la Tabla 1.1, se muestran las características operacionales del MMA7260Q.

CARACTERISTICAS	SIMBOLO	MÍN	NORMAL	MAX	UNIDAD
Rango de Operación					
Voltaje de Operación	Vdd	2.2	3.3	3.6	V
Corriente de Operación	Idd	-	500	800	uA
Corriente de Operación Sleep Mode	Idd	-	3.0	10	uA
Temperatura de Operación	Ta	-40	-	150	°C
A 0 – Gravedad					
Xout	X	-	1.65	-	V
Yout	Y	-	1.65	-	V
Zout	Z	-	2.45	-	V

**Tabla 1.1** Características Operacionales

El dispositivo funciona de tal manera que al existir una variación de aceleración de los ejes del dispositivo aumenta ó disminuye de acuerdo al movimiento del dispositivo.

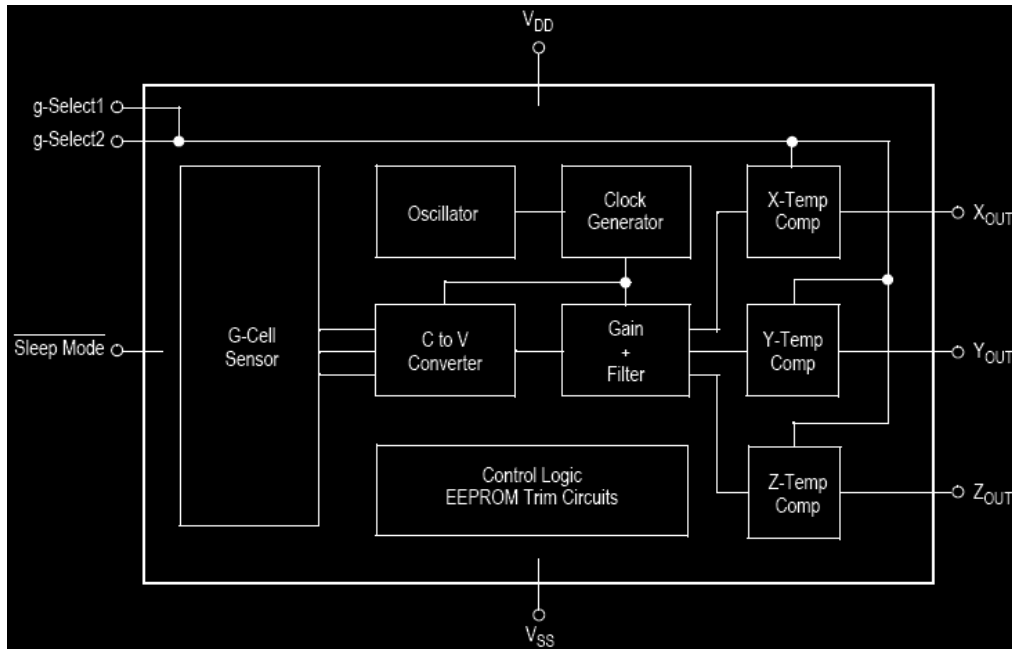
### 1.5.2 CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

El acelerómetro MMA7260Q cuenta con la facilidad de poder elegir la sensibilidad a la cual va a funcionar, puede ser 1.5g / 2g / 4g / 6g dependiendo la aplicación.

El acelerómetro MMA7260Q tiene un bajo consumo de potencia, aproximadamente 500uA. Con esto el tiempo de operación del dispositivo aumentará independientemente de que si tiene o no alimentación estable, el acelerómetro cuenta con un modo de espera (Sleep Mode), el cuál le permite al dispositivo inhabilitarse automáticamente, y en este transcurso el consumo bajará a 3uA.

El voltaje de polarización que necesita el chip es 2.2V mínimo y 3.6V máximo, para su correcto funcionamiento. La alta sensibilidad, el tamaño reducido, su diseño robusto, la alta supervivencia a los choques, hace a este dispositivo idóneo para la aplicación en cuestión.

En la figura 1.6 se muestra el Diagrama de Funcionamiento del Acelerómetro MMA7260Q.



**Figura 1.6** Diagrama de Bloques del funcionamiento del Acelerómetro.

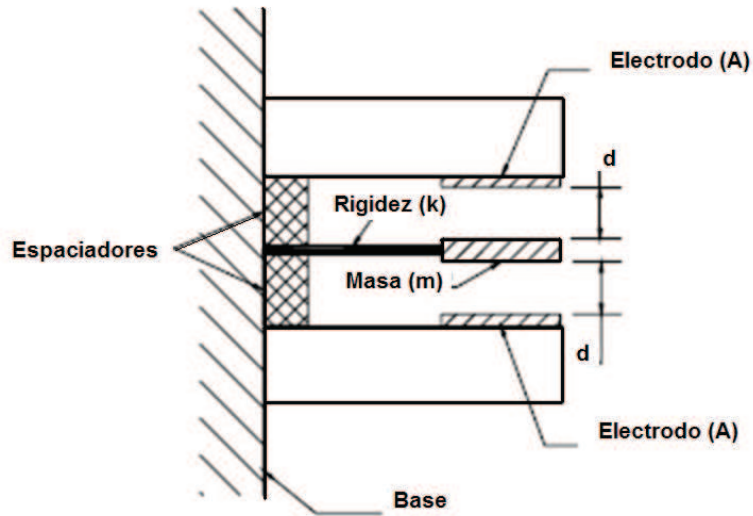
### 1.5.3 DESCARGAS ELECTROESTÁTICAS

El dispositivo cuenta con una protección interna, en la circuitería del dispositivo, soporta hasta 2000 voltios de descargas electroestáticas. Esta extra precaución debe ser tomada en cuenta ya que una descarga mayor a los 2000 voltios puede acumularse en el cuerpo humano o por parte de un equipo de prueba. Una carga de esta magnitud puede alterar las características o causar daños en el dispositivo. Por eso cuando se manipule el Acelerómetro Tridimensional es necesario evitar exponer el dispositivo a las diferentes descargas ya mencionadas, para no variar sus características

### 1.5.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los acelerómetros capacitivos operan con una técnica donde la capacitancia del elemento sensor interno cambia, en proporción a la aceleración aplicada.

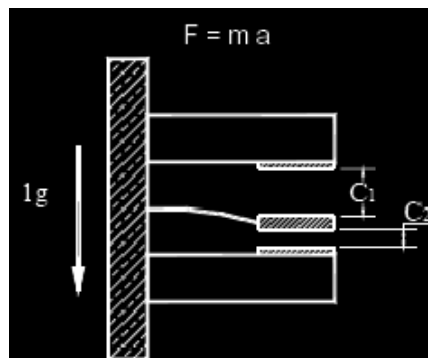




**Figura 1.7** Acelerómetro en su estado inicial

En la figura 1.7 se representa el sensor, que consiste en dos placas conductoras paralelas, tipo electrodo con área de exposición (A) y una masa (m) suspendida por medio de un elemento con rigidez (k). Entre la masa y los electrodos existe una distancia base (d) simétrica, que se controla con recisión, por lo que el aire que existe en el hueco entre cada electrodo y la masa sísmica forma un “capacitor mecánicamente variable”.

Cuando el elemento es acelerado, como se muestra en la figura 1.8, de acuerdo con la Segunda Ley de Newton, se presenta una fuerza inercial (F), proporcional a la aceleración que sufre la masa (m):



**Figura 1.8** Acelerómetro sufriendo una aceleración de 1G

Esta fuerza produce que la masa se mueva cierta distancia (x) cercana y lejana, respectivamente al electrodo inferior y al electrodo superior. Puesto que el elemento de soporte tiene una rigidez (k), la distancia de separación se expresa como:

$$x = F / k \quad (3-2)$$

El cambio en la distancia corresponde a los cambios en la capacitancia (C):

$$C1=(A\epsilon) / (d + x)$$

$$C2=(A\epsilon) / (d - x)$$

Donde:

A: área del electrodo

$\epsilon$ : permisividad del aire (constante dieléctrica)

d: distancia entre la masa y el electrodo en la condición de 0g

x: desplazamiento de la masa

Estos acelerómetros incorporan circuitos micro-eléctricos, que usan puentes capacitivos para convertir el cambio de capacitancia a una señal de voltaje útil.

### **1.5.5 CARACTERISTICAS ESPECIALES MMAQ7260Q**

#### **➤ SELECCIÓN DE GRAVEDAD**

La selección de gravedad se caracteriza por elegir entre cuatro sensibilidades diferentes, que se encuentran presentes en el dispositivo. Dependiendo de cómo los pines 1 y 2 se encuentren polarizados. El dispositivo interno permite funcionar con 1.5G, 2G, 4G o 6G como se puede identificar en la siguiente tabla 1.2. Esta característica es ideal para obtener un óptimo rendimiento. La sensibilidad se la puede cambiar en cualquier momento durante la operación del dispositivo.

Para actividades de fuerza bajas, como la medición de inclinación de un objeto, el ajuste debe ser, 1,5. Si va a ser adjunto a un evento de choque puede ajustarse la sensibilidad a 6G, o conseguir un mejor acelerómetro.

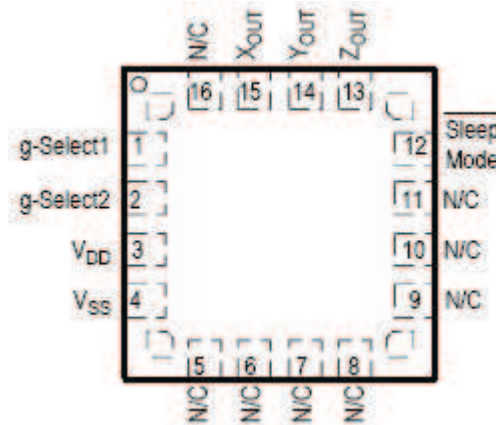
G-SELECT 1	G-SELECT 2	G-RANGO	SENSIBILIDAD
0	0	1.5g	800mV/g
0	1	2g	600mV/g
1	0	4g	300mV/g
1	1	6g	200mV/g

**Tabla 1.2** Descripción de los Pines de Selección de gravedad

En resumen las salidas del dispositivo MMA7260Q, tienen un voltaje estable, al comenzar su funcionamiento aproximadamente la mitad del voltaje de polarización, de sufrir una aceleración, se presenta un cambio de voltaje. De esta manera se calcula la Aceleración ocurrida.

➤ **DESCRIPCIÓN DE PINES**

En la figura 1.9 se aprecia la distribución de pines del dispositivo en cuestión, y a continuación la tabla 1.3 con la descripción específica de los pines del dispositivo.



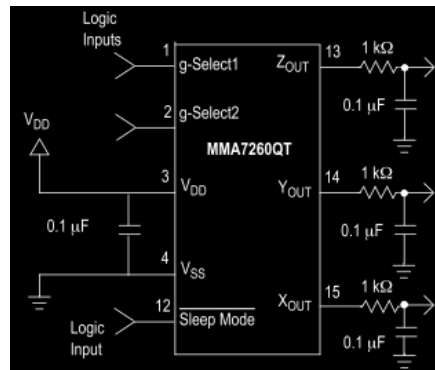
**Figura 1.9** Distribución de Pines del Acelerómetro MMA7260Q

PIN NO	NOMBRE DEL PIN	DESCRIPCIÓN
1	g-Select1	Entrada lógica para seleccionar nivel de gravedad
2	g-Select2	Entrada lógica para seleccionar nivel de gravedad
3	Vdd	Fuente de alimentación de entrada
4	Vss	Fuente de alimentación de tierra
5 a 7	N/C	Sin conexión
8 a 11	N/C	Sin Conexión
12	Sleep Mode	Entrada lógica para activar la suspensión
13	Zout	Voltaje de Salida en dirección Z
14	Yout	Voltaje de Salida en dirección Y
15	Xout	Voltaje de Salida en dirección X
16	N/C	Sin conexión

**Tabla 1.3** Descripción de Pines del Acelerómetro MMA7260Q

### 1.5.6 CONEXIONES BÁSICAS

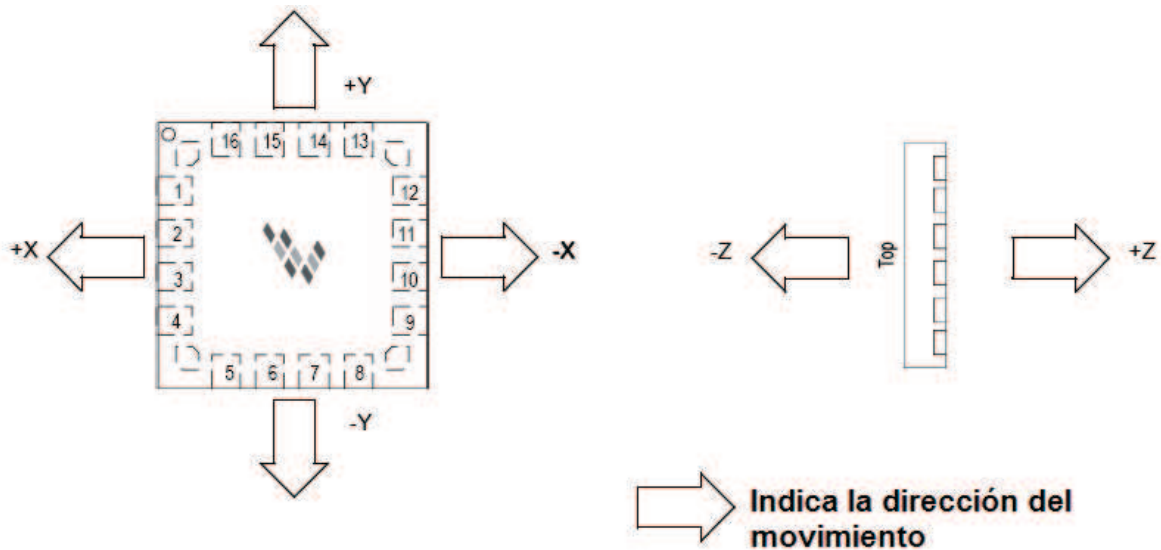
Es necesario conectar las salidas de voltaje de los ejes X, Y, y Z a un filtro RC correspondientemente, de esta manera se puede reducir al máximo el ruido, causado por el reloj que tiene el Acelerómetro Tridimensional internamente. A continuación en la figura 1.10 se muestra la forma y los valores correspondientes de los elementos que intervienen en estos filtros.



**Figura 1.10** Diagrama del Acelerómetro con las conexiones recomendadas.

### 1.5.7 DIRECCIONAMIENTO MMA7260Q

En la figura 1.11 se observa cómo se direcciona el dispositivo, es decir, hacia donde apunta cada uno de los tres ejes.



**Figura 1.11** Dirección del Movimiento

Como resumen del estudio del Acelerómetro MMA7260Q, se concluye, que se necesita un microcontrolador capaz de recibir estas señales eléctricas, de aumento o disminución de voltaje, transformarlas a valores digitales, para poder analizar a las mismas. Pines de control para sensibilidad y Sleep Mode.

Entonces el microcontrolador analiza las señales de las salidas, y mediante operaciones y valores definidos como la sensibilidad del dispositivo, puede calcular el valor y dirección de variación en función de la gravedad.

Es necesario utilizar un microcontrolador que opere en los mismos rangos de voltaje, para no perder sensibilidad. En el Anexo A de este documento se encuentra el datasheet del Dispositivo Acelerómetro Tridimensional MMA7260Q.

The background features a white page with abstract blue geometric elements. Three circles of varying sizes are arranged vertically, each composed of concentric rings in different shades of blue. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the central text. A large blue circle is partially visible at the bottom right corner.

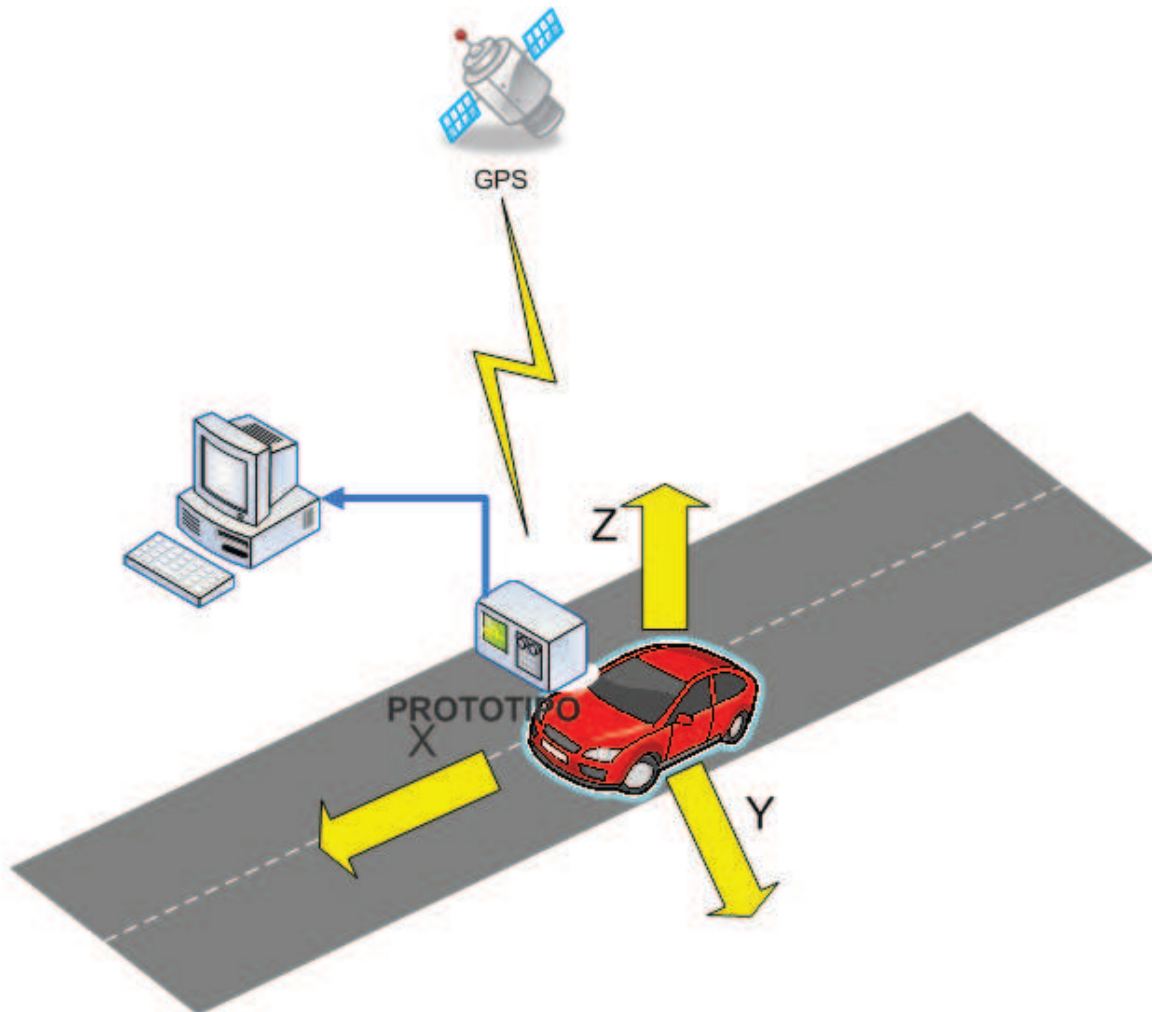
**CAPÍTULO 2**  
**DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE**

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DEL HARDWARE Y SOFTWARE

#### INTRODUCCIÓN

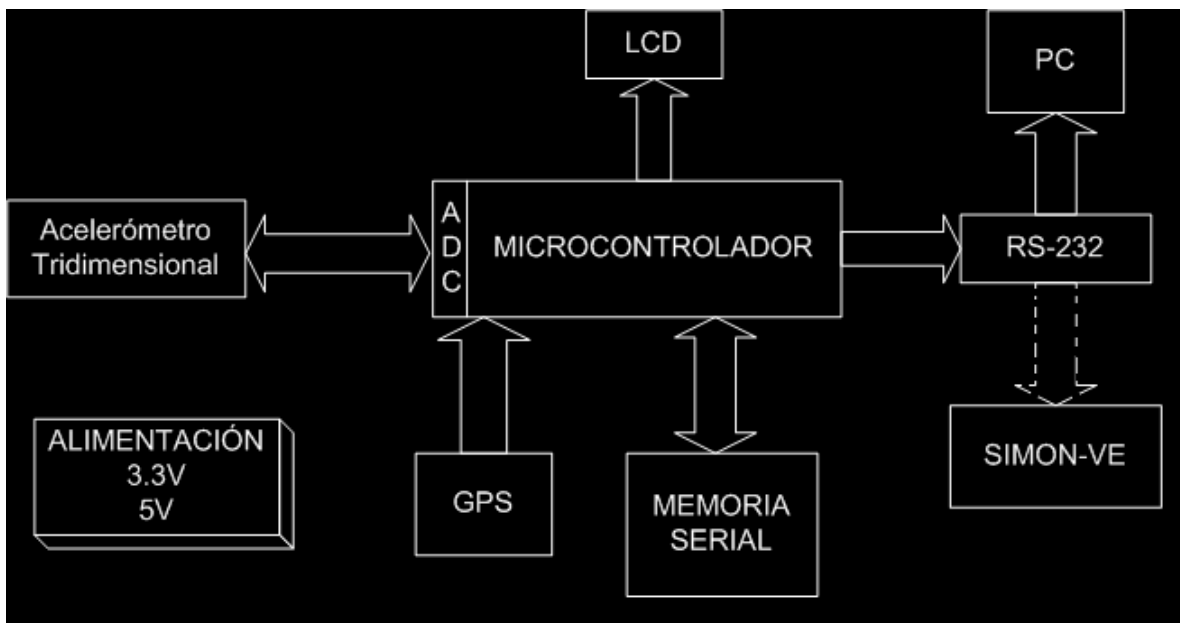
En los últimos años, la electrónica ha tenido un gran desarrollo, permitiendo el control y comunicación de dispositivos electrónicos. En el presente capítulo se detallan los módulos de Hardware y Software, utilizados en el prototipo con un Acelerómetro para la determinación de movimientos en un vehículo.



**Figura 2.1** Diagrama de Funcionamiento

## 2.1 MÓDULO DE HARDWARE

En el diagrama de bloques de la figura 2.2, se observa los dispositivos y la forma de conexión, que se utilizan en el módulo de hardware.



**Figura 2.2** Diagrama de bloques del Módulo de Hardware

A continuación se describen las características principales de los dispositivos que se utilizan en el Módulo de Hardware.

El prototipo consta de un microcontrolador al cual, se conectan los demás dispositivos del prototipo. El microcontrolador que se utiliza es el AVR 324P de la familia ATMEGA.

### 2.1.1 MICROCONTROLADOR AVR ATMEGA324P

Un microcontrolador es una pequeña computadora, es decir, es un integrado que posee en su interior a un procesador, memoria de programa, memoria de datos y puertos para comunicarse con el exterior.



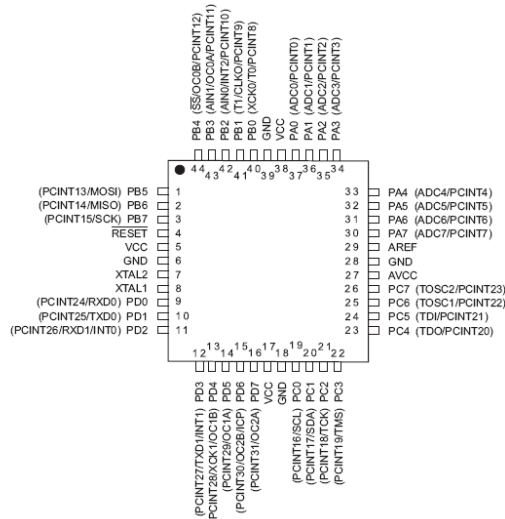
El microcontrolador dispone de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/EPROM/EEPROM/Flash.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.

También posee otros bloques de apoyo que flexibilizan aún más su uso, tales como:

- Módulos para el control de periféricos: temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- Sistemas de protección de sobrecorriente o cortocircuito.

En la figura 2.3 se muestra la distribución de pines del microcontrolador ATMEGA324P, utilizado en el prototipo usando un acelerómetro tridimensional para la determinación de movimientos en un vehículo.



**Figura 2.3** Distribución de pines microcontrolador ATMEGA 324P

➤ **CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA324P**

El Atmega324P es un microcontrolador CMOS de 8 bits a baja potencia basado en arquitectura RISC de AVR. Ejecutando las instrucciones en un solo ciclo de reloj, el ATMEGA324P alcanza un desempeño de 1 MIPS por MHz, permitiendo el diseño de consumo de potencia contra la velocidad de procesamiento.

Las características generales del ATMEGA324P son:

- 32K bytes de flash programable con la característica de ser de lectura y escritura,
- 1K byte de EEPROM, 2K bytes de SRAM,
- 32 líneas I/O de propósito general,
- 32 registros de propósito general,
- Interrupciones internas y externas,
- 8 canales A/D, de 10 bits ,
- Un puerto serial SPI
- Dos USART seriales programables,
- Voltajes Operables de 2.7 – 5.5 V,
- Un watchdog timer con oscilador interno,

A continuación se detalla los componentes que conforman el microcontrolador ATMEGA324P.

### ➤ **ARQUITECTURA DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA324P**

Los AVR utilizan una arquitectura Harvard, con el bus de datos y el bus de memorias separados. Mientras una instrucción se ejecuta, la próxima instrucción esta lista para ser ejecutada en la memoria de programa. El programa está en la memoria flash, es decir no se borra, por falta de alimentación. La función del procesador es garantizar la correcta ejecución del programa, es decir, acceder a memorias, realizar cálculos, controlar periféricos y manejar las interrupciones.

### ➤ **TEMPORIZADOR O RELOJ**

Utilizan un reloj con pulsos a intervalos constantes y con un paso regular. Una variedad de diferentes tipos de relojes y temporizadores, además de velocidades, están disponibles para cada microcontrolador. Para aplicaciones en tiempo real, velocidades entre 14.746CPS (ciclos por segundo o Hertz), y 16MHz., son

suficientes para generar operaciones y procesar instrucciones. Los AVR también incluyen un circuito o aditamentos para conectar un cristal oscilador que regula la velocidad del procesador.

### ➤ **MEMORIA DE PROGRAMA Y DATOS DEL ATMEGA324P**

Cada programa que se desarrolla para los AVR, se almacena en una región de la memoria no volátil, es decir, permanece al pagar el dispositivo. El ATMEGA324P contiene 32K bytes de memoria flash reprogramable para almacenar el programa. La Flash organiza en 16k x 16. La memoria Flash se divide en dos. La primera sección de esta región es la de carga flash de la aplicación y es donde se almacena el programa que se escribe para el AVR. La segunda sección se llama: 'Boot Flash Section', o sección de carga del inicio y se puede configurar para que funcione una vez que el dispositivo, se prende o se enciende.

Parte de la memoria de datos es volátil, del tipo RAM y está organizada en registros de 8-bits.

### ➤ **REGISTROS**

Toda la información en el microcontrolador, desde la memoria de programas, la información del temporizador, hasta el estado de los pines en los puertos de entrada y salida, se almacena en registros de memoria. Los registros son como cajones en un gabinete. En un procesador de 8-bits, se usan cajones que pueden guardar por ejemplo ocho 8 tarjetas y en donde cada tarjeta almacena un número binario de un bit un cero (0) o un uno (1). Cada cajón posee una dirección asignada para poder ser encontrado por el microcontrolador.

Algunos registros, como por ejemplo los de RAM, se utilizan para almacenar datos en general. Otros tienen funciones específicas para controlar los convertidores analógico - digital, como en este caso.

## ➤ **BITS Y BYTES**

Un byte, se compone de 8-bits con 256 valores solamente. Toda la información el microcontrolador almacena de pedazo a pedazo, de tamaño de un byte. Para facilitar la comprensión y operación con números binarios en el formato de unos y ceros, cada byte de información se representa con un número hexadecimal de dos dígitos.

## ➤ **PUERTOS O REGISTROS DEL ATMEGA324P**

Los puertos o registros especiales en el microcontrolador son compuertas desde la Unidad Central de Procesamiento a los componentes de software y hardware internos como externos. La comunicación del CPU con estos componentes es para leer o escribir en ellos.

## ➤ **EJECUCIÓN DE PROGRAMAS**

Código hexadecimal, es lo que se almacena en la región de programas, Memoria Flash. Al correr el programa con el código hexadecimal, las instrucciones son leídas por un contador. Este procedimiento a la vez carga la siguiente instrucción a un registro especial de instrucciones. Los operandos de cada instrucción son subsecuente-mente transferidos a la unidad de lógica aritmética, mientras que la instrucción está siendo decodificada y posteriormente ejecutada por la unidad ALU.

## ➤ **INTERFACE A SERIALES PERIFÉRICOS**

Permite una alta velocidad de transferencia de datos sincrónicos con el ATMEGA324P y dispositivos periféricos, o entre varios dispositivos AVR. Es full dúplex, opera de forma Maestro Esclavo, la transferencia se hace a partir del bit menos significativo, al más significativo, tres líneas de comunicaciones sincrónicas, Bandera de fin de la transmisión.

La comunicación entre el microcontrolador y la memoria serial es maestro-esclavo mediante la interconexión de sus señales SPI. Así como el grabado del programa del microcontrolador desde el computador.

### ➤ **CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL DEL ATMEGA324P**

Cuenta con diez bits de aproximación sucesiva ADC, es decir, analiza valores de 0 a 1023, referenciado de 0 a AVcc del microcontrolador, cuenta con ocho canales ADC. Tiene un tiempo de conversión de 13 a 260 us, tiene ganancia seleccionable de modo diferencial de 1x, 10x, o 200x.

En conclusión se utiliza el microcontrolador ATMEGA324P de montaje superficie, en el prototipo, por su voltaje de funcionamiento, igual al del dispositivo Acelerómetro Tridimensional (3.3V), sus pines ADC, la cantidad de memoria Flash y la presencia de dos USART'S para el prototipo. En el Anexo B de este documento se encuentra el Datasheet del microcontrolador.

## **2.1.2 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)**

### **GENERALIDADES**

El sistema de Posicionamiento global mediante satélites (GPS: Global Positioning System) supone uno de los más importantes avances tecnológicos de las últimas décadas. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición, velocidad y tiempo, se ha utilizado también en múltiples aplicaciones civiles.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares posteriormente se lo dio a conocer a los civiles.

El sistema de Posicionamiento Global proporciona estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo, con una constelación de veinticuatro satélites para

determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre.

### ➤ **SECCIONES DEL GPS**

El sistema de Posicionamiento Global conste de tres secciones distintas:

- La sección espacial que envuelve los satélites con sus señales transmitidas.
- La sección de control responsable por el monitoreo, generación, corrección y evaluación de todo el sistema.
- La sección de usuarios que envuelve todos los tipos de aplicaciones, métodos de posicionamiento, formas de recepción, procesamiento de las señales y todos los tipos de receptores.

### ➤ **SECCIÓN ESPACIAL DEL GPS**

Proporciona una cobertura mundial de tal forma que, en cualquier parte en el globo terrestre, incluyendo los polos, existen por lo menos cuatro satélites visibles, y en zonas como la ecuatorial se pueden tener hasta ocho satélites visibles.

Los satélites GPS, en un total de veinticuatro activos, circulan la tierra en órbitas elípticas, con inclinación con respecto a la línea al Ecuador.

Mediante el segmento espacial se transmiten las señales que se encuentran moduladas. Se ocupan en si dos portadoras una frecuencia L1 a 1573.43 MHZ que transmiten los códigos de Acceso Libre (C/A), otra frecuencia L2 de 1227.60 MHZ que es utilizada para la transmisión de información militar en código P.

### ➤ **SECCIÓN DE CONTROL DEL GPS**

Comprende el sistema de control operacional, el cual consiste en una estación de control maestra, estaciones de monitoreo mundial y estaciones de control de campo.

Las principales tareas son: determinar de forma precisa la órbita de cada satélite; determinar por medio de modelos matemáticos la predicción de estas órbitas;

sincronización permanente de los sistemas de relojes de los satélites; corrección del posicionamiento de los satélites por comandos desde tierra; control de lanzamiento de nuevos satélites para, la manutención de la constelación.

### ➤ **SECCIÓN DE USUARIOS**

Comprende el conjunto de usuarios del sistema, los diversos tipos de receptores y los métodos de posicionamiento por ellos utilizados.

El sistema de GPS proporciona dos servicios de posicionamiento real:

- El SPS (“Estándar Positioning Service”), que utiliza el código de Acceso Libre C/A y ofrece precisiones del orden de 100 metros, siendo especialmente susceptible a la degradación del oscilador a bordo del satélite, que causa imprecisión en la medida de distancia entre el receptor y el satélite.
- El PPS (“Precise Positioning Service”), que utiliza el código P, de uso militar sujeto al encriptamiento y proporciona precisiones mejores a 10 metros, de uso privativo de personas autorizadas.

### ➤ **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Se basa en la medición de distancias a partir de señales de radio transmitidas por un grupo de satélites artificiales cuya órbita se conoce con precisión y captadas y decodificadas por receptores ubicados en los puntos cuya posición se desea determinar.

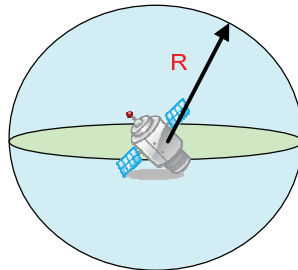
Si se miden las distancias de al menos tres diferentes satélites a un punto sobre la tierra, es posible determinar la posición de dicho punto por trilateración.

La trilateración es un procedimiento similar a la triangulación pero basado en la medida de los lados de un triángulo.

A continuación se menciona en forma resumida los fundamentos involucrados en las mediciones con G.P.S.

## ➤ TRILATERACIÓN SATELITAL

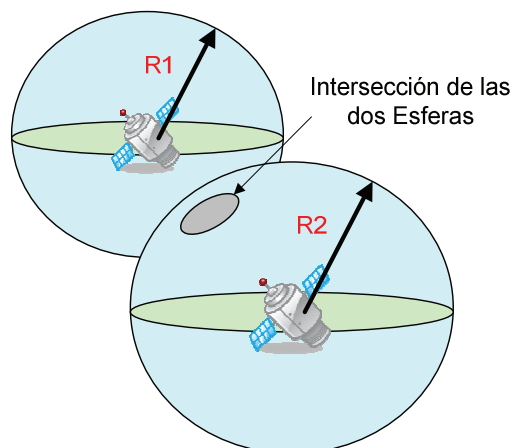
Los satélites del sistema de posicionamiento global se encuentran girando alrededor de la tierra en órbitas predefinidas a una altura aproximadamente de 20.200 kilómetros, siendo posible conocer con exactitud la ubicación de un satélite en un instante de tiempo dado, convirtiéndose por lo tanto los satélites en puntos de referencia en el espacio como se muestra en la figura 2.4.



**Figura 2.4** Medición de Distancia de un Satélite a un punto.

Por ejemplo, que un receptor en la Tierra capta la señal de un primer satélite determinando la distancia entre ambos. Esto solamente indica que el receptor puede estar ubicado en un punto cualquiera dentro de la superficie de una esfera de radio  $R_1$  tal y como se muestra en la figura 2.4.

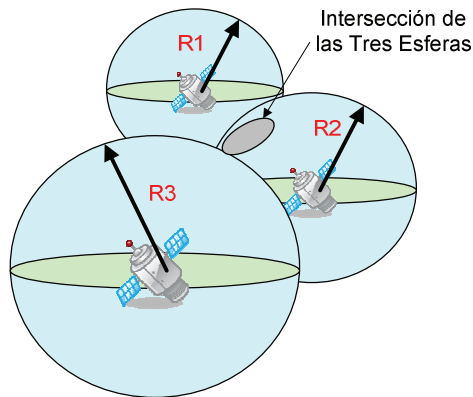
Si se mide la distancia de un segundo satélite al mismo receptor se generará una superficie esférica de radio  $R_2$ , que al intersectarse con la primera esfera se formará un círculo cuyo perímetro podría estar ubicado en el punto a medir como se observa en la figura 2.5





### **Figura 2.5** Intersección de dos Mediciones de Distancia de dos Diferentes Satélites

Si se agrega una tercera medición, la intersección de la nueva esfera con las dos anteriores se reduce sobre el perímetro del círculo descrito como muestra la figura 2.6.



### **Figura 2.6** Intersección De Tres Mediciones De Distancia De Tres Diferentes Satélites

Uno de estos dos puntos puede ser descartado por una respuesta incorrecta, bien por sea por estar fuera de espacio o por moverse a una velocidad muy elevada.

Matemáticamente es necesario determinar una cuarta medición a un diferente satélite a fin de poder calcular cuatro incógnitas incluidas con el tiempo.

#### ➤ **MEDICIÓN DE DISTANCIA DESDE LOS SATELITES**

La distancia de un satélite a un receptor se calcula midiendo el tiempo de viaje de la señal de radio desde el satélite al receptor. Conociendo la velocidad de la señal de radio, la distancia se determina por medio de la ecuación de movimiento con velocidad uniforme.

$$D = v.t$$

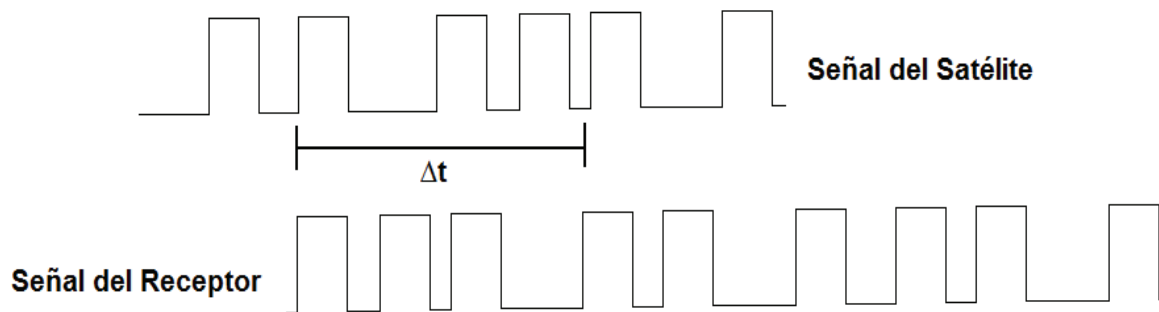
$D$  = distancia en kilómetros desde el satélite al punto considerado.

$v$  = velocidad de la señal de radio, aproximadamente la velocidad de la luz.

$v \approx 300.000 \text{ Km/s}$ .

$t$  = tiempo de viaje de la señal en segundos

Para poder medir el tiempo de viaje de la señal, es necesario conocer el instante en que la señal parte del satélite. Esto se logra generando códigos pseudoaleatorios tanto en el satélite como en el receptor y sincronizando ambas señales de manera que sean generadas al mismo tiempo, luego, comparando las señales se mide el desfase en tiempo ( $\Delta t$ ) en el que la señal del satélite y la del receptor generan el mismo código. El  $\Delta t$  representa el tiempo de viaje de la señal. Este proceso se esquematiza gráficamente en la figura 2.7.



**Figura 2.7** Sincronización

Se sincronizan el satélite y el receptor de manera que generen el mismo código al mismo tiempo, midiendo el desfase de la señal se obtiene el tiempo de viaje de la señal.

### ➤ **GPS DIFERENCIAL**

El DGPS es un tipo de receptor GPS que trabaja con estaciones terrenas de referencia. La estación de referencia posee su posición geográfica exacta, cuando recibe información de los satélites en lugar de calcular su posición, calcula el tiempo de vuelo de la señal del satélite al punto que se quiere localizar, y compara con el tiempo de vuelo de la señal del satélite recibida, la diferencia de tiempo

entre estos puntos se denomina error. De esta manera las estaciones de referencia emiten el error de corrección a los receptores en tierra para corregir sus medidas.

#### ➤ **FUENTES DE ERROR DEL GPS**

Los errores que afectan las mediciones del Sistema de Posicionamiento Global se pueden agrupar en tres tipos diferentes:

- Errores propios del satélite
- Errores originados por el medio de propagación
- Errores en la recepción

#### ➤ **ERRORES PROPIOS DEL SATELITE**

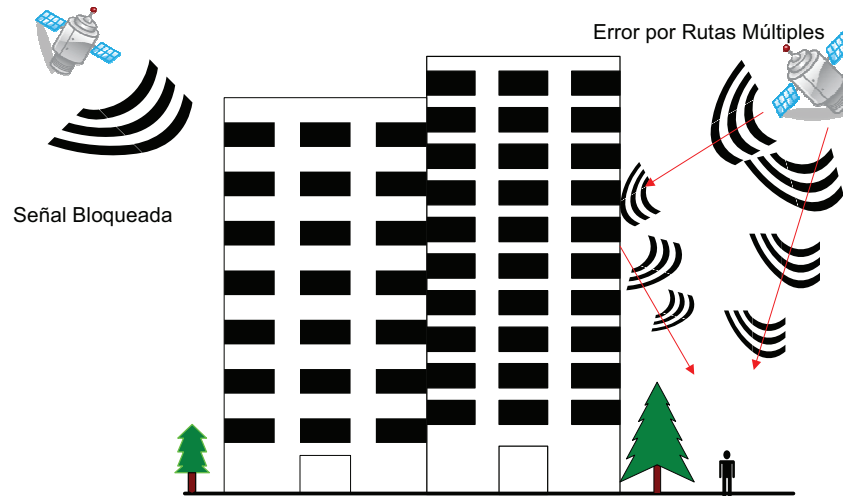
Errores orbitales, que afectan la determinación de la posición del satélite en un instante determinado con respecto a un sistema de referencia dado. Estos errores se originan debido a que no se conocen con la exactitud necesaria las orbitas de los satélites.

Errores del reloj, aunque sumamente precisos, los relojes atómicos pueden presentar variaciones debido a la deriva propia del instrumento y a la acción de los efectos relativísticos que originan un diferencial del tiempo entre el sistema del satélite y el sistema de Posicionamiento Global.

#### ➤ **ERRORES ORIGINADOS POR EL MEDIO DE PROPAGACIÓN**

La velocidad de la luz se mantiene constante solamente en el vacío. Cuando la señal penetra la ionósfera y la tropósfera, debido a los cambios en las densidades de las diferentes capas, se producen las refracciones ionosféricas y troposféricas, reduciendo la velocidad de la señal. Actualmente los receptores del Sistema de Posicionamiento Global toman en cuenta estas demoras haciendo correcciones pertinentes.

El error por ruta múltiple se origina debido a la posibilidad de que una señal reflejada por objetos ubicados en la superficie de la Tierra lleguen al receptor por dos o más trayectorias diferentes como se observa en la figura 2.8.

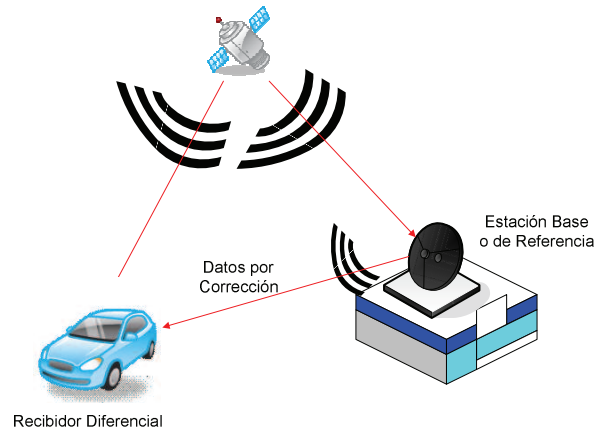


**Figura 2.8** Error por Ruta Múltiple

### ➤ ERRORES EN LA RECEPCIÓN

Los errores en la recepción son: el ruido, centro de fase de la antena, errores del reloj oscilador y el error de disponibilidad selectiva, que es una degradación de la señal del satélite.

Para corregir el error de disponibilidad selectiva, se corrige mediante la técnica de la corrección diferencial, en el DGPS cuyo funcionamiento se trató en la parte anterior de este capítulo. En la figura 2.9 se muestra el sistema de Corrección Diferencial.



**Figura 2.9** Corrección Diferencial

### ➤ **DISPOSITIVO GPS**

En la parte de los receptores GPS son muy variados los fabricantes de los mismos, y cuentan con diferentes características, para la aplicación se utiliza un GPS Universal Deluo.

El dispositivo GPS Universal Deluo es de bajo costo, es pequeño y portable como se observa en la figura 2.10; Son de fácil uso y gracias a su tecnología Sony tiene muchas características importantes, como una rápida adquisición de tiempo y posición.



**Figura 2.10** GPS Universal Deluo

El dispositivo GPS Universal Deluo, tiene resistencia al agua y su carcasa magnética permite una fácil montura, la gran sensibilidad de recepción permite un fácil enlace con los satélites, cuenta con salidas TTL y RS232.

El dispositivo GPS Universal Deluo, que se escogió para esta aplicación tiene las siguientes características:

- Cuenta con un chip Sony de cuarta generación para el GPS.
- Tiene una demodulación WAAS (Wide Area Augmentation System).
- 12 canales paralelos para la conexión con los satélites.
- Bajo consumo de potencia
- Utiliza el protocolo NMEA 0183
- Utilizado para navegación vehicular, marítima y aérea, sistemas de localización vehicular, etc.
- Resistente al agua
- Frecuencia de Recepción de L1 a 1575.42 MHz, de código de acceso libre.
- Velocidad de transmisión de 4800 Baudios.
- Salidas TTL y RS232.

### ➤ **PROTOCOLO NMEA 0183**

La asociación NMEA (National Marine Electronics Association), se compone de una serie de integrantes como fabricantes, distribuidores, instituciones educativas y otros interesados en equipos periféricos marinos. La definición estándar de un NMEA 0183 trata de un interface eléctrica y un protocolo de datos para la comunicación entre instrumentos marinos.

El GPS Universal Deluo, utiliza este protocolo NMEA 0183 para comunicaciones, el prototipo solo utiliza una sentencia \$GPRMC, creada por dicho protocolo que es la más completa de estas tramas del NMEA 0183, y se especifica por ser la recomendada para la utilización de datos específicos, cabe resaltar que existen otras sentencias que se reciben.

La sentencia contiene caracteres ASCII, empieza con el carácter "\$" y a continuación la "GP" que identifica el equipo en este caso un GPS.

La composición de la trama \$GPRMC, es decir, la información que esta trama contiene.

\$GPRMC,tiempo(hhmmss),(A ó V),latitud(ddmm.mm),(Sur ó Norte),longitud(dddmm.mmm),(Este ó Oeste),Velocidad en nudos(kkk.k),dirección(ddd.d),fecha(ddmmyy),,\*CS

Ejemplo: \$GPRMC,112210,A,3654.10,N,16543.45,E,000.6,074.4,100309,\*,03

De donde:

- Hhmmss: en horas, minutos, segundos UTC (Universal Tiempo Coordinado)
- A = Datos Validos
- V = Advertencia de recepción del navegador: los datos pueden ser invalidos
- Ddmm.mmm = Latitud en grados minutos y milecimos de minutos
- N ó S = Norte o Sur (Latitud)
- Dddmm.mmm = Longitud en grados minutos y milecimos de minutos
- E ó O = Este U oeste (Longitud)
- Kkk.k = Velocidad en nudos por hora
- Ddd.d = Direccion en grados absolutos
- Ddmmyy = Fecha en días meses y año
- \*CS = Suma verificadora de la sentencia

En resumen el prototipo utiliza el GPS, para establecer la posición exacta de donde y cuando se tomo la muestra, o en su defecto la aceleración incorrecta por parte del vehículo.

### **2.1.3 MEMORIA SERIAL**

#### **INTRODUCCIÓN**

El prototipo capaz de determinar las aceleraciones de un vehículo tridimensionalmente, cuenta con una memoria serial externa de 8 Mega bytes, de capacidad, que se utiliza para guardar las tramas del GPS y de la información acerca de las aceleraciones del vehículo.

A razón de la aplicación se escogió una memoria serial, que tiene mejores características en comparación con una memoria paralela, como por ejemplo que estas memorias seriales son más comerciales.

La memoria utilizada es la AT45DCB008 de la familia ATMEL, como lo dicho esta memoria serial utiliza el protocolo SPI, la descripción de la memoria AT45DCB008 se basa en la información del datasheet de la memoria AT45DB642D, que se encuentra en el Anexo C de este documento.

#### ➤ **DESCRIPCIÓN DE LA MEMORIA**

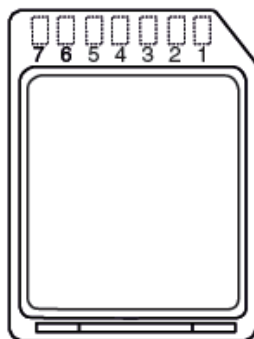
La memoria AT45DCB008 funciona con una fuente de alimentación de 2.7V a 3.6V. Tiene una arquitectura de interface-dual, es decir su interface serial soporta una frecuencia máxima de 66Mhz. Compatible con los modos 0 y 3 de la configuración SPI.

La memoria cuenta con 69,206,016 bits de memoria organizados en 8,192 páginas de 1,024 bytes cada una. La memoria adicionalmente tiene dos buffers SRAM de 1024 bytes cada uno. Los buffers permiten recibir los datos mientras una página en la memoria está siendo programada, de tal manera se sigue escribiendo continuamente a la memoria.

Para permitir una reprogramación simple de la memoria, no hace falta alta entrada de voltaje en sus pines para programarla. La memoria AT45DCB008 se habilita mediante el pin Chip Select (/CS) y se accede mediante tres pines del interface SPI que consisten en Serial Input (SI), Serial output (SO), y el Serial Clock (SCK).

#### **CONFIGURACIÓN DE PINES DE LA MEMORIA AT45DBC008**





**Figura 2.11** Pines De La Memoria

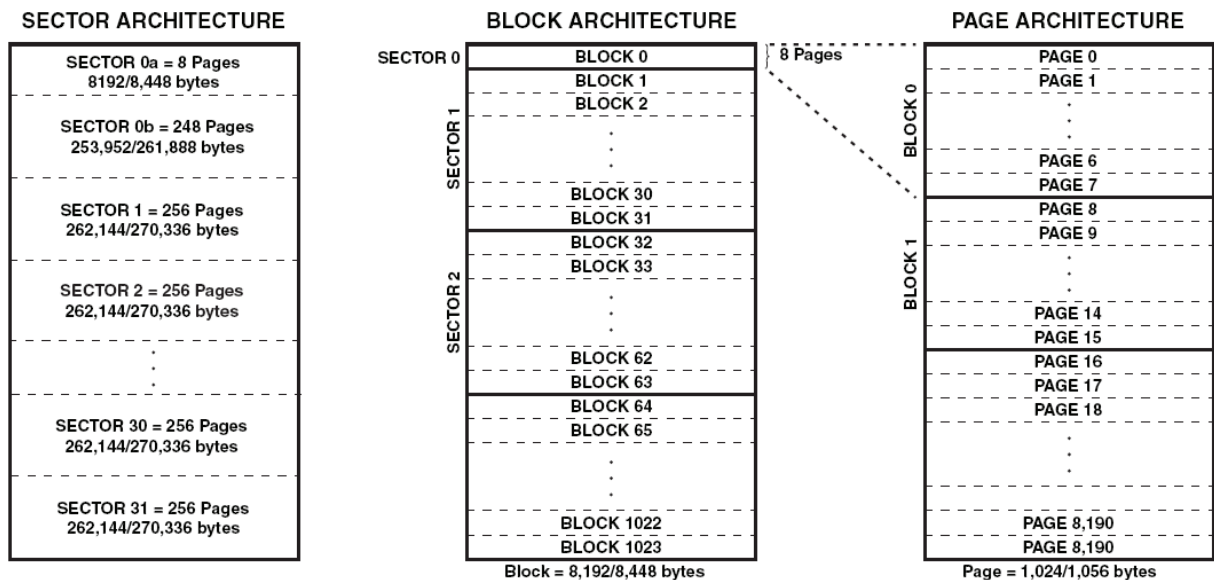
PINES	NOMBRE DEL PIN	FUNCION
1	CS	Chip Select
2	SI	Serial Input
3	GND	Tierra
4	VCC	Voltaje 3.3V
5	SCK	Serial Clock
6	NC	Sin Conectar
7	SO	Serial Output

**Tabla 2.1** Configuración De Pines De La Memoria

### ➤ ARREGLO DE LA MEMORIA

Para proveer eficiencia en el uso de la memoria, esta se encuentra dividida en tres niveles esenciales que son sectores, bloques y páginas. El diagrama de arquitectura de la memoria muestra en detalle cada nivel, números de páginas por sectores de bloques. Todas las operaciones de programación en la memoria, ocurren básicamente página por página. El borrado de las páginas pueden ser efectuados por sectores, por bloques y por páginas.

En la figura 2.12 se observa la arquitectura de memoria Data Flash.



**Figura 2.12** Diagrama De La Arquitectura De La Memoria

➤ **OPERACIÓN DE LA MEMORIA**

La operación del dispositivo es controlado por las instrucciones desde en el microprocesador en este prototipo será controlado por el ATMEGA324P. La lista de instrucciones se encuentra en el Anexo C en las tablas 15.1 y 15.6 del datasheet de la memoria AT45DB642D. Una instrucción es válida, comenzando por el cambio de alto a bajo del pin Chip Select (/CS), . Seguido por el opcode de 8 bits y el buffer escogido o la dirección de memoria principal. Mientras /CS esta en bajo, los pines SCK de control cargan el opcode y el buffer escogido o la dirección principal a través de Serial Input (SI). Todas las instrucciones se transmiten desde el bit más significativo.

El direccionamiento del buffer estándar de la memoria de tamaño de 1024 bytes se hace referencia en el datasheet ubicado en el C de este documento, y usa la terminología BFA10 – BFA0 y tiene once bits de dirección requeridos para designar una dirección en dicho buffer. El direccionamiento de la memoria principal usa una terminología PA12 – PA0 y BA10 – BAO, donde PA12 –PA10

denotan trece bits requeridos para designar una dirección de página y BA10-BA0 denota once bits requeridos para designar una dirección específica de la página.

### ➤ **COMANDOS DE LECTURA**

Las especificaciones de la memoria para los comandos de lectura, denotan que estos pueden ser leídos desde la memoria principal de la memoria o que los datos pueden ser leídos desde cualquiera de los dos buffers SRAM de la memoria

### ➤ **LECTURA DE UN ARREGLO CONTINUO**

Para poder hacer una lectura continua de una página de 1056 bytes, se utiliza el opcode E8H seguido por tres bytes de direcciones. (24 bits de direcciones) adicionalmente cuatro bytes no asignados. Los primeros 13 bits (PA12 – PA0) de los 24 bits de secuencia de dirección especifica la página para ser leída con este arreglo de la memoria principal, los siguientes 11 bits (BA10-BA0) de los 24 bits de secuencia de dirección, especifica la dirección donde empieza el primer dato de la memoria que debe ser leído.

Los cuatro bytes no asignados que siguen a los 3 bytes de direcciones son necesarios para inicializar la operación de lectura de los datos. Siguiendo a los 32 bits no asignados, adiciona los pulsos de reloj en el pin SCK, y se estarán sincronizando para la lectura de los datos.

El pin Chip Select debe estar en bajo durante la ejecución del opcode, de los bytes de dirección de memoria, de los bytes no asignados y de la lectura de los datos. Cuando se acabe de leer una página de inmediato se continuará con la siguiente sin retraso alguno, dependiendo del número de bits que se han pedido leer.

La transición de bajo a alto del Chip Select acabaría con la operación de lectura en la memoria.

### ➤ **LECTURA DE LA PÁGINA PRINCIPAL DE LA MEMORIA**

La memoria permite leer directamente cualquiera de las 8,192 páginas que la memoria contiene. Pasando primero por cualquiera de los dos buffers, dejando el contenido en los mismos. Para empezar a leer el contenido de la página de 1056 bytes de la memoria, es necesario un opcode D2H en la memoria seguido por los 24 bits de dirección de página, y adicionalmente 4 bytes no asignados.

Los primeros 13 bits (PA12-PA0) de los 24 bits de dirección especifican la página en la memoria a ser leída, los siguientes 11 bits (BA10-BA0) de los 24 bits de secuencia de dirección especifica la dirección donde empieza el primer dato de la memoria que debe ser leído.

Los 4 bytes no asignados que siguen a los 24 bits de dirección son enviados al inicializar la operación de lectura.

El pin Chip Select debe estar con el flanco bajo durante la ejecución del opcode, de los bytes de dirección de memoria, de los bytes no asignados y de la lectura de los datos. Cuando se acabe de leer una página de inmediato se continuará con la siguiente sin retraso alguno, claro depende del número de bits que se han pedido leer. Una transición de bajo a alto del Chip Select acabaría con la operación de lectura en la memoria.

### ➤ **LECTURA DEL BUFFER**

Los datos que se encuentran en cada buffer, pueden ser accedidos de manera individual mediante los opcodes D4H o D1H para el buffer 1 o D6H O D3H para el buffer 2, estos opcodes son para la lectura de datos de los mismos.

Los diferentes opcodes se utilizarán de acuerdo a las diferentes variaciones de frecuencia del reloj (SCK) que se esté utilizando por ejemplo D4H y D6H pueden ser utilizados para cualquier (SCK), en cambio D1H y D3H son usado para bajas frecuencias del (SCK).

El direccionamiento de la memoria es el mismo ya explicado en los dos puntos anteriores.

### ➤ **ESCRITURA EN EL BUFFER**

Para realizar una escritura en la memoria es necesario primero activar uno de los dos buffers que contiene la memoria y después pasar los datos del buffer designado hacia la memoria. Los opcodes que se necesitan son 84H en caso del buffer 1 o el 87H en caso de ser el buffer 2, es necesario también ingresar 3 bytes de dirección en el buffer, de los cuales los primeros 13 bits no importan pero los siguientes 11 bits de dirección (BFA10 – BFA0), especifican la dirección donde el primer bit será escrito.

### ➤ **ESCRITURA DEL BUFFER A LA MEMORIA PREVIO BORRADO DE PÁGINA**

Para pasar los datos del buffer hacia la memoria principal, previo a un borrado de la página de la misma, es necesario los opcodes 88H en caso del buffer 1 y 89H en caso del buffer 2, los opcodes deben tener a continuación 3 bytes de dirección de página. Los primeros 13 bytes (PA12-PA0), especifican la página en la memoria a ser escrita y los siguientes once bits no importan. El pin Chip Select debe estar con el flanco bajo durante la ejecución del opcode, de los bytes de dirección de memoria, de los bytes no asignados y de la lectura de los datos. Cuando se acabe de escribir una página de inmediato se continuará con la siguiente sin retraso alguno, dependiendo del número de bits que se han pedido escribir. Una transición de bajo a alto del Chip Select acabaría con la operación de escritura en la memoria.

### ➤ **BORRADO DE PÁGINA**

El comando de borrado de página puede ser utilizado de forma individual para borrar cualquier página de la memoria principal. El opcode utilizado es 81H que debe ser ingresado a la memoria, seguido de tres bytes comprendidos por 13 bits (PA12-PA0) que especifican la página a ser borrada y los siguientes onces bits no importan su contenido. Una transición de bajo a alto del Chip Select acabaría con la operación de borrado en la memoria.

#### **2.1.4 PROTOCOLO SERIAL SPI (Serial Peripheral Interface)**

El protocolo SPI permite una sincronización a alta velocidad de transferencia de datos entre el microcontrolador AVR y un dispositivo periférico. En la mayoría de casos este protocolo tiene un segundo propósito que es usarlo para la programación del microcontrolador ISP (System Programming). En el prototipo se utiliza tanto para programación del microcontrolador ATMEGA324P como para la comunicación entre el microcontrolador y la memoria serial.

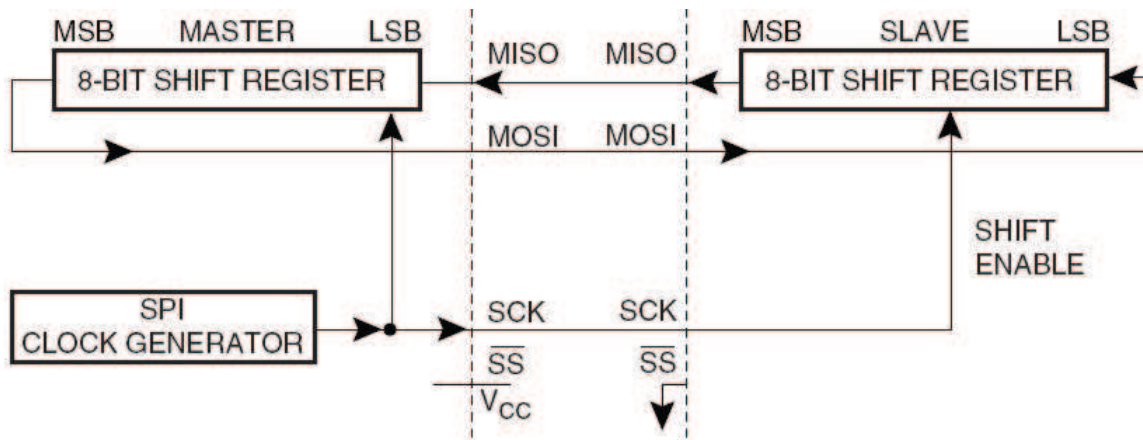
La interconexión entre dos dispositivos SPI siempre sucede entre un dispositivo maestro y uno o varios dispositivos esclavos. En el prototipo el microcontrolador hace las funciones de maestro y la memoria las funciones de esclavo.

El protocolo SPI tiene el registro de control (SPCR) el cual especifica el modo de operación de cada dispositivo.

Es necesario tener consideraciones específicas con el pin /SS ya que este pin es el que describe las funciones de esclavo o maestro del dispositivo.

El dispositivo maestro en cualquier caso proveerá de la señal de reloj y de la transmisión serial de datos. El dispositivo esclavo no será capaz de emitir señales de reloj por sí mismo.

El esclavo solo envía y recibe datos si el maestro genera una necesaria señal de reloj. El maestro sin embargo genera la señal de reloj solo mientras envía datos, que implica que el maestro tiene que enviar datos al esclavo para leer datos del esclavo. Como se observa en la figura 2.13.



**Figura 2.13** Protocolo SPI De Conexión Maestro - Esclavo

➤ **PINES DEL BUS SPI**

El bus SPI contiene cuatro líneas diferentes de señales. Estas líneas son reloj (SCK), la línea de salida del maestro hacia la entrada del esclavo (MOSI), la línea entrada del maestro desde la salida del esclavo (MISO), y la línea de activación en bajo de selección del esclavo (/SS). Como se muestra en la tabla 2.2.

PINES	MODO SPI MAESTRO	MODO SPI ESCLAVO
MOSI	Definido por usuario	Entrada
MISO	Entrada	Definido por usuario
SCK	Definido por usuario	Entrada
SS	Definido por usuario	Entrada

**Tabla 2.2** Pines Del Bus SPI

➤ **TRANSMISIÓN DE DATOS**

Para empezar la comunicación, el maestro configura el reloj, usando frecuencias bajas o usando la frecuencia máxima que el esclavo soporta. Comúnmente estas frecuencias van de (1 - 70) MHz.

El maestro coloca la línea /SS, (en la memoria serial /CS) en bajo, de esta manera discrimina la función del esclavo. Este estado debe continuar hasta que la comunicación haya terminado.

Durante cada ciclo del reloj SPI, una comunicación bidireccional ocurre:

- El maestro envía un bit sobre la línea MOSI, el esclavo lee la misma línea.
- El esclavo envía un bit sobre la línea MISO, el maestro lee la misma línea.

Los datos son transferidos en bloques de 8 bits, en donde el bits más significativo (MSB) se transmite primero.

### ➤ **POLARIDAD Y FASE DEL RELOJ**

Adicionalmente al configurar la frecuencia del reloj, el maestro debe configurar también la polaridad y fase del reloj respecto a cada transmisión de datos. La mayoría de las interfaces SPI tienen 2 bits de configuración, llamados CPOL (Clock Polarity = Polaridad de Reloj) y CPHA (Clock Phase = Reloj de Fase). CPOL determina si el estado Idle de la línea de reloj esta en bajo (CPOL=0) o si se encuentra en un estado alto (CPOL=1). CPHA determina en que filo de reloj los datos son desplazados hacia dentro o hacia fuera.

- En CPOL = 0, el valor base del reloj es cero.  
Para CPHA=0, el dato se lee cuando está subiendo el filo del reloj (transición de bajo a alto) y el dato es cambiado cuando está bajando el filo del reloj (transición de alto a bajo del reloj)  
Para CPHA = 1, el dato se lee cuando está bajando el filo del reloj (transición de alto a bajo) y el dato es cambiado cuando está subiendo el filo del reloj (transición de bajo a alto del reloj)
- En CPOL =1, el valor base del reloj es uno.  
Para CPHA=0, el dato se lee cuando está bajando el filo de la transición del reloj y es cambiado cuando está subiendo el filo de transición del reloj.  
Para CPHA=1, el dato es leído cuando está subiendo el filo de transición del reloj y es cambiado cuando está bajando el filo de transición del reloj.



## ➤ MODOS DEL RELOJ

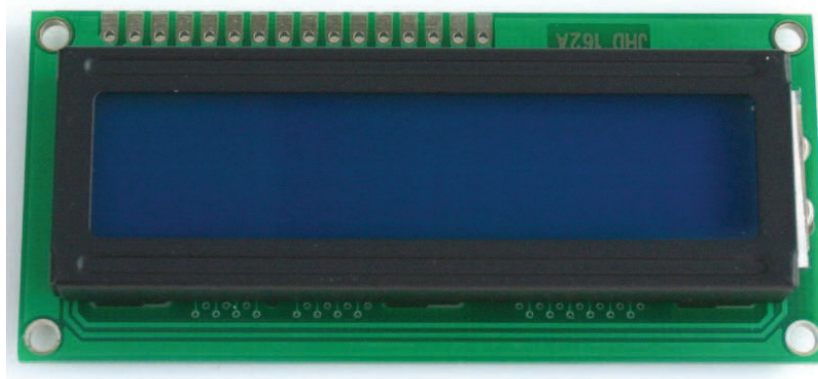
Las combinaciones de fase y de polaridad son a menudo numeradas y utilizadas por el protocolo SPI para la comunicación de maestro a esclavo. A continuación se presenta en la tabla 2.3, como CPOL el bit más alto y CPHA como el menor bit.

MODO	CPOL	CPHA
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

**Tabla 2.3** Modos del Reloj

### 2.1.5 DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO LCD

El prototipo utiliza una pantalla de cristal liquido o LCD (Liquid Crystal Display), el cual presenta caracteres, símbolos o incluso artificios (en algunos modelos), en este caso se emplea un LCD que dispone 2 filas de 16 caracteres cada una y cada caracter contiene una matriz 5x7 puntos (pixeles). El dispositivo contiene internamente un microcontrolador que maneja los parámetros de presentación. En la figura 2. 14 se muestra el LCD 2x16.



**Figura 2.14** Display de Cristal Liquido 2x16

➤ **CARACTERISTICAS PRINCIPALES LCD 2X16**

- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Kanji y Griegos.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- Proporciona la dirección de la posición absoluta o relativa del caracter.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- Conexión a un microcontrolador usando un interfaz de 4 u 8 bits
- DDRAM. Memoria RAM de 128 caracteres
- CGROM. Memoria ROM con 192 matrices de carácter de 5 x 7 y 192 matrices de 5 x 10

➤ **DESCRIPCIÓN DE PINES**

En la siguiente tabla 2.4, se muestra los pines del LCD 2x16.

PIN N°:	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	Vss	Tierra de Alimentación GND
2	Vdd	Alimentación de +5V
3	Vo	Contraste del cristal liquido. (0 a +5V)
4	Rs	Selección del registro de control/registro de datos: RS = 0 Selección registro de control RS = 1 Selección registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura: R/W = 0 Escritura R/W = 1 Lectura
6	E	Habilitación del módulo: E = 0 Módulo desconectado E = 1 Módulo conectado
7 al 14	D0 - D7	Bus de datos bidireccional

**Tabla 2.4** Descripción de pines del LCD 2x16

En el prototipo utiliza una conexión de 4 hilos, con el microcontrolador ATMEGA324P, quien controla dicho LCD 2x16, mediante el integrado Schmitt Triggers.

#### ➤ **DDRAM**

El dispositivo LCD contiene una parte de memoria RAM llamada DDRAM (Data Display RAM) donde se almacenan los caracteres que se van a mostrar en la pantalla.

Su capacidad es de 80 Bytes, 40 por cada línea, de los cuales solo 32 se pueden visualizar a la vez, en si 16 bytes por cada línea del LCD 2x16.

De estas 80 posibles direcciones dos son las más importantes:

- Dirección 00h, que es el comienzo de la primera línea
- Dirección 40h, que es el comienzo de la segunda línea

#### ➤ **CARACTERES DEFINIDOS EN LA CGROM**

El LCD contiene una memoria interna no volátil llamada CGROM donde se almacena una tabla con los 192 caracteres que pueden ser visualizados.

Cada uno de los caracteres tiene su representación a nivel de byte es decir de 8 bits. Para visualizar el caracter debe recibir el código correspondiente.

El LCD también permite crear nuevos caracteres de usuario que se guardan en una memoria RAM denominada CGRAM (Character Generator RAM)

#### ➤ **SCHMITT TRIGGERS**

El prototipo cuenta con un LCD 2x16 cuya alimentación es de 5V. El prototipo en cuestión, funciona con un microcontrolador ATMEGA324P, con un voltaje de alimentación de 3.3V, y cada una de sus salidas genera un voltaje de 3.3V en alto y 0V en bajo aproximadamente, entonces para que el LCD 2x16 entienda las señales del microcontrolador ATMEGA 324P se incluye, en la circuitería un Schmitt Triggers (7414).

El Schmitt Trigger es un circuito de dos estados, una entrada y una salida. El nivel en dicha salida cambia inmediatamente, cuando el nivel de entrada excede un valor definido. Este circuito es muy utilizado para el cambio de sinusoidales a ondas cuadradas.

Para entender su funcionamiento, un Schmitt Trigger tiene en su salida nivel bajo, y a su entrada se aplica un pulso cualquiera, cuyo voltaje suba poco a poco.

Al empezar colocando el pulso en la entrada, no existe cambio en su estado bajo de la salida; pero a cierto momento, la señal de salida, del Schmitt Trigger se invierte de estado, en sí al estado alto, y continúa así el pulso mientras se siga incrementando su voltaje. Al punto de cambio se lo conoce como POSITIVE GOING THRESHOLD (umbral en el sentido positivo).

En cambio ahora que el pulso comienza a bajar, a disminuir su voltaje. En algún instante la salida del Schmitt Trigger cambiará muy rápidamente, a nivel bajo original, a este punto se lo conoce como NEGATIVE GOING THRESHOLD (umbral en el sentido negativo).

Los puntos de cambio son distintos para el sentido positivo y para el sentido negativo de la señal de entrada, a esta diferencia se la conoce como histéresis. En este caso se utiliza un integrado 7414 y a continuación se indican las características de polarización y cambios de sentido del integrado.

#### ➤ **CARACTERISTICAS PRINCIPALES SCHMITT TRIGGER 7414**

- Voltaje de Polarización 5V a 5.5V
- Voltaje de salida Sentido Positivo 5V
- Voltaje de salida Sentido Negativo 0V
- Temperatura de Operación de 0°C a 70°C
- Voltaje Mínimo para llegar al Sentido Positivo 1.7V
- Voltaje de Mínimo para cambiar de Sentido Positivo al Sentido Negativo 0.9V
- Histéresis 0.8V
- 15 a 22 ns Tiempo de transición.

En resumen el prototipo utiliza el integrado 7414 Schmitt Triggers, para cambiar las señales enviadas desde el microcontrolador ATMEGA324P, hacia el LCD 2X16 para poder controlar dicho dispositivo, caso contrario el display no entendería las señales que envía el microcontrolador.

### **2.1.6 RS-232**

El estándar EIA/TIA 232 de la EIA, originalmente denominado RS232, describe los aspectos eléctricos, niveles de las señales, formato de los datos y mecánicos es decir, conectores. De una conexión serie entre lo que se denomina DTE (Data Terminal Equipment) que es el equipo donde se originan o reciben los datos, una PC, por ejemplo y un DCE (Data Circuit-terminating Equipment) que es el dispositivo encargado de convertir esos datos a un formato apropiado para su transmisión por ejemplo, un modem externo.

Esta norma fue creada originalmente entonces para describir cómo conectar un equipo tal como una PC a un dispositivo como un modem para la transmisión de datos. Con el paso del tiempo se fué generalizando su uso a otras aplicaciones que en rigor no están descritas, ni cubiertas por la norma original. De hecho, en la mayoría de los casos se usa sólo un subconjunto de las señales previstas y se conectan dispositivos de la más variada clase que no responden al comportamiento de un DTE o un DCE. Como entre el prototipo y la PC o en su defecto de estar conectado entre el prototipo y el dispositivo SIMON-VE

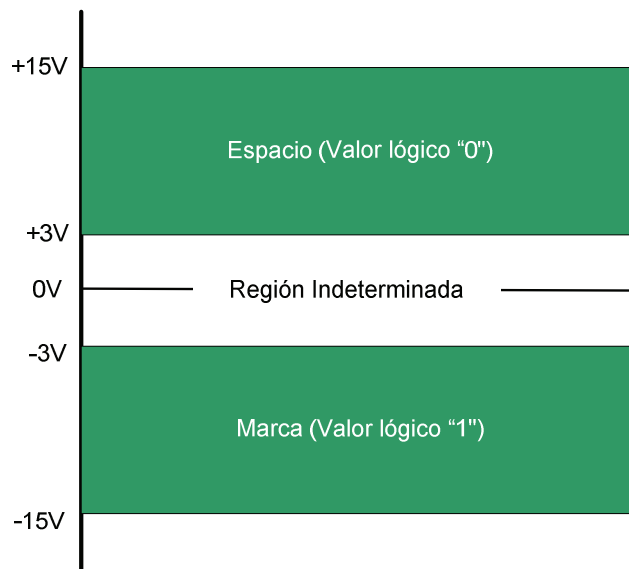
#### **➤ CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS SEÑALES**

En RS232, las señales tienen un voltaje mayor a 5V. Un valor lógico "1", también denominado "marca" se transmite como un voltaje negativo y un valor lógico "0", también llamado "espacio" se transmite como un valor de voltaje positivo, como se muestra en la tabla 2.4. Esta diferencia de tensión ayuda a que las señales tengan una mayor inmunidad al ruido.

Señales de datos	
"0" lógico o Espacio	+3V a +15V
"1" lógico o Marce	-3V a -15V
Señales de control	
"Off"	-3V a -15V
"On"	+3V a +15V

**Tabla 2.4** Valores de voltaje RS-232

Estos valores están representados en la figura 2.15.



**Figura 2.15** Valores de tensión de la señal RS-232

➤ **LONGITUD DEL CABLE**

En la norma original, se establece que la longitud máxima del cable es de 15 metros. Esta parte fué modificada en la versión "D"; en lugar de especificar la longitud máxima, se especifica una carga máxima. De esta manera, la longitud máxima del cable dependerá de la capacidad por unidad de longitud del mismo. Esto implica que si utiliza un cable con una capacidad más baja, se podrá cubrir una distancia mayor.

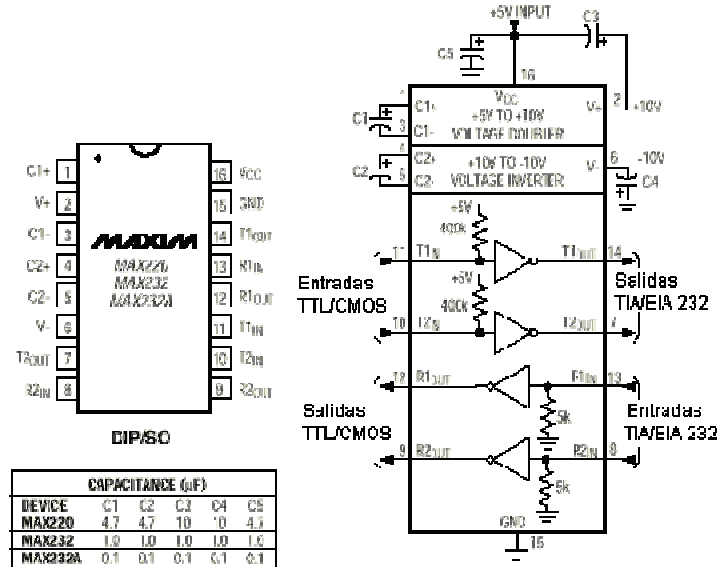
La longitud del cable depende también de la velocidad de transmisión. El valor citado en la parte anterior, es para la máxima velocidad de transmisión. Si la velocidad se reduce, se incrementa la longitud máxima del cable. En tabla 2.5 se muestran algunos valores:

<b>Baud Rate</b>	<b>Longitud máxima (pies/metros)</b>
19200	50/17
9600	500/167
4800	1000/333
2400	3000/1000

**Tabla 2.5** Distancia máxima en función de la Velocidad

### ➤ **CONVERSIÓN ENTRE NIVELES LÓGICOS Y TIA/EIA 232**

La conversión entre niveles lógicos (5V, 3,3V) y los niveles de tensión de la TIA/EIA 232 puede realizarse con una variedad de circuitos integrados diseñados específicamente para esa función, denominados drivers, o con transistores si no hay demasiadas exigencias. Uno de los drivers mas populares es el MAX232 figura 2.16 y sus derivados de distintas marcas. Una de las características sobresalientes de este driver es que se alimenta con la misma tensión que la lógica (5 o 3,3V) y tiene en su interior un circuito de "bomba de carga" para elevar e invertir la tensión y obtener así los valores adecuados para la transmisión.



**Figura 2.16** Pines, valores de capacidad y esquema de conexiones del MAX232

### 2.1.7 DISPOSITIVO SIMON-VE

El proyecto SIMÓN VE de la Escuela Politécnica Nacional, es un Sistema de Monitoreo Vehicular, cuenta con un módulo de comunicación, basado en la transmisión de datos vía SMS utilizando el core GSM, envía datos de posición, mediante la utilización de GPS, hacia un receptor, quién gestiona los datos recibidos.

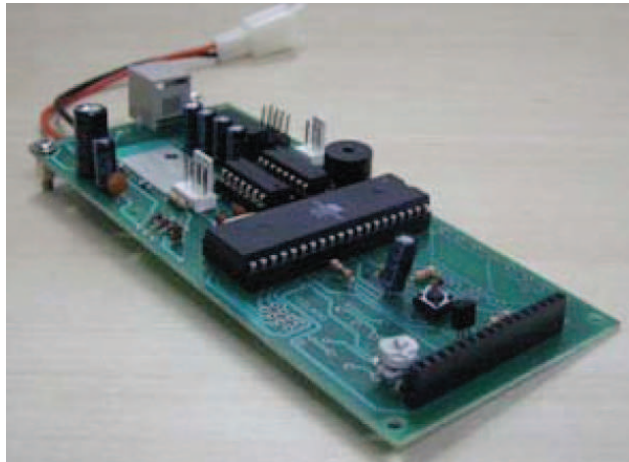
Las especificaciones técnicas de este dispositivo SIMÓN-VE son las siguientes:

- Voltaje de Alimentación de 12VDC es decir conectado con la batería del vehículo
- Un RJ12 conectado hacia un puerto RS232 full dúplex sin señales de handshake
- Cuenta con micro controlador ATMEGA324P
- Terminal de sonido (chicharra)
- Se puede añadir un LCD 2x16



Este dispositivo SIMÓN-VE elaborado por la Escuela Politécnica Nacional, utiliza el sistema de mensajería corta (SMS), a razón de la inserción en nuestro país por parte de la Tecnología Celular y sus ventajas de cobertura mayoritariamente.

En la siguiente figura 2.17 se observa la tarjeta del Proyecto SIMÓN-VE, que ayudará a comunicarnos inmediatamente con nuestro centro de gestión, si ese fuese el caso.



**Figura 2.17** Dispositivo SIMÓN-VE

#### ➤ **DESCRIPCION DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN RS-232**

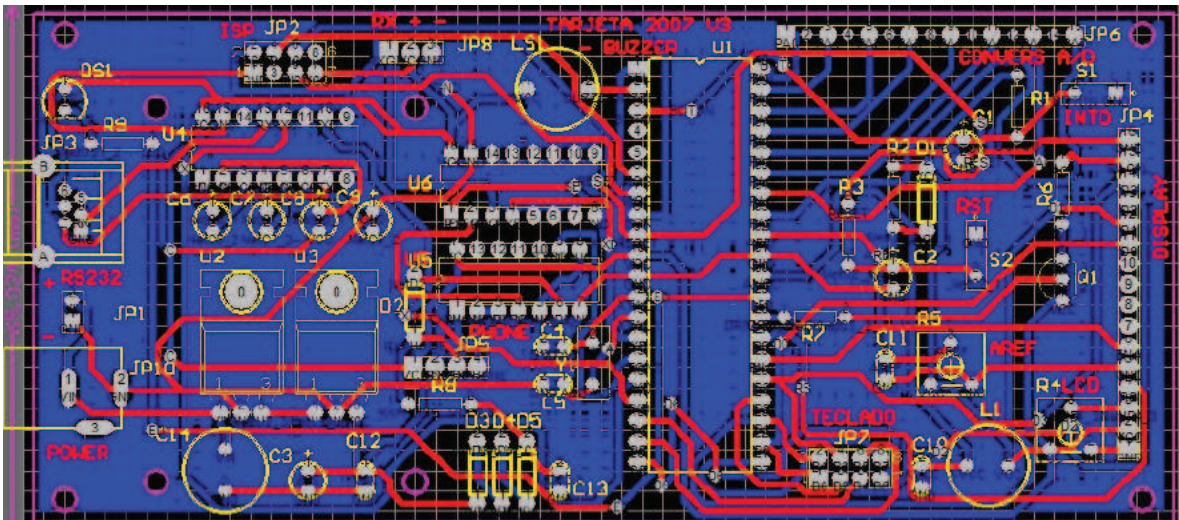
La tarjeta cuenta con un microcontrolador ATMEGA324P, cuenta con dos seriales (USART), uno de los cuales se lo conecta hacia un RS-232 y este sale al conector RJ12, esta salida y entrada es la que el Prototipo usando un Acelerómetro Tridimensional va a utilizar, gracias a la compatibilidad de ambos microcontroladores va a ser eficiente la comunicación y no habría problemas de atenuación o pérdida de información gracias al RS-232.

El SIMON-VE se conecta al Prototipo, de existir una indebida aceleración por parte del vehículo el prototipo Acelerómetro Tridimensional enviará una señal hacia el SIMÓN-VE, y éste a su vez utilizando la mensajería instantánea notificará al receptor lo que está sucediendo.

## ➤ ARQUITECTURA DEL DISPOSITIVO SIMON-VE

El hardware del dispositivo SIMÓN-VE, muestra la conexión con el teléfono móvil, que cuenta con dos líneas; tanto transmisión como recepción de datos y con alguna otra circuitería que permitirá al microcontrolador ATMEGA324P, manipular al móvil.

La manipulación del Móvil se la realiza, mediante la utilización de comandos AT. El teléfono móvil que utiliza el dispositivo SIMON-VE es Sony Ericsson T290A. En la figura 2.18 se muestra el esquemático de la tarjeta SIMON-VE.



**Figura 2.18** Esquemático de la Tarjeta SIMÓN VE

El programa en el microcontrolador, permite verificar si se encuentra conectado el teléfono, o el GPS que posee el dispositivo SIMON-VE, de esta manera se puede conocer si hubo algún problema a nivel de hardware mediante el software.

## 2.1.8 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

### ➤ FUENTE SWITCHING

Corresponde a la numeración MC33063A, de fuentes switching, cuyas características principales son que estas soportan un voltaje de entrada de 3V a 40V, una salida alta de corriente de sobre el 1.5A, un voltaje de salida ajustable, un oscilador sobre los 100KHz.

El MC33063A es fácil de usar, este dispositivo cuenta con toda la circuitería necesaria para diseñar convertidores DC. Estos dispositivos contienen una compensación de temperatura interna, un comparador, un oscilador, un controlador PWM con limitante de corriente.

A continuación en la Figura 2.19 se observa las conexiones básicas recomendadas por el datasheet, que se encuentra en el Anexo D, de este documento.

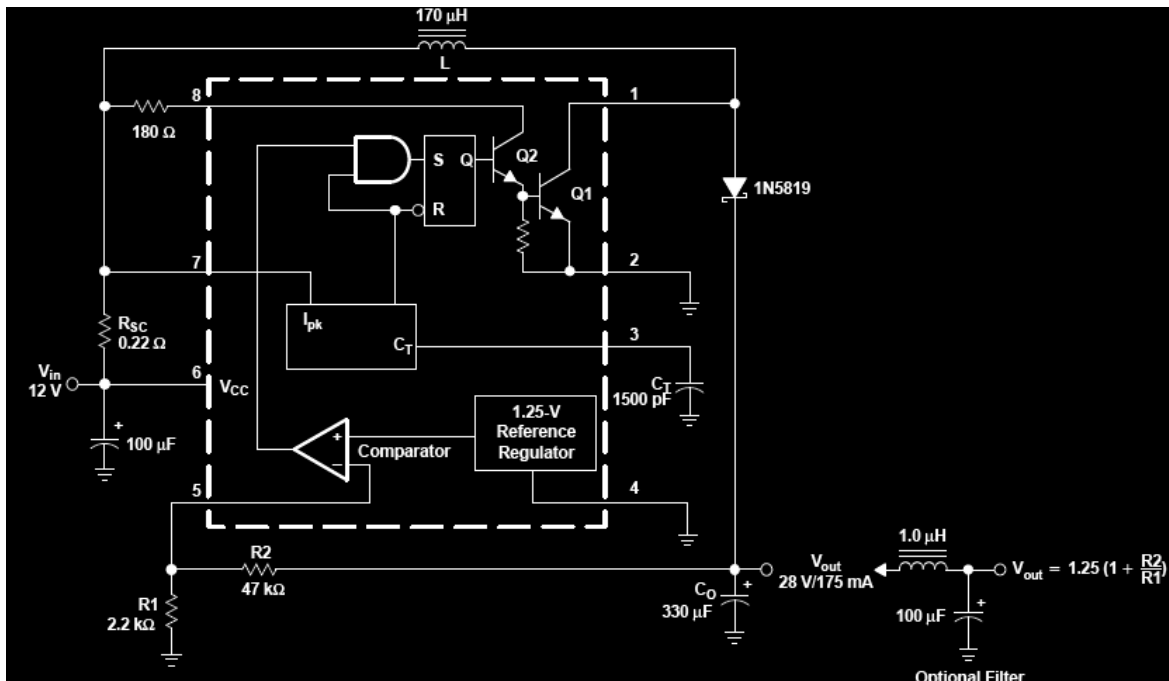
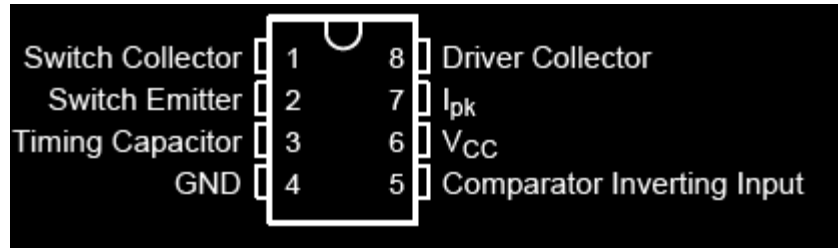


FIGURA 2.19 Diagrama Funcional de la Fuente.

En la figura 2.20 se muestra la distribución de pines del fuente MC33063A.



**Figura 2.20** Pines de la Fuente MC33063A

➤ **DISEÑO DE LA FUENTE**

Como se observa en la figura anterior acerca de la fuente switching, se muestran las conexiones básicas del dispositivo y también se muestra la fórmula necesaria para obtener el voltaje de salida deseado.

Con motivo de regular el voltaje de salida a 3.3V con una entrada de voltaje igual a 12V, el valor de las resistencias será R1 = 2.7KΩ Y R2 = 4.7KΩ

$$V_{out} = 1.25 \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right)$$

$$V_{out} = 1.25 \left( 1 + \frac{4.7K}{2.7K} \right)$$

$$V_{out} = 3.4$$

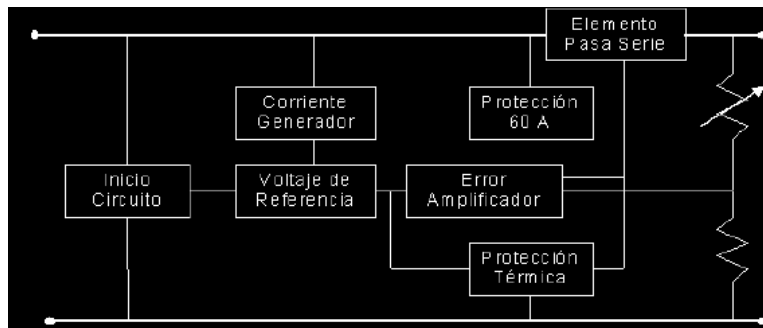
El diodo Shockley 1N5819, es un dispositivo con dos terminales: ánodo y cátodo. Está constituido por cuatro capas semiconductoras que forman una estructura pnpn. Actúa como un interruptor: está abierto hasta que la tensión directa aplicada alcanza un cierto valor, entonces se cierra y permite la conducción. La conducción continúa hasta que la corriente se reduce por debajo de un valor específico. Tiene rápida respuesta.

La Fuente Switching se utiliza en el prototipo, para alimentar al microcontrolador ATMEGA324P, al dispositivo Acelerómetro Tridimensional y a la Memoria Serial.

## ➤ LM 7805

Existen muchas maneras de lograr un voltaje estable, pero en general utilizan varios componentes discretos, lo que redundaría en un costo elevado, un diseño más complicado, y circuitos más grandes. La alternativa es utilizar algún regulador de tensión integrado, disponibles para casi todos los voltajes y para corrientes desde unas pocas centésimas hasta varios amperios.

Dentro de los reguladores de voltaje con salida fija, se encuentran los pertenecientes a la familia LM78xx, donde “xx” es el voltaje de la salida. Estos son 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18 y 24V, entregando una corriente máxima de 1 Amper y soporta consumos pico de hasta 2.2 Amperios. Poseen protección contra sobrecargas térmicas y contra cortocircuitos, que desconectan el regulador en caso de que su temperatura de juntura supere los 125°C. En la figura 2.21 se muestra el diagrama del regulador LM7805.

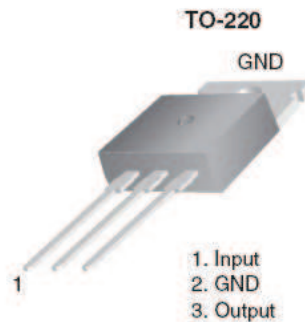


**Figura 2.21** Diagrama Interno del Regulador LM7805

El dispositivo debe entregar 1 Amperio de corriente de salida, pero para que esto ocurra es necesario un disipador de calor, de lo contrario solo se obtendrá una parte de la corriente, porque la temperatura a sido la máxima del dispositivo.

El dispositivo LM 7805 tiene un voltaje mínimo de 8V. De esta manera este dispositivo puede regular a los 5V. Brindando la corriente necesaria a la salida, el exceso de voltaje se lo disipará.

En la figura 2.22 se observa la distribución de pines correspondiente al regulador LM7805; el primer pin corresponde a la entrada, el segundo pin a tierra, y el tercer pin es de salida.



**Figura 2.22** Distribución de Pines del Regulador LM7805

La fuente de alimentación a 5V, se encarga en el prototipo, de alimentar en el prototipo, tanto al GPS, al integrado 7414, al LCD2X16 y al integrado MAX232.

## 2.2 MÓDULO SOFTWARE

El compilador que se utiliza en el microcontrolador ATMEGA324P, es BASCOM-AVR edición 1.11.8.8. El código fuente del programa TESIS\_ACE\_GPS, se encuentra en el ANEXO E, de este documento.

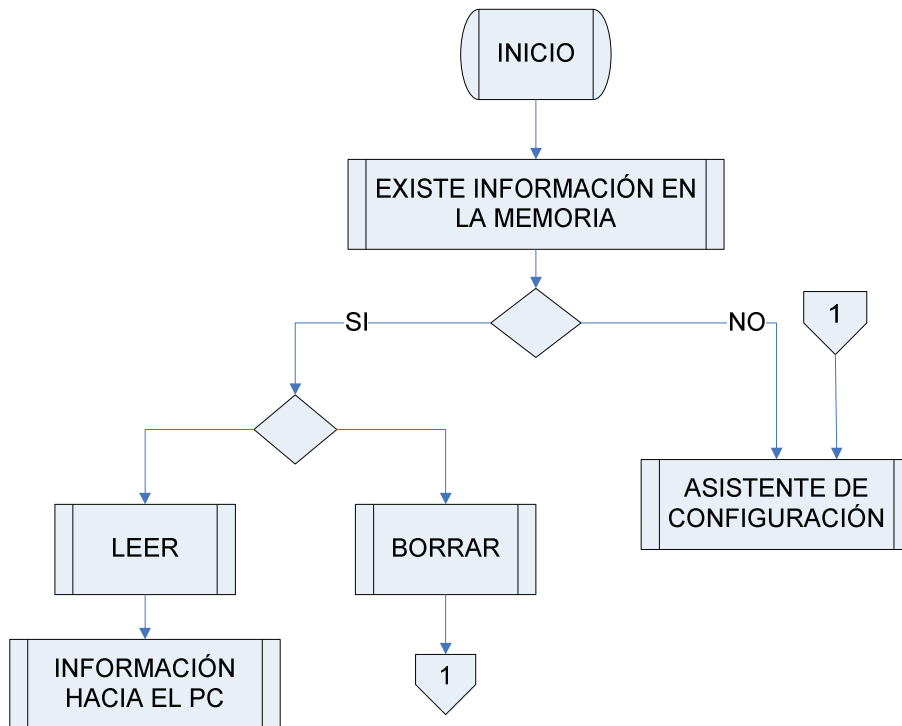
El módulo software del prototipo está dividido en 4 etapas:

- Verificación de Memoria Serial
- Asistente de Configuración (opcional)
- Censado
- Almacenamiento en la Memoria

A continuación se describe cada etapa del módulo software del prototipo.

## 2.2.1 VERIFICACIÓN DE MEMORIA SERIAL

El objetivo principal de la verificación de memoria serial, es que el usuario Administrador, conozca si en la memoria existe información guardada anteriormente, de esta manera no se perderá información importante. La información en la memoria serial se descarga mediante el hiperterminal del computador. En la figura 2.23 se muestra los pasos que ejecuta dicha verificación.



**Figura 2.23** Verificación de Memorial Serial

### ➤ BOTONES DE CONFIGURACIÓN

El LCD permite mostrar información de la configuración del dispositivo pero es necesario escoger dicha configuración, para lo mismo se utilizan tres botones conectados al microcontrolador ATMEGA324P, correspondientes a START-CONFIG-OUT respectivamente. De esta manera se puede configurar el dispositivo, en si las sensibilidades de gravedad y el tiempo de cada muestra que toma el dispositivo.

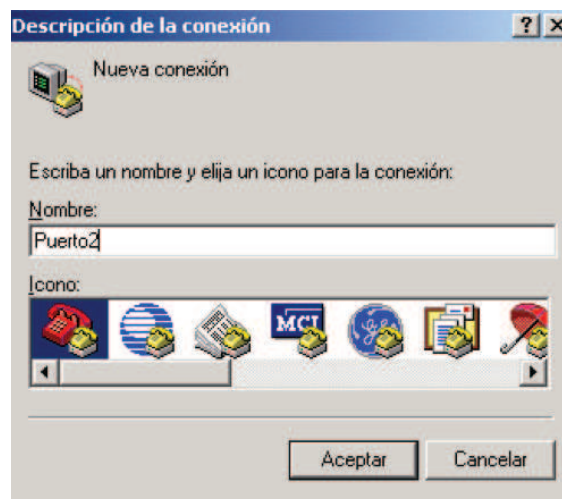
## ➤ COMUNICACIÓN CON LA PC

El programa Hiperterminal es un programa gratuito que se distribuye con los sistemas operativos de Microsoft. Permite la comunicación vía RS-232 con otros dispositivos (ordenador, equipo de medida, etc.). Como indica su nombre permite convertir al ordenador en un terminal del otro dispositivo con la siguiente funcionalidad: recibir información del dispositivo, o en nuestro caso específico se utiliza para recibir las TRAMAS\_ACE\_GPS, guardadas por el dispositivo.

A continuación se muestra, los pasos principales para habilitar el programa Hiperterminal que otorgue comunicación a través del COM2 a 9600 baudios, sin paridad, 1 bit de parada y sin control del flujo.

Primero es necesario ejecutar el programa Hiperterminal: INICIO -> PROGRAMAS -> COMUNICACIONES -> HYPERTERMINAL

A continuación se configura la ventana terminal bajo el nombre Puerto2 en este caso, después del arranque aparece la ventana de descripción de conexión. Indique que el nombre de la conexión en este caso Puerto2. Como se observa en la figura 2.24.



**Figura 2.24** Descripción de la Conexión



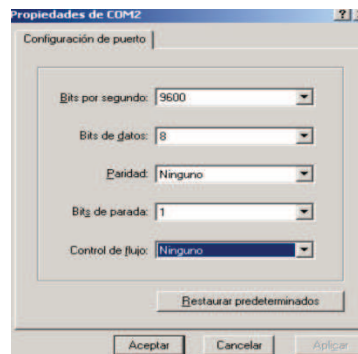
Después de la ventana de descripción aparece la ventana para indicar el puerto, ya sea el COM1 o el COM2. En este caso se escoge el COM2 solo para explicar la configuración, como se observa en la siguiente figura 2.25.



**Figura 2.25** Ventana para indicar el puerto de conexión

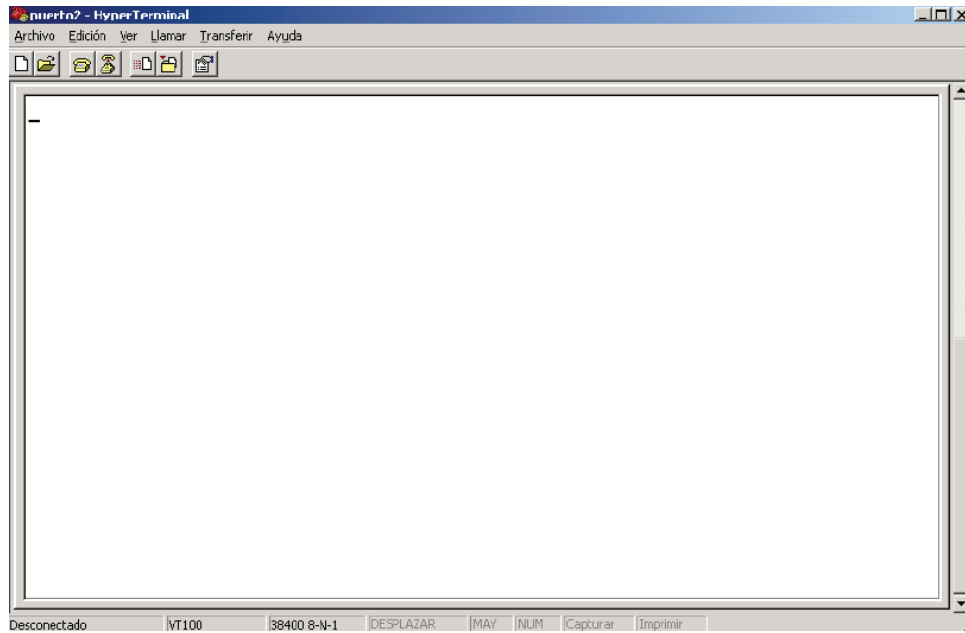
Al aceptar la ventana anterior, aparece la ventana de la figura 2.26, de configuración del puerto COM2. Indique la siguiente configuración:

- Bits por segundo: 9600
- Bits de datos: 8
- Paridad : Ninguno
- Bits de parada: 1
- Control de Flujo: Ninguno



**Figura 2.26** Configuración del Puerto

Una vez configurado aparecerá la ventana como muestra la figura 2.27. De ahí en adelante es cuestión del software “TESIS\_ACE\_GPS” el cual se encargará de mostrar la información que este recibió durante el tiempo que este haya estado funcionando.



**Figura 2.27** Ventana Terminal Puerto2

Una vez creada y configurada la pantalla de comunicación, se descarga la información en la Memoria Serial, se habilita dicha memoria, y mediante un arreglo continuo se envía la información de la memoria hacia el microcontrolador, y este a su vez mediante el transmisor 1 y del mismo, hacia la PC. Los upcodes utilizados se encuentran en la tabla 15.1 y 15.2 del Anexo C de este documento. Mediante comunicación Master-Slave SPI.

## 2.2.2 ASISTENTE DE CONFIGURACIÓN

En esta etapa del módulo software, se puede elegir la sensibilidad, ya sea 1.5g / 2g / 4g / 6g y el tiempo de muestreo del prototipo, cada 1min/2min/5min/10min. En caso de que no desee configurar y empezar inmediatamente el Censado, existen los valores de 1g y 1min preestablecidos en el programa TESIS\_ACE\_GPS. En la figura 2.28 se muestra la configuración.

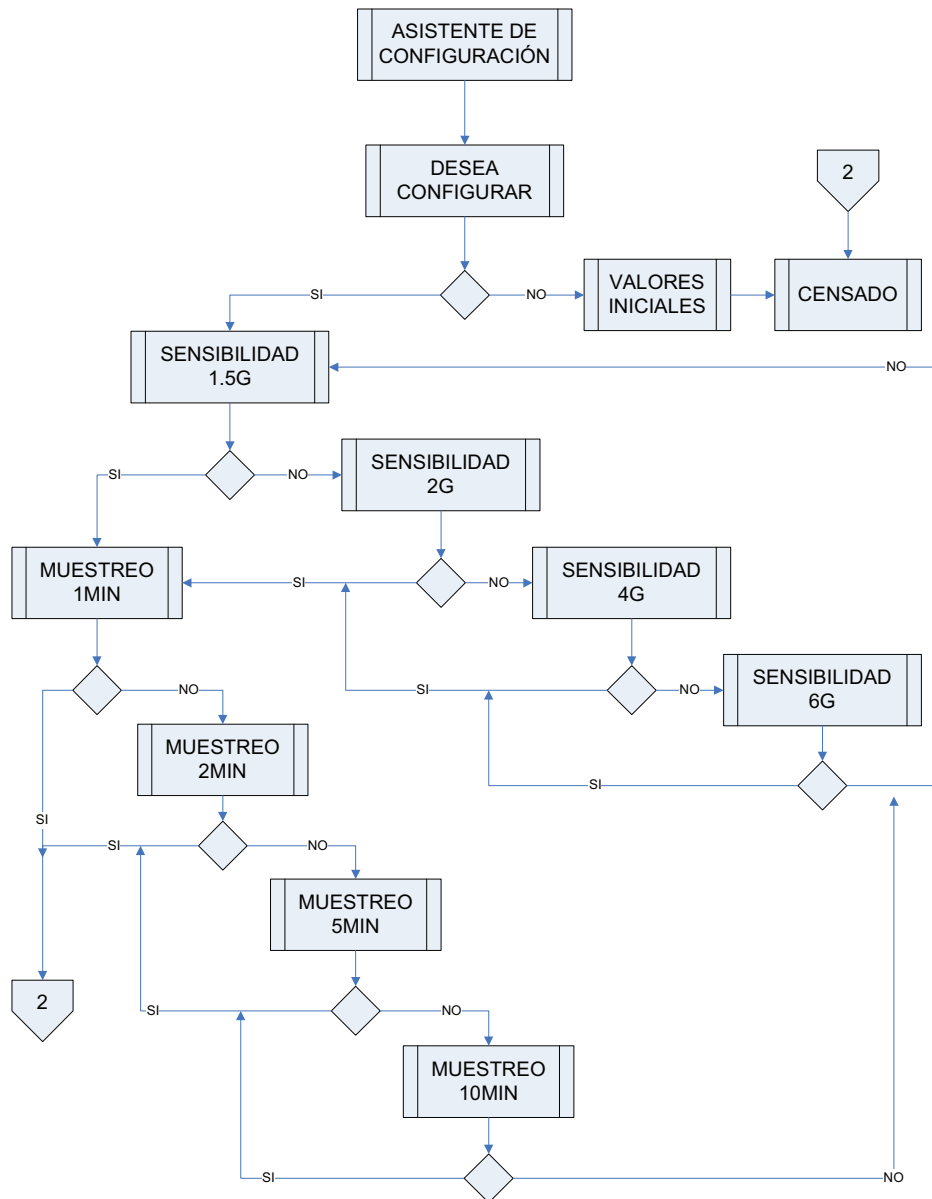
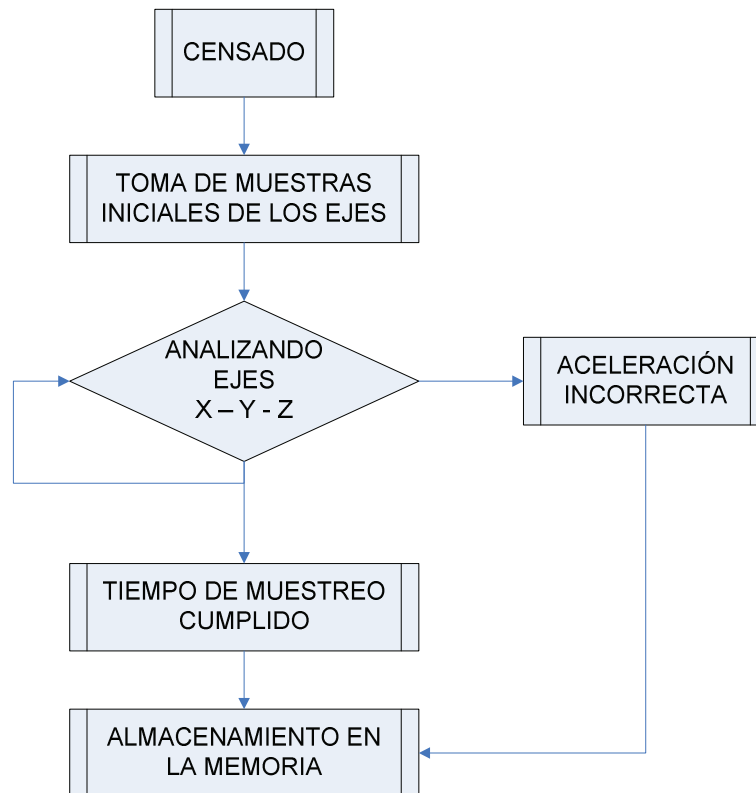


Figura 2.28 Asistente de Configuración

### 2.2.3 CENSADO

Es la parte más importante del módulo software, en donde, se hace un censo minucioso, en busca de una variación notable, por parte de alguno de los ejes, del dispositivo Acelerómetro Tridimensional. Cuando existe una Aceleración incorrecta por parte de alguno de los ejes o el tiempo de muestreo ha expirado, se procede a guardar la información censada. En la figura 2.29 se muestra el proceso.

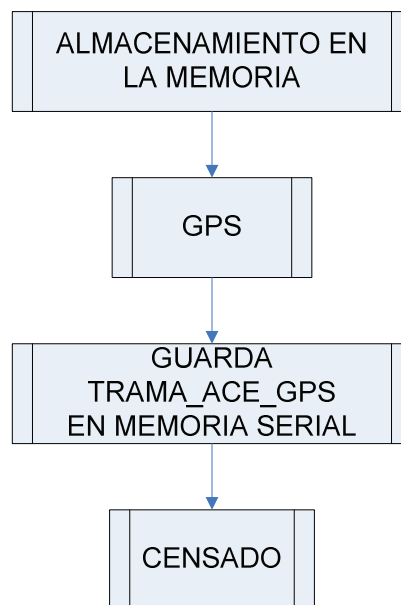


**Figura 2.29** Etapa de Cesado

El ADC del microcontrolador entrega un valor de cada nivel de voltaje, de las entradas X, Y y Z entre 0 y 1023, por los diez bits de precisión del convertidor, este valor se lo divide de acuerdo con la sensibilidad configurada, que se escogió anteriormente. De esta manera se obtiene el valor de la aceleración que sufre cada una de las entradas. El censo se lo realiza línea por línea, en un lazo finito.

## 2.2.4 ALMACENAMIENTO EN LA MEMORIA

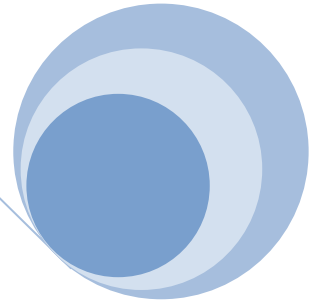
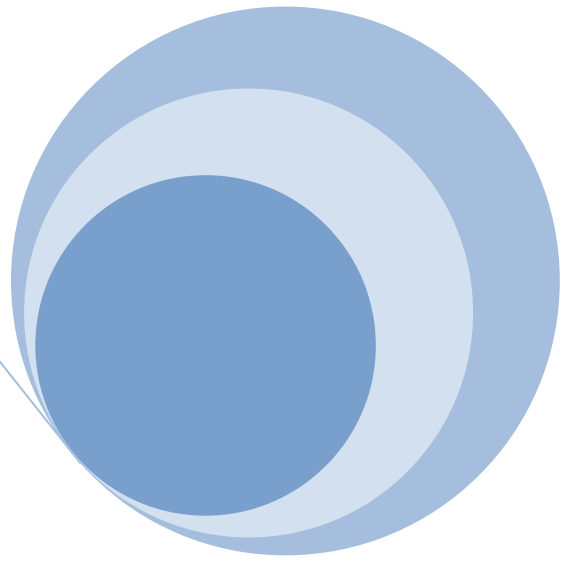
Para el almacenamiento en la memoria, se censa el dispositivo GPS y se almacena la trama \$GPRMC junto con la información de los ejes del dispositivo Acelerómetro Tridimensional. Esta nueva trama en el programa TESIS\_ ACE\_GPS, se denomina TRAMA\_ ACE\_GPS. Una vez almacenada, se regresa inmediatamente a la etapa de censado. En la figura 2.30 se observa el almacenamiento en la memoria.



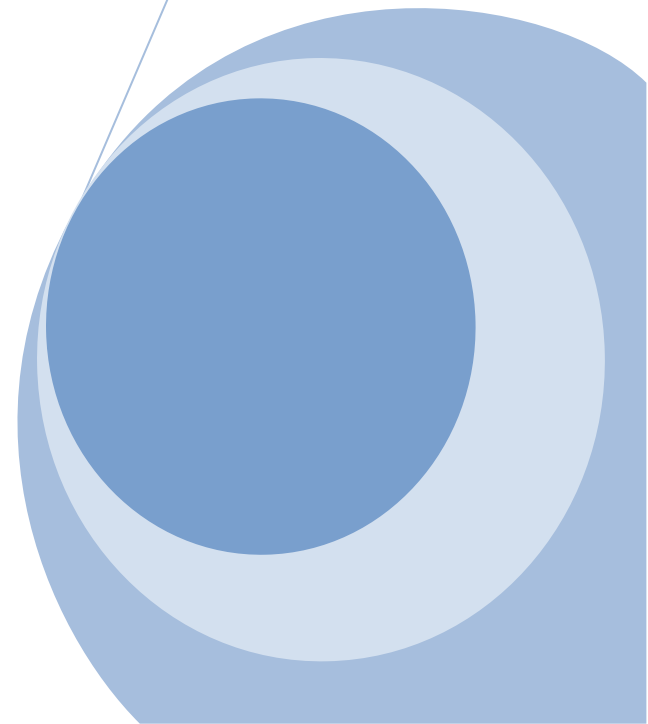
**Figura 2.30** Almacenamiento en la Memoria

Se habilita el receptor 2 del microcontrolador, por medio segundo, y se toma la trama \$GPRMC, de igual forma se habilita la memoria serial, el buffer deseado y se guarda la información, mediante los upcodes señalados en la tabla 15.1 y 15.2 en el ANEXO C de este documento. Mediante comunicación Master-Slave SPI.

Si se desea detener cualquier parte de las etapas, del módulo de software, existe un Pin del microcontrolador que permite salir hacia el menú de verificación de memoria serial, para detener el censado y leer o borrar la información almacenada.



**CAPÍTULO 3**  
**ACELERACIONES DE UN VEHÍCULO**



## **CAPÍTULO 3**

### **ACELERACIONES DE UN VEHICULO**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

A esto se puede añadir factores ambientales como lluvia, neblina, nieve, etc. Que como se sabe, no se presentan solos sino en conjunto. Conductores a los que, la rutina y el exceso de confianza, les lleva a perder el control cuando se sientan ante el volante. En casos específicos es necesario realizar alguna maniobra brusca a causa de otros factores aislados como peatones imprudentes, malo estado de las vías, o por causa de otros conductores.

En este capítulo se estudia las diferentes variaciones de aceleración que puede sufrir un vehículo, cabe resaltar que las variaciones de aceleración, que podrían ser acelerones ó frenazos bruscos de vehículos, son originados por quien está conduciendo en ese momento, las causas de estas variaciones de aceleración pueden tener relación con la irá, la agresividad, los trastornos transitorios producidos por el sueño, la fatiga y la ingesta de alcohol, son causas de pérdidas del control que se requiere para conducir un vehículo.

#### **3.2 DIFERENTES ACELERACIONES DE UN VEHICULO**

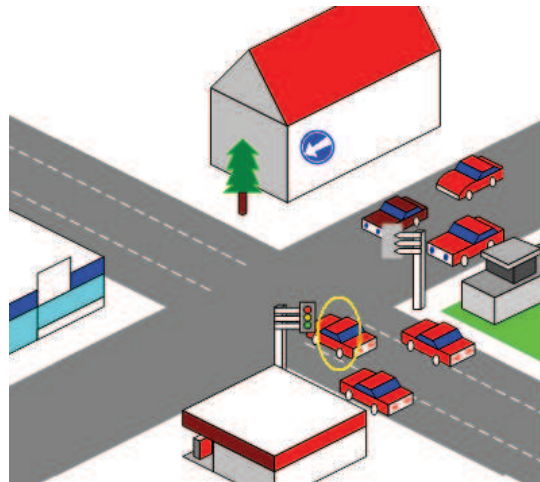
A continuación se enumeran varios fenómenos que sufren los vehículos y después se analizará conducir y al conductor. Con eso se tiene una visión más general de cómo y cuando pasan están aceleraciones.

- Acelerones Innecesarios
- Frenazos Bruscos
- Sacudidas del Vehículo

### 3.2.1 ACELERONES INNECESARIOS

Estos fenómenos se llevan a cabo, cuando un vehículo acelera repentinamente de manera innecesaria, por varias causas, pero lo principal es conocer que esto no es algo normal, en un vehículo, se pueden dar accidentes graves, con el pasar del tiempo el motor presentará daños, el desgaste de las llantas y con ello gastos en el mismo, por una mala conducción.

Como se observa en la Figura 3.1. El vehículo acelera bruscamente al cambiar el semáforo a verde, innecesariamente, este puede ser un ejemplo de un aceleron, que puede ocasionar accidentes, daños materiales y perjudica radicalmente la vida útil del motor.

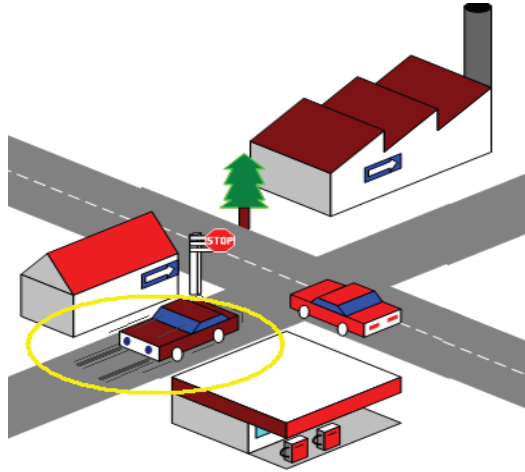


**Figura 3.1** Ejemplo de un Acelerón Innecesario.

### 3.2.2 FRENAZOS BRUSCOS

Al conducir un vehículo, este puede sufrir frenazos bruscos en ciertas circunstancias culposas o no culposas, en la Figura 3.2 se ilustra un ejemplo de un conductor que no respeta la señal de pare de las vías y frena bruscamente, el vehículo para no impactar con otro, que cruzaba por la vía preferencial.

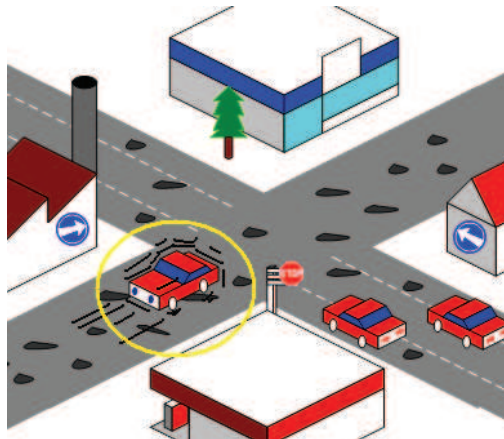




**Figura 3.2** Ejemplo de un Frenazo Brusco

### 3.2.3 SACUDIDAS DEL VEHÍCULO

A continuación se explica otra de las diferentes aceleraciones que sufre un vehículo cuando atraviesa por ejemplo una vía en mal estado a una velocidad que produce excesivas sacudidas en el vehículo. Como se observa en la figura 3.3. El vehículo está atravesando una intersección a una velocidad que lo obliga a sacudirse bruscamente, afectando tanto al conductor, como al motor y otras partes como el sistema de amortiguamiento del vehículo.



**Figura 3.3** Ejemplo de Sacudidas Bruscas

### **3.3 REGLAS GENERALES DE CIRCULACIÓN PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS DE MALAS MANIOBRAS**

#### **3.3.1 REGLAS DE SEGURIDAD**

Un vehículo es solamente una maquina que obedece las ordenes que les transmite, en forma de decisiones y movimientos. Cualquier alteración anímica en un momento determinado, provoca los errores o aciertos de ambos. Algunos conductores olvidan el tipo de vehículo que conducen ya sean pesados o no, olvidan estos factores y el exceso de confianza, les lleva a cometer errores por esta razón.

Los conductores no deben olvidar observar el entorno del vehículo, ciertos elementos que permiten observar la situación antes de realizar cualquier maniobra. Elementos como espejos retrovisores, los laterales y el interior, por lo que antes de realizar cualquier maniobra se debe observar estos elementos. Advertir una maniobra. La maniobra que se pretende realizar, se debe indicar con suficiente antelación y utilizando los indicadores de dirección, si se desea cambiar de dirección, o en su caso señalándola con el brazo.

La maniobra debe realizarse con precisión, sin vacilaciones y siempre sin obstaculizar, ni poner en peligro el resto de los usuarios, obligándoles a cambios de dirección o frenazos bruscos.

#### **3.3.2 ADELANTAMIENTOS**

Un adelantamiento es una maniobra que consiste en sobrepasar a otro vehículo, que circula en el mismo sentido pero con velocidad inferior, y adelante de nosotros. Esta maniobra es peligrosa, se debe extremar las medidas de seguridad antes de realizarla. En la actualidad, hay vías con varios carriles pero no son todas. La maniobra en si habrá que realizarse con rapidez, pero sin brusquedad, y con suficiente reserva de aceleración, adaptando el régimen de marchas a la misma. Hay que realizarla en tramos permitidos, no en curvas y con visibilidad suficiente.

Debe mantenerse una distancia adecuada respecto al vehículo que se pretende adelantar, ni muy cerca, ya que un frenazo brusco podría originar un choque, ni muy lejos, ya que la maniobra requeriría más tiempo.

Se debe tener una visión de la velocidad máxima en la vía por la que circulamos, para no sobrepasarla y originar una infracción. Cuando se decide, realizar la maniobra, se debe observar los espejos y informar al resto, de la maniobra que se va a realizar. Es muy importante regresar al puesto una vez rebasado al vehículo.

La maniobra debe realizarse por la izquierda y los demás vehículos deben facilitar la maniobra disminuyendo su velocidad para evitar algún accidente.

### **3.3.3 DISTANCIA DE SEGURIDAD**

La ley establece que todo vehículo que circula detrás de otro, debe tener una distancia que le permita detenerse en caso de un frenazo brusco, sin colisionar con él, teniendo en cuenta la velocidad, la condición de frenado y la adherencia. La distancia debe adecuarse a las condiciones de la vía y a las condiciones climatológicas, las cuales determinan la distancia aconsejable para circular con total seguridad.

La distancia de reacción es el tiempo, que pasa desde que el conductor percibe una situación en la que debe frenar hasta que pisa el pedal del freno. Ese tiempo depende del estado de conductor, de sus reflejos, del nivel de alerta, del cansancio o de si ha bebido alcohol.

### **3.3.4 LA VELOCIDAD**

La velocidad es considerada comúnmente como uno de los factores más determinantes en los accidentes con víctimas. En más de uno de cada tres, existe una velocidad inadecuada.

La relación entre velocidad y la inseguridad de circulación, tienen varios aspectos, relacionados, cuando la velocidad aumenta, disminuyen las posibilidades de recuperación de control del vehículo, en una curva, se incrementa la inseguridad

por el exceso de velocidad, en una intersección, la posibilidad de maniobras evasivas de urgencia, son muy bajas.

La gravedad de un accidente, aumenta con la velocidad con que se produce el impacto del vehículo, contra el obstáculo fijo o móvil o en el caso de vuelco.

Existen varios factores que afectan a la velocidad, los cuales se estudian a continuación.

### ➤ **EL COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR**

El conductor es el que decide sobre la velocidad que lleva el vehículo. Esta decisión está influida por diversos factores ambientales, características de la vía y del vehículo; pero también y sobre todo por la personalidad, la actitud y motivos personales del conductor.

En si los conductores más jóvenes conducen más deprisa, por ejemplo quienes llevan pasajeros conducen más despacio, los que circulan grandes distancias, tienden a conducir más deprisa.

### ➤ **LAS CARÁCTERÍSTICAS DE LA VÍA**

Los expertos afirman que la velocidad, se aumenta con la calidad de la vía, la regularidad superficial del pavimento y al ruido que perciben. El factor que más limita la velocidad es la curvatura de la misma, es decir, si es recta y se tiene visibilidad los conductores tienden a aumentar su velocidad.

### ➤ **LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS**

La niebla reduce la visibilidad en términos inciertos, y provoca reducciones de la velocidad algunas veces excesivas.

La lluvia reduce el rozamiento disponible entre el neumático y el pavimento, necesiándose una mayor distancia para detenerse.

## ➤ **AHORRO DE ENERGIA**

Mientras se circula, si se reduce la velocidad a un promedio de 70Km/h en carretera, se ahorraría un 25% de combustible, con lo que una disminución de la velocidad en carretera traería un ahorro económico y una bajada de la contaminación que provoca el vehículo.

### **3.4 REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD AL CONDUCIR UN VEHÍCULO.**

#### **3.4.1 FRENAR A TIEMPO**

En la conducción se requiere hacer un uso regular del freno, para disminuir nuestra velocidad, y a veces en determinadas ocasiones, se debe hacer uso especial cuando surge una situación de riesgo que se debe evitar.

Existen diferentes tipos de frenos, si se pisa a fondo el freno, el efecto inmediato será el bloqueo de las ruedas y un alargamiento de la frenada y consecuentemente perderá la dirección del vehículo, siguiendo este su propia inherencia.

Para evitar esta situación, la presión que se ejerza sobre el pedal habrá de ser siempre la misma sin llegar a fondo, de manera de evitar el bloqueo de las ruedas.

Otros frenos equipados con otros sistemas que no bloquean por completo las ruedas y no se pierde el control del vehículo, así el conductor puede maniobrar el vehículo.

#### **3.4.2 COMO TOMAR LAS CURVAS**

Al aproximarse a una curva se debe realizar un breve examen de sus características, ya que en función de su diseño se debe actuar.

Si se toma la curva acelerando, el peso del vehículo recaerá sobre el eje trasero, con lo que se perderá direccionalidad. Cuando el vehículo esté ya apoyado sobre

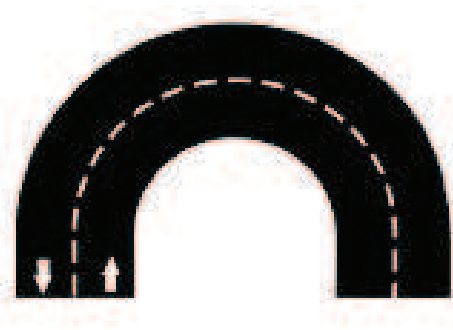
las ruedas exteriores es recomendable ir acelerando progresivamente hasta salir de la curva. No es aconsejable frenar una vez dentro de la curva.

Es necesario decidir la velocidad con la que se toma la curva, es necesario comenzar a frenar, con el pedal y utilizando las marchas inferiores, hasta llegar a una marcha ideal.

### ➤ **CURVAS CERRADAS**

Es recomendable acercar el vehículo al borde exterior del carril, mientras se modera la velocidad, cuando se tiene la salida de la curva a la vista, dirigir el vehículo hacia el vértice interior de la curva y acelerar al tiempo que se aproxima al vértice.

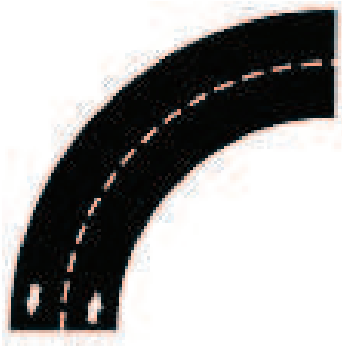
Un error podría costar muy caro, si se acerca demasiado al vértice interior podría terminar fuera de la carretera. A continuación en la figura 3.4 se observa la forma de dicha curva.



**Figura 3.4** Curva Cerrada

### ➤ **CURVA ABIERTA**

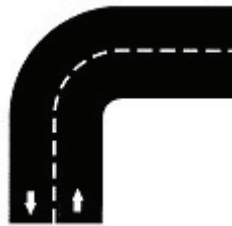
Como se muestra en la figura 3.5 es la más sencilla, se la puede encontrar en carreteras o pistas de buen trazado. Es recomendable acercar al vehículo, hacia el borde exterior del carril y salir acelerando hacia el exterior de la curva.



**Figura 3.5** Curva Abierta

➤ **CURVA EN ÁNGULO RECTO**

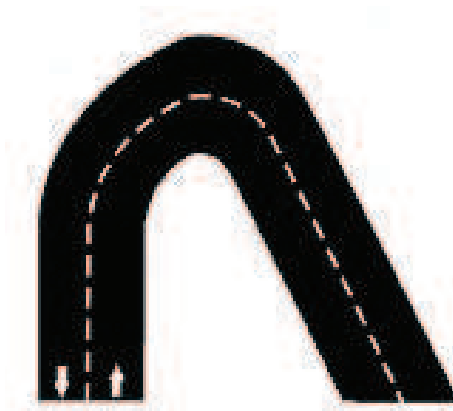
Ante una curva de 90°, la trayectoria a seguir con el vehículo es semejante a la que se realizó en una curva amplia, varía únicamente en el punto de entrada a la misma que se retrasa un poco respecto al caso anterior. Se muestra en la figura 3.6 una curva a 90°.



**Figura 3.6** Curva en Ángulo Recto

➤ **CURVAS DE DOBLE RADIO**

Hay que tener cuidado con este tipo de curvas y más cuando se cierran a medida que se avanzan en ella. El problema es un trazo equivocado, se puede tener una alta posibilidad de salirse de ella. Una forma correcta de abordar una curva de esta forma es abordar dicha curva por la parte exterior y cuando se observe la salida de la curva, girar hacia el punto interior y salir acelerando, al tiempo que busca la parte externa de la curva. En la siguiente figura 3.7 se observa este tipo de curva.



**Figura 3.7** Curva de Doble Radio

### **3.4.3 ESQUIVAR UN PELIGRO**

Al conducir no se está libre de que se presenten acontecimientos inesperados, como el cruce de un animal, que se puede presentar en la carretera. Por eso siempre se debe conducir en estado “alerta”.

Son varios los supuestos que se pueden producir y en los que se tiene que reaccionar para eludir el riesgo, de una colisión o una salida de vía, desde la presencia inesperada de un obstáculo, o la situación creada por no guardar las distancias de seguridad.

En una situación así, lo normal es que se esté frenando, por lo que, si se quiere que el vehículo obedezca, será necesario disminuir igualmente la presión sobre el pedal de freno, con lo que se conseguirá controlar la dirección del vehículo.

Manteniendo firmemente el volante, se realiza un giro progresivo, aumentando la velocidad de principio a fin. A continuación se efectúa un giro contrario rápido y corto de volante, para situarlo en su posición original, con lo que se consigue que el vehículo se estabilice.



#### **3.4.4 SALIR DEL DERRAPE**

Son diferentes los factores que pueden provocar que el vehículo derrape, por lo general un exceso de fuerzas provocadas por la aceleración, el frenado o el trazado de las curvas.

El deslizamiento del vehículo está causado por la disminución de la adherencia de las ruedas al terreno. Esta falta o disminución de la adherencia puede haber sido provocada por distintos factores. Entre ellos cabe destacar el exceso de velocidad, que el suelo esté mojado o sucio, excesiva presión en el inflado o desgaste de los neumáticos.

#### **3.4.5 FRENAR CON EL CAMBIO**

Una de las formas de disminuir la velocidad del vehículo es hacer uso de la caja de cambios. También conocido como freno motor, esta fórmula consiste en utilizar el par resistente del motor para reducir la velocidad del vehículo. El motor ofrece más resistencia en su giro cuando más altas son las revoluciones a las que gira.

Es importante que antes de reducir, a una marcha más corta, el vehículo debe haber disminuido su velocidad, ya que de lo contrario, al soltar el embrague el motor se pueda pasar de revoluciones.

### **3.5 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CONDUCTORES**

#### **3.5.1 TIPOS DE CONDUCTORES**

Estadísticamente la probabilidad de sufrir más accidentes de tránsito, se sitúa entre los 18 y 24 años, en segundo término a los mayores de 65 años.

En cuanto al sexo, los hombres registran mayor accidentalidad que las mujeres, y ello parece determinado por la mayor exposición al riesgo, ya que son más los conductores masculinos que los femeninos.

Otros aspectos que contemplan las investigaciones, y que explicarían quienes son más proclives a la siniestralidad, se orientan hacia su actitud frente al tráfico, por cuanto los conductores jóvenes, por regla general, no ven la actitud de la

conducción como peligrosa, tiene una menor percepción del riesgo, y tienen una excesiva confianza sobre sus posibilidades de controlar el vehículo.

Otro de los grupos de conductores de más riesgo, lo constituyen las personas mayores. A nadie se le puede escapar que la edad, va deteriorando las facultades físicas de las personas, aunque los avances de la medicina, permitan alargar cada vez las expectativas de vida. Nuestras facultades van disminuyendo y no se tiene la misma capacidad visual o auditiva.

En cuanto a la conducta, se pueden clasificar en función a la actitud frente al volante. Así existen conductores irresponsables, que no cumplen las normas de circulación, como ejemplo los límites de velocidad, conducir después de haber ingerido alcohol, no utilizar los cinturones de seguridad, etc. Otros serían los agresivos, los despreocupados, los descorteses, descuidados, y así unos cuantos más.

Hay conductores compulsivos, por ejemplo, esperar que el semáforo cambie de color para continuar. Al solo pasar a verde, ya tiene a un desesperado, dando bocinazos detrás de usted. En ese instante, esta persona se vuelve incontrolable. Estos conductores tienen las características de siempre querer hacerse notar.

Conductores agresivos conducen a altas velocidades y se enfurecen por cualquier motivo. Son los más irresponsables de todos.

Conductores pasivos, se caracterizan por evitar el enfrentamiento. Son precavidos y es importante para ellos llegar lo más seguro posible, sin importar la distancia del viaje.

Conductores tranquilos quienes se adaptan con facilidad a las condiciones y situaciones del camino.

### **3.5.2 EL ALCOHOL Y LA CONDUCCIÓN**

Cerca de un 33% de los accidentes con víctimas mortales se deben a los efectos del alcohol en la conducción. El alcohol es por tanto, la causa que más incidencia tiene en la accidentalidad, convirtiéndose de esta forma en una de las lacras más graves de las carreteras. El exceso de consumo de alcohol produce alteraciones físicas y psíquicas que perjudican gravemente a una conducción segura.

Son muchos los efectos que produce el alcohol en la conducción, a continuación va a describir algunos:

- Repercusiones en el comportamiento. El conductor adquiere una falsa seguridad en sí mismo e incluso en ocasiones un sentimiento de mayor capacidad para conducir, aumentando la tolerancia al riesgo.
- Incremento de las infracciones. El alcohol produce pérdida de captación de las señales y marcas viales.
- El alcohol afecta en el tiempo de reacción, ya que esta disminuye por causa del mismo.
- Cambios en el nivel de activación-alerta: Como depresor el alcohol hace que la fatiga muscular y sensorial sea mayor de lo normal, da lugar a una disminución de la alerta y la vigilia, el cansancio suele aparecer con bastante rapidez, así como los estados de somnolencia y las pequeñas pérdidas de conciencia en los estímulos de la carretera y del vehículo.

### **3.5.3 FACTORES PSICOLÓGICOS**

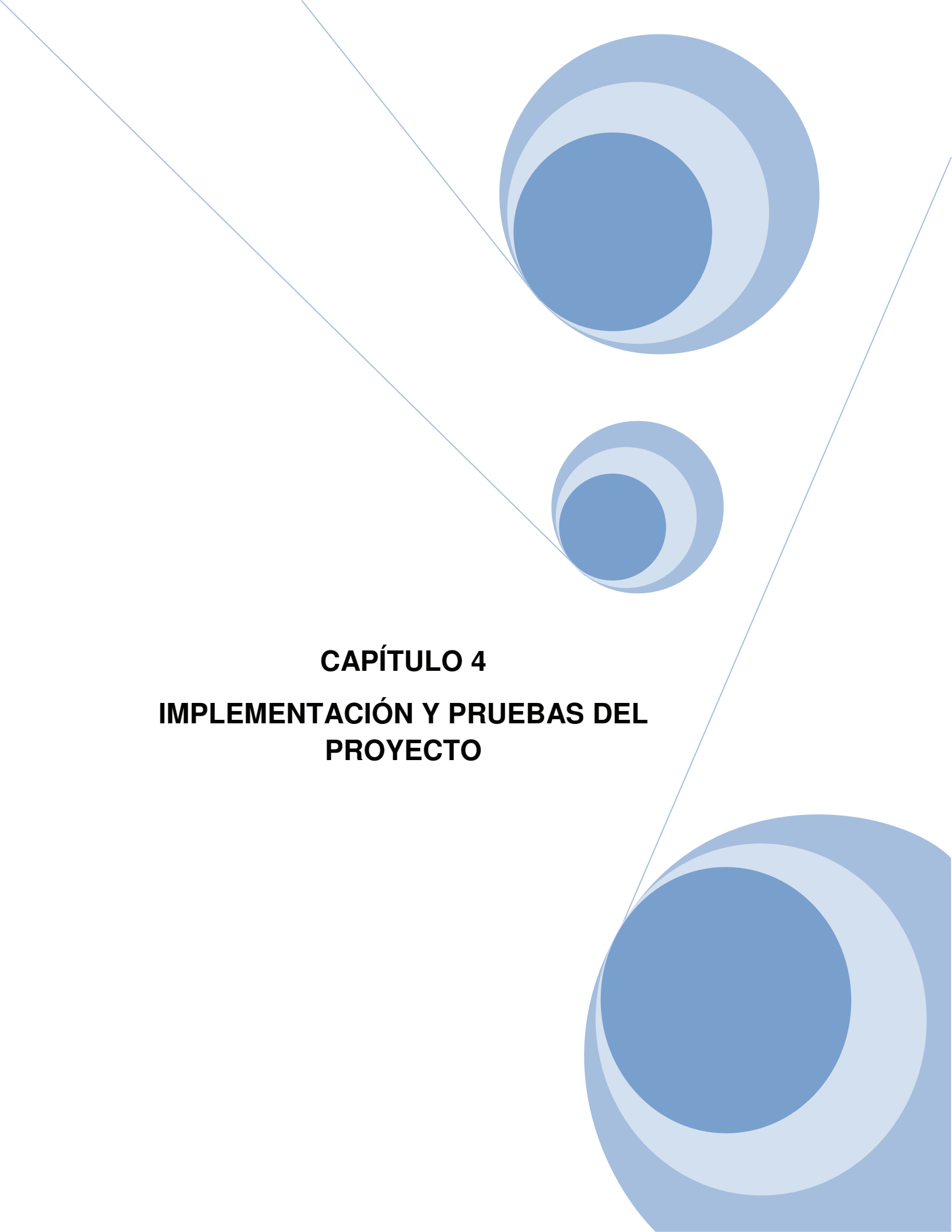
La personalidad de un individuo es un aspecto determinante de la conducta de la conducción. Tras un estudio, se llegó a la conclusión de que los factores que más influyen en los accidentes de tráfico suelen ser de tipo temperamental y de carácter. El mayor número de accidentados suelen manifestar cierta inmadurez de su personalidad, humor, actitud de riesgo, osadía, comportamiento arbitrario y descontento en alguna faceta de su vida familiar, laboral o personal.

Las enfermedades psíquicas tienen cada vez más auge en la sociedad, sin distinción alguna, por lo que se están convirtiendo en una auténtica epidemia. El estrés, la depresión, afectan cada vez más a la población y sin lugar a duda son enfermedades que tienen su incidencia en aquellos que son conductores.

#### **3.5.4 LAS DISTRACCIONES**

Son muchos los agentes externos que pueden motivar las distracciones, como pueden ser una señalización incorrecta o una excesiva concentración de señales en la carretera, pero también el mantener conductas interferentes (encender un cigarrillo, la radio, atender al teléfono móvil, etc.).

También hay factores internos que pueden llevar a la distracción y provocar una clara situación de riesgo, por ejemplo, buscar una calle, un bar, etc.

The page features a decorative graphic consisting of three overlapping blue circles of varying sizes, arranged in a diagonal line from the top right to the bottom right. The circles are composed of concentric layers of different shades of blue. Two thin, light blue lines intersect at the top left and extend diagonally across the page, framing the central text.

**CAPÍTULO 4**  
**IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL**  
**PROYECTO**

## **CAPÍTULO 4**

### **IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROYECTO**

En el siguiente capítulo se detalla el proceso de elaboración y ensamblaje de los diferentes componentes del Prototipo usando un Acelerómetro Tridimensional para la determinación de movimientos de un vehículo. El sistema completo, consta de dos partes. Un prototipo donde recibe la información y la almacena, otro el módulo vehicular el cual será el medio, donde se realizan las pruebas del proyecto.

Así mismo, se presentan el funcionamiento de la interfaz de usuario, como también una descripción, de pruebas de movimientos bruscos en el vehículo, para finalmente proporcionar los costos del proyecto.

#### **4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE**

El presente proyecto busca implementar un prototipo, en un módulo vehicular, donde se procederá a realizar pruebas correspondientes, para detectar las variaciones de aceleración, al conducir de manera inadecuada el vehículo.

Al fin de la implementación, se elaboran esquemáticos de los circuitos, tanto del dispositivo Acelerómetro Tridimensional como del prototipo completo, que permiten determinar la variación de aceleración en un vehículo.

#### **4.2 PROTOTIPO COMPLETO**

El prototipo recibirá la señal del GPS y censará de manera permanente el dispositivo Acelerómetro Tridimensional, de esta manera guarda información en la memoria serial, el momento de existir una aceleración inadecuada.

Consta de diferentes dispositivos como: el microcontrolador ATMEGA324P, el dispositivo Acelerómetro Tridimensional, entrada del GPS, memoria serial, display, botones de configuración y alimentación propia.

En la Figura 4.1 se observa el diseño de la tarjeta así como el esquemático y el hardware correspondiente al dispositivo Acelerómetro Tridimensional.

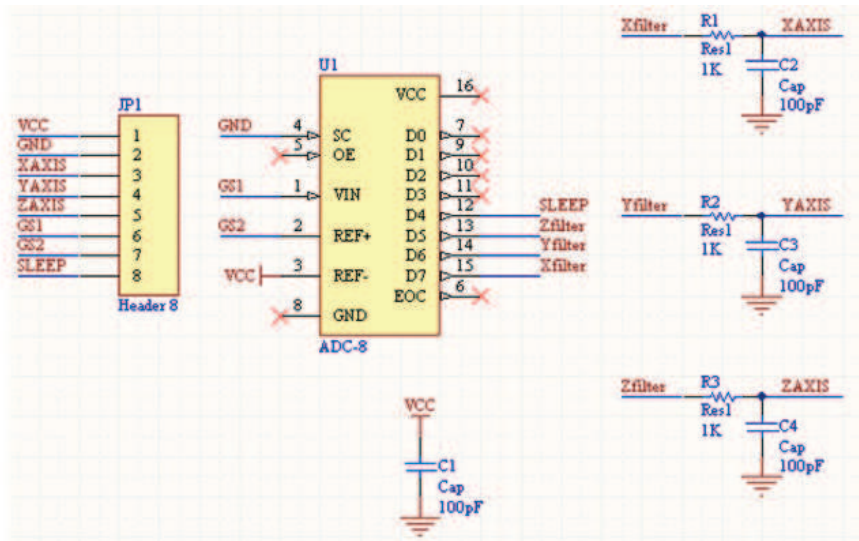


Figura 4.1 a) Diseño de la tarjeta correspondiente al Acelerómetro

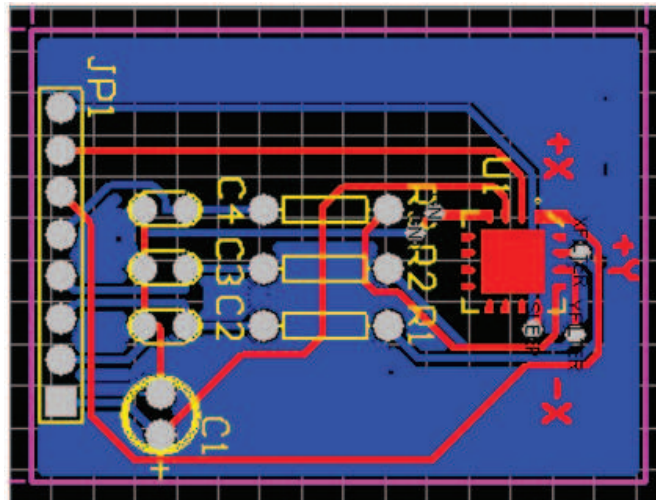
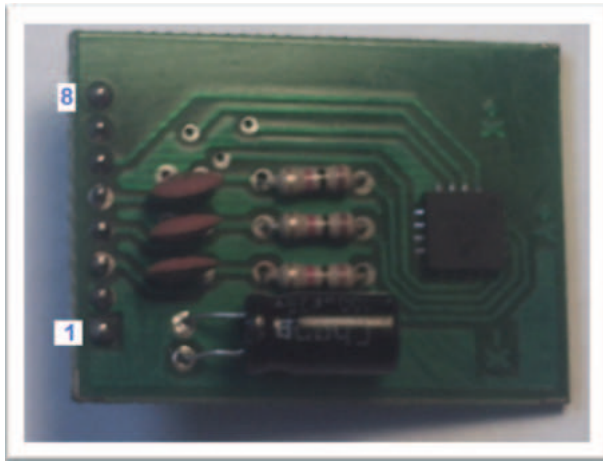


Figura 4.2 b) Esquemático correspondiente al Acelerómetro



**Figura 4.1 c)** Hardware del Acelerómetro

Como se observa el dispositivo Acelerómetro Tridimensional, se encuentra en una pequeña tarjeta, para un fácil reemplazo en caso de daño del dispositivo. En la tabla 4.1 se muestran los pines correspondientes.

Pin	Descripción
1	Voltaje de Polarización 3.3V
2	Tierra
3	Salida eje X
4	Salida eje Y
5	Salida eje Z
6	Selección GS1
7	Selección GS2
8	Sleep Mode

**Tabla 4.1** Descripción de la tarjeta del Acelerómetro



En la Figura 4.2 se observa el diseño de la tarjeta, el esquemático y el hardware del Prototipo.

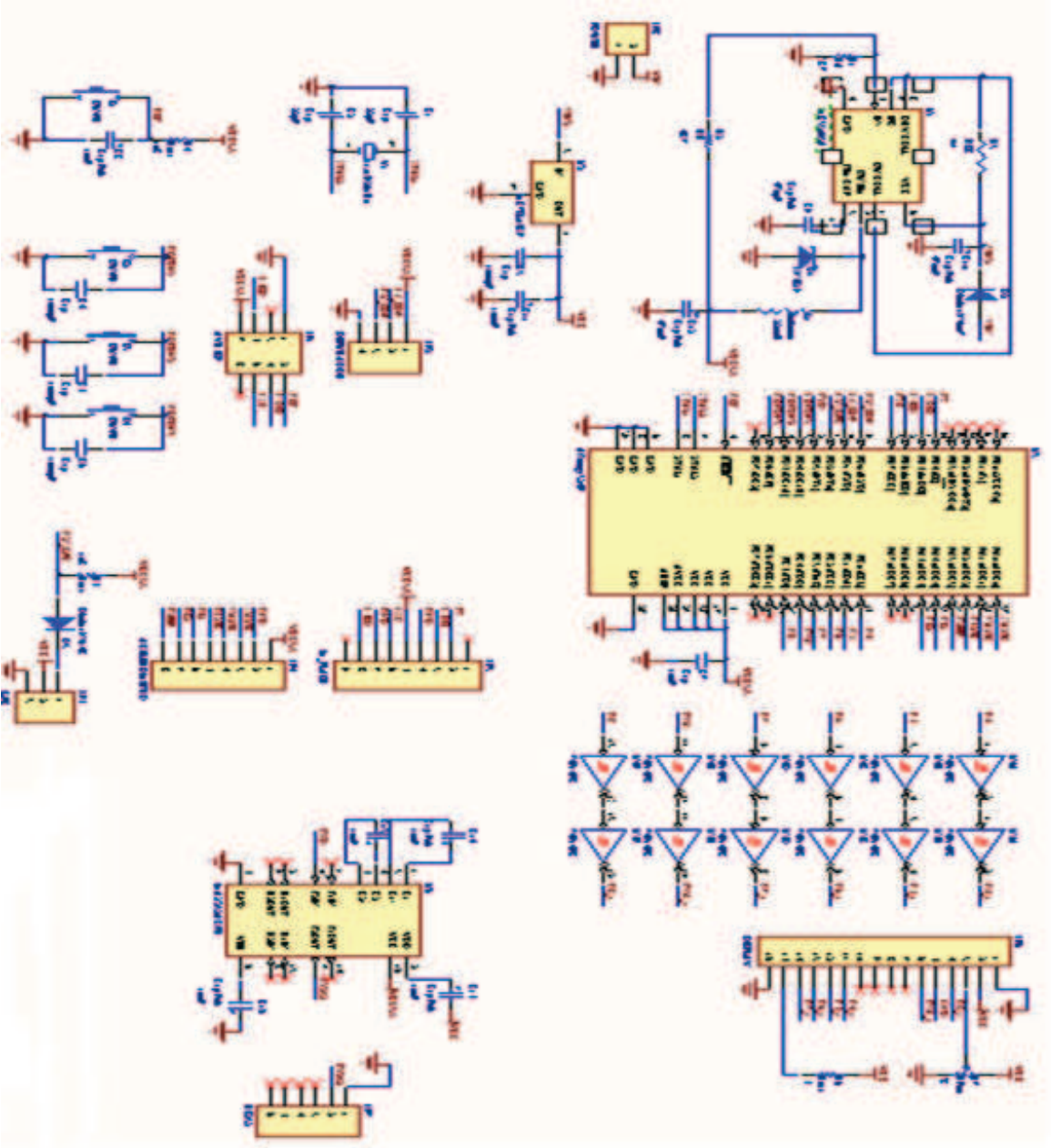
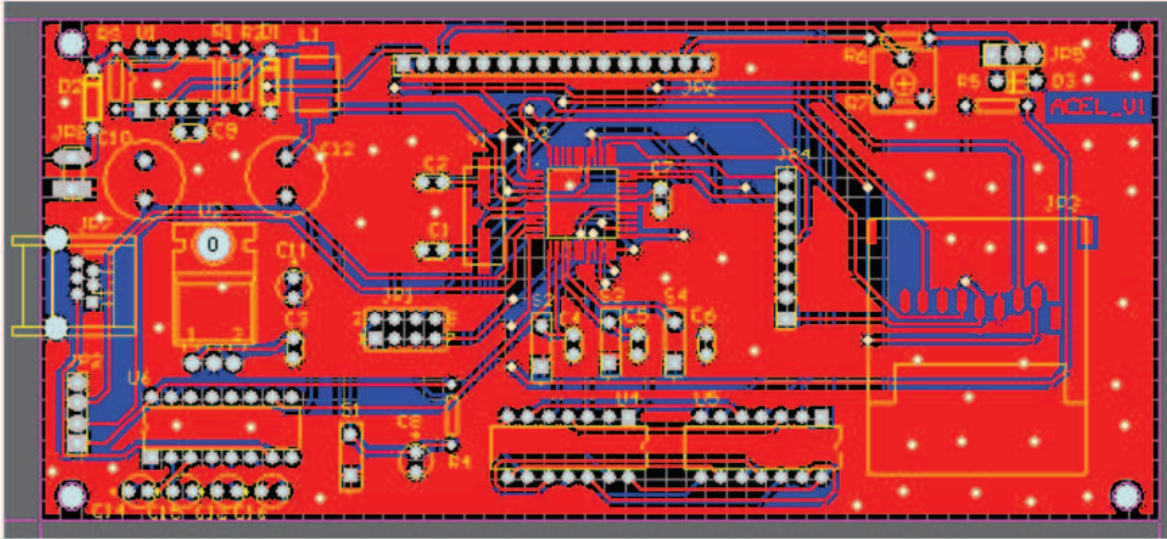
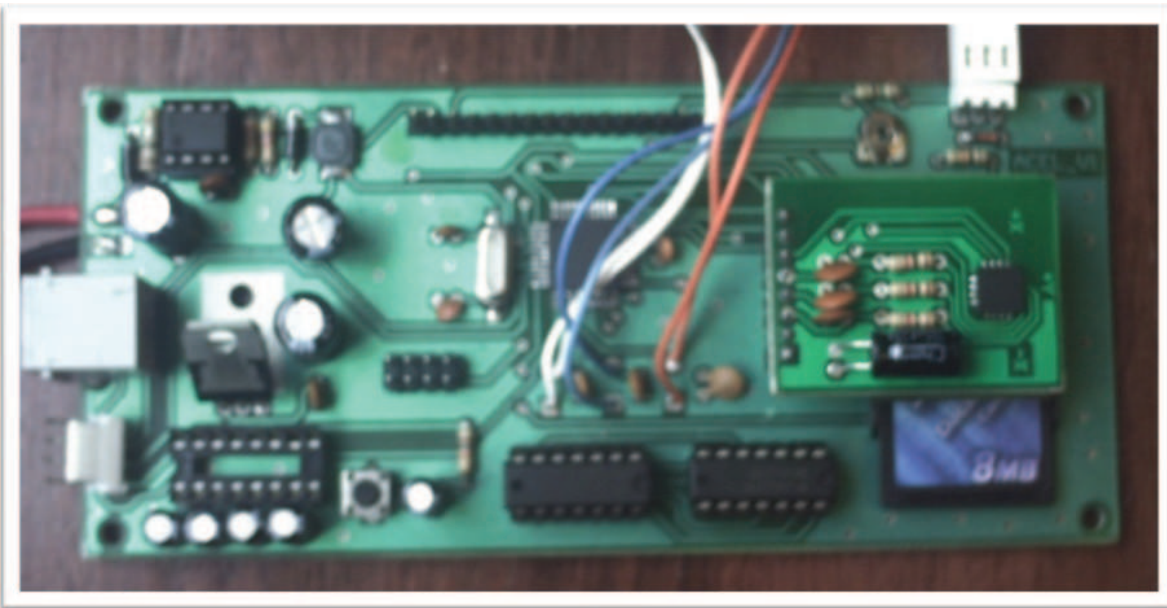


Figura 4.2 a) Diseño de la tarjeta del prototipo



**Figura 4.2 b) Esquemático de la Tarjeta del Prototipo**



**Figura 4.2 c) Hardware del Prototipo**

Para colocar el prototipo dentro del módulo vehicular, se utiliza una pequeña caja plástica, apta y mecanizada para el prototipo. Tal como se observa en la figura 4.3.



**Figura 4.3** Prototipo Mecanizado.

Es necesario configurar el prototipo, de acuerdo con la sensibilidad, el tiempo de muestreo, leer la información guardada, etc. Para esto se utilizan tres pulsadores START-CONFIG-OUT, en el Prototipo Mecanizado. De esta manera se tiene un fácil manejo del mismo. Si se desea parar en cualquier punto el censado se presiona el botón OUT. Como se observa en la figura 4.4.



**Figura 4.4** Pulsadores del Prototipo

### 4.3 MÓDULO VEHICULAR

El vehículo utilizado para las pruebas del proyecto es un Volkswagen Escarabajo del año 1974. A continuación se describe una breve historia del vehículo.

Llamado el "coche del pueblo", considerado el mejor vehículo del anterior siglo. Nació en la mesa de diseño del genial Ferdinand Porsche allá por 1935. El encargo de Adolf Hitler fue claro, un coche barato, de cuatro plazas y una robustez a toda prueba. El 28 de mayo de 1938 se presenta con Hitler de copiloto y Porsche al volante el primer vehículo construido por Daimler-Benz.

A partir de 1955 se fabricaron en México y Brasil. En ese tiempo se actualiza la carrocería y se modifica el motor, de los 1000cc aumenta a 1300cc y 1600cc. Se fabricaron hasta el 30 de julio de 2003, día en el que salió de la factoría Volkswagen de Puebla, el escarabajo 21.529.464, el último después de fabricarse durante casi 70 años. Se calcula que actualmente ruedan unos 10 millones de escarabajos por el mundo.

A continuación en la figura 4.5 se observa el vehículo utilizado en las pruebas del proyecto.



Figura 4.5 Módulo Vehicular

En la Tabla 2.2 se muestra las características físicas del vehículo utilizado en el presente proyecto.

<b>MARCA</b>	VOLKSWAGEN
<b>MODELO</b>	ESCARABAJO
<b>CLASE</b>	AUTOMOVIL
<b>TIPO</b>	COUPE
<b>COLOR</b>	ROJO
<b>PAIS ORIGEN</b>	MÉXICO
<b>CILINDRAJE</b>	1600
<b>TONELAJE</b>	0.75T
<b>PLACA</b>	PBX0176
<b>AÑO FABRICACIÓN</b>	1974

**Tabla 4.2** Características del Módulo Vehicular

#### 4.4 PRUEBAS DEL PROYECTO

Se describirán las pruebas correspondientes al funcionamiento del prototipo utilizando un Acelerómetro Tridimensional, para la determinación de movimientos en un vehículo. El prototipo se instala dentro del módulo vehicular con la configuración de ejes como se observa en la figura 4.6.



**Figura 4.6** Distribución Axial en el Módulo Vehicular

Para conocer como avanza el software existe la comunicación con la PC, es decir, permite observar al administrador del prototipo, en que parte del software se

encuentra el sistema. Se muestra como sigue avanzando el sistema, y que muestras va tomando el Prototipo. Esta comunicación se utiliza a continuación para mostrar de mejor manera como se va ejecutando el sistema del prototipo.

#### 4.4.1 INICIO DEL SISTEMA

A continuación se configura la sensibilidad y el tiempo de muestreo del prototipo de acuerdo con las características del módulo vehicular. En este caso se configura a 1.5G de sensibilidad y se toman las muestras cada dos minutos. Se observa estas configuraciones en la figura 4.7.



**Figura 4.7 a)** Configuración de la Sensibilidad



**Figura 4.7 b)** Configuración del Tiempo de Muestreo

```
<ESCUELA POLTECNICA NACIONAL  
<IMPLEMENTACION LEER SI EXISTE INFORMACION  
<LEER SENAL  
<MENU  
<GRAVEDAD= 248 MINUTOS= 2
```

**Figura 4.7 c)** Visualización de la configuración del prototipo mediante la PC

#### 4.4.2 CENSADO

Una vez configurado el prototipo, comienza la etapa de censado, después de tomar valores iniciales, para indicar si ocurre una indebida aceleración o que se agote el tiempo de muestreo del prototipo. En la figura 4.8 se observa esta etapa.



Figura 4.8 Etapa de censado del prototipo

El prototipo comienza a censar si el vehículo sufre aceleraciones incorrectas y de esta manera continúa su funcionamiento hasta que se decida leer o borrar la información que exista.

#### 4.4.3 FRENAZO DEL MÓDULO VEHICULAR

El módulo vehicular efectúa un frenazo, en ese momento el programa guarda dichos valores junto con la trama GPS, este procedimiento se lo observa mediante la comunicación con la PC. Como se muestra en la figura 4.9 a continuación.

```
<DATOS INICIALES
<GX=1.903225775 GY=1.947580574 GZ=2.189318007
<eje y , canal 1 VALOR DE GRAVEDAD GY= 0.504031894
<UNA TRAMA INMEDIATA
<ACARO
<$GPRMC,092205,A,0012.1179,S,07828.9881,W,027.2,200.3,150509,,,A*71,142,x=0.274193522,y=0.504031894,z=0.076612946INMEDIATA%
.....INMEDIATAMENTE GUARDAR.....
```

Figura 4.9 Frenazo del Módulo Vehicular

En la figura 4.9 se observa la aceleración incorrecta, de acuerdo con la ubicación de los ejes en el módulo vehicular, en este caso, es producto de un Frenazo del mismo. En el círculo remarcado de amarillo se observa el valor de la aceleración

indebida, que es de 0.504031894 G. En el recuadro azul se observa la TRAMA\_ACE\_GPS, la cual se procede a guardar en la memoria flash.

Esta trama cuenta con la información del GPS, es decir la posición y el momento exacto, además cuenta con el valor de la aceleración indebida cometida. Al final de la misma se encuentra la palabra INMEDIATA, la cual permite conocer, que la trama fue por una aceleración indebida, de no constar esta palabra, quiere decir que la trama se guarda por expiración del tiempo de muestra.

#### 4.4.4 ACELERAZO DEL MÓDULO VEHICULAR

Se produce un Acelerón en el Módulo Vehicular, de acuerdo con la distribución axial del prototipo, en el mismo, se ejerce una fuerza negativa la cual indica la dirección, dicha aceleración tiene un valor de -0.51612877G, en este punto se procede a guardar dicha información junto con la trama del GPS, en la memoria serial. Tal como muestra la figura 4.10.

```
<DATOS INICIALES
<GX=2.189516067 GY=2.57661247 GZ=3.770161149
<eje y , canal 1 VALOR DE GRAVEDAD GY= -0.516128777
<UNA TRAMA INMEDIATA
<ACABO
<GPRMC,092159,A,0012.0763,S,07828.9780,W,024.0,187.1,150509,,,A*76,142,x=0.100806471,y=-0.516128777,z=-0.673387047INMEDIATA%
<.....INMEDIATAMENTE GUARDAR.....
```

**Figura 4.10** Acelerón del Módulo Vehicular

Esta información se la observa gracias a que el prototipo se encuentra conectado con la PC, caso contrario no se lograría visualizar dicha información.

#### 4.4.5 SACUDIDA DEL MÓDULO VEHICULAR

El módulo vehicular cae en un hueco, bruscamente, el prototipo ha detectado esta aceleración de acuerdo con la distribución axial, esta aceleración corresponde a -0.709677454G, la cual se procede a guardar junto con la trama del GPS, en la memoria serial. Como se observa en la figura 4.11.



```

<DATOS INICIALES
<GX=2.189516067 GY=2.306451554 GZ=3.415322539
<eje z , canal 2 VALOR DE GRAVEDAD GZ= -0.709677454
<UNA TRAMA INMEDIATA
<ACABO
<$GPRMC,092146,A,0012.0070,S,07828.9633,W,012.3,175.0,150509,,A*7E,142,x=-0.157258032,y=-0.120967861,z=-0.709677454INMEDIATA%
<.....INMEDIATAMENTE GUARDAR.....

```

**Figura 4.11** Sacudida del Módulo Vehicular

#### 4.4.6 GUARDAR POR EXPIRACIÓN DE TIEMPO

Asimismo cuando el tiempo de muestreo ha expirado, y no han existido aceleraciones incorrectas, se procede a guardar una muestra de la TRAMA\_ACE\_GPS, esta trama solo guarda las aceleraciones cometidas en dicho instante, no indican que se han cometido aceleraciones incorrectas por parte del módulo vehicular. Como se muestra en la figura 4.12.

```

<DATOS INICIALES
<GX=1.548387047 GY=1.806451554 GZ=2.721774099
<ACABO
<$GPRMC,092208,A,0012.1394,S,07828.9883,W,027.7,181.7,150509,,A*74,142,x=0.629032134,y=0.504031894,z=0.076612946

```

**Figura 4.12** Guardar por expiración de tiempo

El tamaño de la trama TRAMA\_ACE\_GPS, varia en cuanto al número de bits almacenados, el numero de bits promedio es de 125 bits por trama, así en promedio el Prototipo puede almacenar aproximadamente 64000 tramas TRAMA\_ACE\_GPS.

#### 4.4.7 DESCARGAR EL DATA LOGGER

Una vez que se han tomado las tramas, y se han guardado en el prototipo, si se desea descargar la información de la memoria serial, es imprescindible la conexión con la PC como se muestra en la figura 4.13.



**Figura 4.13** Conexión con la PC

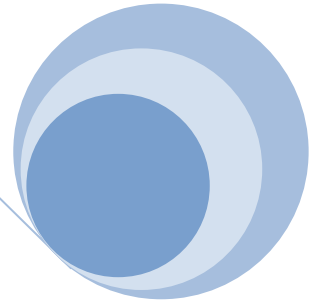
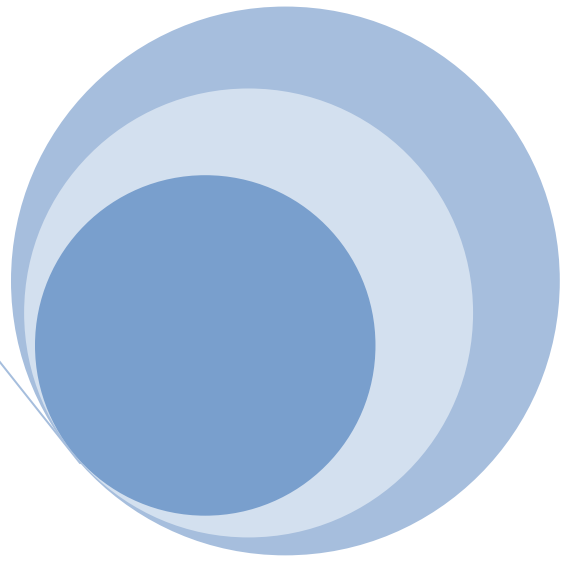


#### 4.5 DESCRIPCIÓN DE COSTOS DEL PROTOTIPO UTILIZANDO UN ACELERÓMETRO TRIDIMENSIONAL

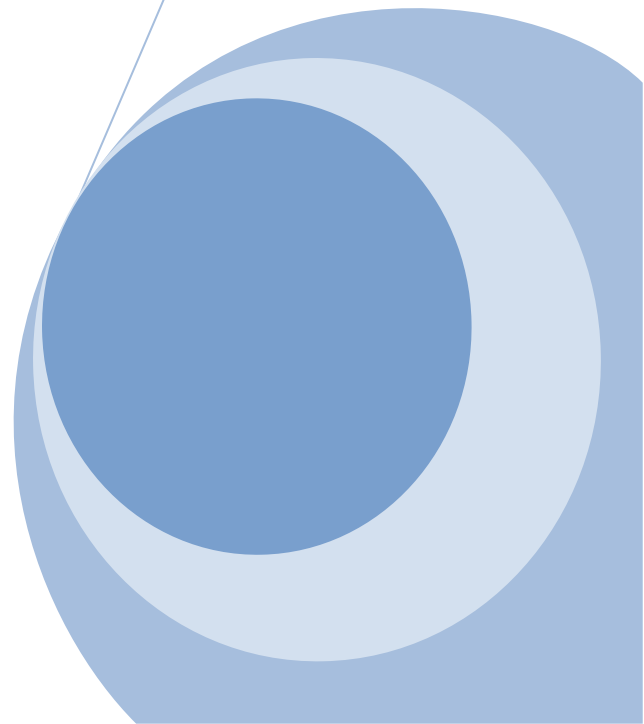
A continuación se detallan los elementos utilizados en el proceso de implementación del prototipo utilizando un Acelerómetro Tridimensional para la determinación de movimientos en un vehículo. Los cuales permiten calcular un valor muy aproximado para su producción unitaria.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
Acelerómetro Tridimensional MMA7260Q	1	\$ 22.00	\$ 22.00
Microcontrolador ATMEGA 324P	1	\$ 9.00	\$ 9.00
GPS Deluo	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Memoria Serial AT45DC008D	1	\$ 14.00	\$ 14.00
LCD	1	\$ 14.00	\$ 14.00
Fuente Switching MC33063AVP	1	\$ 3.00	\$ 3.00
Bobina SMD_BOBINA	1	\$0.90	\$0.90
Regulador LM7805	1	\$ 0.50	\$ 0.50
Schmitt Trigger LM7414	2	\$ 0.40	\$ 0.80
Pulsadores	3	\$ 0.40	\$ 1.20
Headers	8	\$ 0.30	\$ 2.40
Capacitores	20	\$ 0.30	\$ 6.00
Caja Plástica	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Varios	1	\$ 10.00	\$ 10.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 154.80</b>

En varios se encuentran resistencias y diodos, ya que estos materiales no necesitan una descripción más detallada. Falta la manufactura de las 2 placas, la placa del prototipo \$ 35.00 y la placa del Dispositivo Acelerómetro Tridimensional \$ 14.00. El costo total del prototipo es de \$203.80.



**CAPÍTULO 5**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que deja el proyecto después de diseñarlo, construirlo y probarlo en el vehículo, especifican que:

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Existen en el mercado en general elementos electrónicos probados y muy utilizados como el Acelerómetro Tridimensional cuyas características y facilidades de uso, permiten realizar el diseño y construcción de un prototipo para determinar acelerones en un vehículo.
- Al tener el prototipo la posibilidad de almacenar datos en un Data Logger, la información almacenada permitiría determinar parámetros de la conducción, esta información cuenta con el tiempo y lugar exacto gracias a la presencia del GPS, es decir datos georeferenciados, permitiendo un análisis de la información.
- Con el prototipo se tiene información de la forma de conducir por parte de un conductor en especial, esta información permite catalogar, calificar y sancionar a los conductores que presentan valores alarmantes de aceleraciones inadecuadas.
- Al conocer la aceleración junto con la posición, se puede crear zonas de alto riesgo, tal como curvas peligrosas, lugares donde se producen diversas variaciones de aceleración y tomar decisiones como, añadir la presencia de rompe velocidades o de ser necesario un semáforo, con la respectiva señalización de la carretera o vía.
- En un Acelerómetro de tres ejes (X,Y,Z), el eje X se debe colocar hacia los costados derecha e izquierda, a razón de su mayor sensibilidad, el eje Y hacia adelante y atrás, el eje Z hacia arriba y abajo.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario configurar la sensibilidad del prototipo, de acuerdo a la masa del vehículo, de esa manera el prototipo puede funcionar de mejor manera.
- Se recomienda hacer pruebas reales del prototipo en las diferentes escuelas de conducción, así obligar a los estudiantes a no cometer aceleraciones bruscas en el vehículo, de esta manera evaluarles y enseñarles a conducir de una manera pacífica y cordial.
- Se debería realizar pruebas con el prototipo colocado en los buses de Transporte Público, para conocer la forma de conducción de los señores profesionales del volante, de esta forma con la información recopilada poder evitar accidentes posteriores mediante la reducción de puntos según las nuevas leyes de tránsito o hasta el retiro indefinido de la licencia a conductores que presenten demasiadas malas maniobras (aceleraciones).
- Con la información recopilada y una buena gestión, se puede prevenir la mayoría de accidentes de tránsito, causados por los conductores mal intencionados.
- Se recomienda a la Escuela Politécnica Nacional, colocar el prototipo a pruebas en choques reales y así conocer cuál es la aceleración del impacto del vehículo, así como la aceleración que sufre el conductor y ocupantes. Estudiar los valores que afectan al cuerpo humano, de esta manera alertar a la comunidad de daños, trastornos y lesiones físicas por sufrir estas malas aceleraciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FRESSCALE SEMICONDUCTOR, Technical data, MMA7260Q, Accelerometer XYZ Axis, Quinta Edición pdf. Marzo 2008.
2. Acelerómetros de Capacitancia Variable, mayo de 2002.  
Disponibile en Internet:  
<URL: <http://archives.sensorsmag.com/articles/0502/55/main.shtml>>
3. ITP SENSOR WORKSHOP, MMA7260Q, MARZO 2006  
Disponibile en Internet:  
<URL: <http://itp.nyu.edu/physcomp/sensors/S/AccelerometerMMA7260Q>>
4. Hoja de características ATMEGA324P  
<URL: [www.datasheet4u.com/share\\_search.php?sWord=ATMEGA324](http://www.datasheet4u.com/share_search.php?sWord=ATMEGA324) >
5. Deluo GPS  
<URL: <http://www.deluoelectronics.com/customer/product.php?productid=99>>
6. Integrado LM7805  
<URL:[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/L/M/7/8/LM7805.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/M/7/8/LM7805.shtml)>
7. Memoria Serial  
<URL:[http://www.datasheet4u.com/share\\_search.php?sWord=AT45DB642D](http://www.datasheet4u.com/share_search.php?sWord=AT45DB642D)>
8. Club de Automovilistas, Seguridad Vial, Marzo 2009
9. Tutorial Bascom AVR  
<URL: <http://avrhelp.mcselec.com/bascom-avr.html>>