



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS APLICADAS
Y TECNOLOGÍA AVANZADA UNIDAD LEGARIA.**

“Sistema de Medición Volumétrico a Distancia”

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
Maestro en Tecnología Avanzada.**

PRESENTA: MARIA TERESA ZAGACETA ÁLVAREZ.

México D. F., Diciembre de 2006.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Secretaría de Investigación y de Posgrado

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de México el día 12 de diciembre del año 2006 el (la) que suscribe Maria Teresa Zagaceta Álvarez alumno (a) del Programa de Posgrado en Tecnología Avanzada con numero de registro A050198, adscrito a CICATA –LEGARIA, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. en C. Vicente Mayagoitia Barragán cede los derechos del trabajo intitulado “Sistema de Medición Volumétrico a Distancia”, al Instituto Politécnico Nacional para fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deberán reproducir textualmente, graficas y/o tablas del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Esto puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección mtza79@yahoo.com.mx Si el permiso se otorga el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo

Maria Teresa Zagaceta Álvarez

Nombre y Firma



ÍNDICE GENERAL

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.	1
1.1.1 Medidas De PEMEX Contra El Robo De Combustible.	2
1.1.2 Verificación De Gasolineras Por PROFECO.	3
1.2 Objetivo General.	5
1.2.1 Objetivos Particulares.	5
1.3 Justificación.	5
1.4 Planteamiento del problema.	7
1.5 Hipótesis	7
1.6 Metodología.	8
1.7 Limites y Alcances	9
1.8 Conclusiones.	10
2.- MARCO TEÓRICO	11
2.1 Telecomunicaciones	11
2.1.2 Clasificación Según El Medio De Propagación.	11
2.1.3 Estructura Básica De Un Sistema Celular.	12
2.1.4 Tipos De Radio Canales	13
2.1.5 Red De Telefonía Móvil Digital.	14
2.2 Fundamentos De Señales Analógicas Y Digitales.	15
2.2.1 Sistemas De Comunicación.	16
2.2.2 Señal Analógica Vs. Señal Digital.	18
2.2.3 Conversión Analógico-Digital.	19
2.2.4 Modulación Y Demodulación.	22
2.3 Microcontroladores.	23
2.3.1 Tipos De Arquitectura De Los Microcontroladores.	23
2.3.2 Características De Los Microcontroladores.	24
2.4 Transmisión De Datos.	30
2.5 Conclusiones.	31
3.- DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICO A DISTANCIA	32
3.1 Investigación De Campo.	32
3.1.1 Funcionamiento Del Sensor De Nivel De Combustible. Actual.	32
3.1.2 Línea De Conducción.	33
3.1.3 Medición De Voltaje En La Batería.	33
3.2 Diseño Del Sistema De Medición De Combustible.	34
3.2.1 Sistema de Transmisión.	35
3.2.2 Configuración de Convertidor Analógico Digital (ADC).	36
3.2.3 Transmisión De Datos.	44
3.2.4 Sistema de Recepción.	47
3.2.5 Escala	48
3.2.6 Conversión de Binario a Binario Decimal Codificado (BCD).	49
3.2.7 Despliegue De Datos	51
3.2.8 Materiales	52
3.3 Circuitos Electrónicos.	53
3.4 Medición De Combustible Utilizando Celular	58
3.5 Conclusiones	59



ÍNDICE GENERAL

4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
4.1 Análisis De La Conversión Del ADC.	60
4.2 Análisis De Circuito Convertidor De CC a CC.	62
4.3 Análisis Del Enlace De Comunicación Por LED's Infrarrojos.	63
4.4 Análisis Del Enlace De Comunicación Utilizando Celular.	67
4.5 Conclusiones	67
5.- COSTOS	68
5.1 Estudio De Mercado.	68
5.1.1 Mercado Local	68
5.1.2 Situación Del Mercado	69
5.1.3 Proyección De La Demanda	69
5.1.4 Costos Del Sistema De Medición Utilizando LED's Infrarrojos	70
5.1.5 Costos Del Sistema De Medición Utilizando Celular	73
CONCLUSIONES GENERALES	75
REFERENCIAS	76
Anexo 1. Código de sistema de transmisión	79
Anexo 2. Código de sistema de receptor	84
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE GRAFICAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
GLOSARIO	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Fotografía de un patrón volumétrico o “jarra” para verificación del despacho de combustible.	3
Figura 1.2 Fotografías del Módulo Electrónico de Dispensario (MED) dentro de una bomba de gasolina. Se indica el chip de memoria de registro del despacho de gasolina	4
Figura 1.3 Etapa de acotación e investigación del proyecto.	8
Figura 1.4 Etapa de experimentación e implementación	9

FIGURAS CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Sistema de comunicación celular.	15
Figura 2.2 Sistema analógico de medición volumétrica.	15
Figura 2.3 Sistema digital propuesta de medición volumétrica.	16
Figura 2.4 Elementos básicos de un sistema de comunicación	17
Figura 2.5 Señal digital Vs. Analógica	18
Figura 2.6 Proceso de conversión (muestreo)	20
Figura 2.7 Cuantización	21
Figura 2.8 Modulación.	22
Figura 2.9 Arquitectura Von Neumann.	24
Figura 2.10 Arquitectura Harvard.	24
Figura 2.11 Estructura típica de un microcontrolador.	27
Figura 2.12 Trama de datos de comunicación serial asíncrona.	31
Figura 2.13 Esquema de un sistema de comunicación digital asíncrona.	31

FIGURAS CAPÍTULO 3

Figura 3.1 Sensor de Nivel	32
Figura 3.2 Líneas de conducción	33
Figura 3.3 Procesos.	34
Figura 3.4 Sistema de transmisión	35
Figura 3.5 Diagrama de flujo de transmisión	35
Figura 3.6 Función de transferencia	37
Figura 3.7 Puntos de transición	38
Figura 3.8 Error Absoluto	38
Figura 3.9 Multiplexor	39
Figura 3.10 Registro de Ajuste a la Derecha	40
Figura 3.11 Registro de Ajuste a la Izquierda	40



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.12 Registro de Estatus de Control	42
Figura 3.13 Registro Especial de Funciones I/O.	44
Figura 3.14 Transmisión estándar	47
Figura 3.15 Sistema de recepción	48
Figura 3.16 División de bits.	50
Figura 3.17 Codificación	50
Figura 3.18 Decodificación	50
Figura 3.19 Diagrama de flujo de recepción	51
Figura 3.20 Circuito convertidor de CC a CC	53
Figura 3.21 Circuito sumador	55
Figura 3.22 Esquema de funciones de los circuitos diseñados	55
Figura 3.23 Circuito Transmisor.	56
Figura 3.24 Circuito receptor	57
Figura 3.25 Medición volumétrica por celular	58
Figura 3.26 Sistema de medición utilizando celular	58
Figura 3.27 Esquema de funcionamiento del sistema.	59

FIGURAS CAPÍTULO 4

Figura 4.1 Función de transferencia ideal de un ADC	60
Figura 4.2 Línea recta digitalizada	61
Figura 4.3 Función de transferencia de un ADC de 10 bits.	62
Figura 4.4 Especificación de enlace	64
Figura 4.6 Fotografía del sistema de transmisión diseñado	66
Figura 4.6 Fotografía del sistema de recepción diseñado	66

Graficas

Grafica 1.1 Crecimiento de las estaciones de Servicio.	6
Grafica 1.1 Crecimiento de las estaciones de Servicio.	63



ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS CAPÍTULO 2

TABLA 2.1 Código binario	21
--------------------------	----

TABLAS CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Voltaje de entrada y salida	36
Tabla 3.2 REFS1 para la selección de bits	39
Tabla 3.3 Resultado de la conversión.	41
Tabla 3.4 Entradas de Canales y Ganancias Seleccionadas.	42
Tabla 3.5 Selección Preescalar.	43
Tabla 3.6 Fuente de auto trigger.	44
Tabla 3.7 Baudios de transmisión.	46
Tabla 3.8 Relación de voltajes y escala.	48
Tabla 3.9 Escala.	49
Tabla 3.10 Códigos BCD.	49
Tabla 3.11 Tabla de material.	52
Tabla 3.12 Voltajes medidos en el circuito convertidor de CC a CC.	54

TABLAS CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Sensibilidad encontrada en el circuito convertidor de CC a CC	63
Tabla 4.2 Características del LED infrarrojo	65
Tabla 4.3 Características del Fototransistor	65

TABLA CAPÍTULO 5

Tabla 5.1 Estimación de perdidas por suministro inadecuado de combustible.	69
Tabla 5.2 Costos de Materiales del circuito convertidor y sumador.	70
Tabla 5.3 Costos de Materiales del circuito transmisor.	71
Tabla 5.4 Costos de Materiales del circuito receptor.	72
Tabla 5.5 Costos de Materiales del circuito convertidor y sumador.	73
Tabla 5.6 Costos de Materiales del circuito transmisor.	74



G L O S A R I O

SCADA: Es sistema satelital de control de todos los ductos de la red de PEMEX. (Supervisory Control and Data Acquisition)

SIMCOT: Sistema Integral de Medición y Control de Operaciones en Terminales. Permitirá una medición perfecta de la carga de combustible que lleva cada pipa.

MED: Modulo Electrónico del Dispensario. Se encuentra dentro de las bombas de gasolina

TELECOMUNICACIÓN: Técnica de transmitir un mensaje desde un punto a otro.

BTS: Es la estación central dentro de una celda. (Base Tranceiver Station)

MTSO: Estación de control y conmutación. (Mobile Telephony Switching Office).

GMS: Sistema Global para las Comunicaciones Móviles

MSC: Estación de control y conmutación cuando es aplicada la tecnología GSM. (Mobile Switching Center)

CDMA: Acceso Múltiple por División de Códigos

GPRS: Servicio General de Radio Paquetes

RUIDO: Es la presencia de variaciones aleatorias superpuestas a la señal del mensaje.

INTERFERENCIA: Es la afectación de la señal por fuentes externas.

DISTORSIÓN: Es la alteración de la señal. Una causa es la atenuación de la señal en el medio de transmisión y otra es la deformación que sufre por efecto de capacidad del canal o ancho de banda.

MUESTREO: Tomar diferentes muestras de tensiones o voltajes en diferentes puntos de la onda senoidal.

CUANTIZACIÓN: Los valores continuos de la senoide se convierten en series de valores numéricos decimales discretos correspondientes a los diferentes niveles o variaciones de voltajes que contiene la señal analógica original.

CODIFICACIÓN: La codificación es la representación numérica de la cuantización utilizando códigos ya establecidos y estándares.

MODULACIÓN: Es el proceso mediante el cual los símbolos digitales son transformados en formas de onda que son compatibles con la característica espectral de un canal paso banda.

DEMODULACIÓN: Es recuperar el flujo de bits a partir de la forma de onda recibida, libre de error en la medida de lo posible, sin importar la distorsión de la señal.



GLOSARIO

ASK: Es una técnica para tratar la señal que funciona con los cambios de la amplitud de onda la señal a comunicar. (Amplitude Shift Key).

LONGITUD DE ONDA (λ): Es la distancia que recorre un pulso mientras una partícula del medio que recorre la onda realiza una oscilación completa.

PERÍODO (T): El tiempo en que se realiza una oscilación completa.

MICROCONTROLADOR: Es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador.

ARQUITECTURA VON NEUMANN: Es en la cual la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa y los datos.

ARQUITECTURA HARVARD: Es en la cual la unidad central de proceso (CPU) conectada está a dos memorias (una con las instrucciones y otra con los datos)

OTP: Memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario (One Time Programmable)

EPROM: Memoria programable borrable (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces.

EEPROM: Memoria de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente.

FLASH: Es una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar.

ADC: Es un dispositivo electrónico que convierte una señal analógica a una señal digital.

MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS O PWM: Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

UART: Adaptador de comunicación serie asíncrona.

USART: Adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona



RESUMEN

“SISTEMA DE MEDICIÓN VOLUMÉTRICO A DISTANCIA”

El presente trabajo muestra una investigación y desarrollo acerca de la Tecnología de Comunicación Inalámbrica para el desarrollo de un “Sistema de Medición Volumétrico a Distancia” que satisfaga el problema de suministro inadecuado de gasolina que afecta a todo el país, haciendo una investigación de las soluciones existentes que en el país se han implementado y que hasta la fecha no han podido controlar este problema. Tratando de brindar una alternativa de solución que en conjunto con las ya existentes controlen dicho problema. El estudio se basa en cinco capítulos, en el primero se describe la naturaleza del problema y se mencionan los objetivos a cubrir, así como antecedentes e importancia de alcanzar una solución factible. En el segundo capítulo se presentan los fundamentos teóricos que ayudaron a la conceptualización del diseño y desarrollo del Sistema de Medición Volumétrico a Distancia.

En el tercer capítulo se describe cada etapa del diseño del “Sistema de Medición Volumétrico a Distancia, dividido en dos etapas:

- Programación
- Diseño Electrónica

El Sistema de Medición Volumétrico a Distancia, mide una diferencia de potencial (señal analógica) proveniente del sensor de nivel ubicado dentro de los depósitos de combustible de los automóviles, y la convierte en una señal digital.

En este trabajo se presentan dos alternativas de solución utilizando dos tipos de comunicación inalámbrica:

- Comunicación inalámbrica utilizando LED's infrarrojos
- Comunicación inalámbrica utilizando un espectro de frecuencia de 1900MHz

En el cuarto capítulo se hace un análisis comparativo de las características que presenta cada una de los sistemas diseñados.

El capítulo quinto se hace un análisis de los costos de cada Sistema de Medición Volumétrico a Distancia diseñado para determinar la factibilidad del proyecto.



ABSTRACT

“System of Remote Volumetric Measurement”

The present work shows a research and development about the Technology of Wireless Communication for the development of a “System of Remote Volumetric Measurement” that satisfies the problem of the inadequate gasoline provision, that problem affect all the country, doing a research of the existing solutions that in the country have been implemented but this solution have to date not been able to control this problem. Trying to offer a solution alternative that altogether with the existing solutions helped to control this problem. The study is based on five chapters, in first describes the nature of the problem and the objectives to cover, as well as antecedent and importance are mentioned of reaching a feasible solution. In the second chapter the theoretical foundations appear that helped is of the design and development of the System of Remote Volumetric Measurement.

In third capitulate we are describing each stage of the design of the “System of Remote Volumetric Measurement, divided in two stages:

- Programming
- Electronic Designe

The System of Remote Volumetric Measurement, measures a difference of potential (analogical signal) originating of the sensor of level located within the fuel tanks of the automobiles, and it turns it a digital signal.

In this work we are offered two alternatives of solution appear using two types of wireless communication:

- Wireless Communication using LED´s infrared
- Wireless Communication using a phantom of frequency of 1900MHz

In fourth capitulate we are doing a comparative analysis of the characteristics that show each one of the designed systems.

The chapter fifth becomes an analysis of the costs of each System of Volumetric Measurement at a distance designed to determine the feasibility of the project



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica el ¿Por qué? ¿Cómo?, y ¿Para qué? se está desarrollando el trabajo de investigación dando un enfoque tecnológico tratando de contribuir a la solución del problema que se expone en este trabajo.

1.1 Antecedentes.

México siendo productor de petróleo, tiene un grave problema de robo de este combustible y de gasolina, ya que en PEMEX, desde hace varios años se ha dado la extracción ilegal en pipas, gaseoductos y en las estaciones de gasolina, solo que en dichas estaciones no se extrae el combustible sino que se venden litros incompletos lo cual genera pérdidas económicas significativas.

PEMEX estima que diariamente el país consume 160 millones de litros de combustibles, pero resulta que al final del día las cuentas no coinciden, pues los números de producción no son los mismos que de facturación. Esto se debe a dos problemas fundamentales: el robo y la adulteración de combustibles. En realidad no hay una forma precisa de cuantificar las pérdidas lo que sí sabemos es que son cantidades impresionantes". Sin embargo, las cifras que se manejan indican que el robo, contrabando y adulteración de combustible ocasionaron pérdidas a PEMEX por 12 mil millones de pesos en el 2003 [1].

A partir del mes de marzo del 2004 la Policía Federal Preventiva implementó una serie de operativos en las instalaciones de PEMEX para evitar estas pérdidas. Gracias a ello, la facturación de PEMEX Refinación subió cerca de mil millones de pesos en un solo mes. Pero aun esta sin resolver la otra parte del problema: el robo en las gasolineras

La verificación de dispensarios de combustible (popularmente conocidos como bombas) es un acto obligatorio de acuerdo con los artículos 11 y 12 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización [2]. La Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) verifica cada año miles de estos instrumentos de medición e impone sanciones a las estaciones de servicio que atenten contra los consumidores. Sin embargo, los recursos materiales y humanos con los que cuenta la institución resultan insuficientes para verificar al menos una vez al año las más de seis mil gasolineras que existen en el país. La meta de PROFECO es realizar dos verificaciones por gasolinera al año la cual se cumplió solo al 35% en el 2004 [1]

La falta de recursos no es una limitante para identificar las malas prácticas, el problema más fuerte es el de volumen, es decir, hay gasolineras que modifican o alteran las especificaciones de fábrica de los dispensarios para que den litros de menos de un litro, con lo que obtiene una utilidad ilícita.



En el país existen personas (como piratas cibernéticos o *hackers*) que se dedican a alterar el software y les cobran a las gasolineras para arreglar los equipos de modo que la calibración de las bombas no sea al 100% contribuyendo así a que el problema se extienda cada vez más.

1.1.1 Medidas De PEMEX Contra El Robo De Combustible.

Durante el primer trimestre del año 2004, PEMEX anunció la implementación de diez medidas para combatir el mercado ilícito de combustibles en México, en las que se invertirán 750 millones de dólares. Estas medidas se aplicarán paulatinamente a partir de noviembre del mismo año, y se espera que en el transcurso de cuatro años ya se encuentren todas operando. A continuación se explica brevemente en qué consiste cada una de ellas:

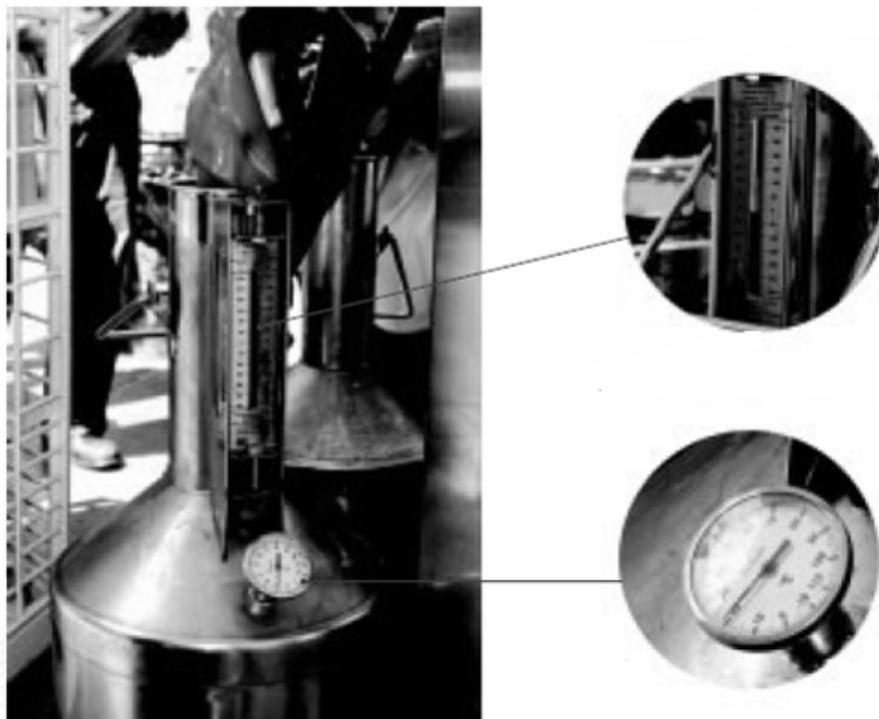
- Sistema SCADA Supervisión Control y Adquisición de Datos. (Supervisory Control and Data Acquisition), primera etapa. Se trata de un sistema satelital de control de todos los ductos de la red de PEMEX. Cuando hay una toma clandestina, ésta se manifiesta con una caída repentina de presión. A través del Sistema SCADA, en un tiempo máximo de 45 minutos se sabrá exactamente en qué sitio se encuentra e, incluso, en que posición de la circunferencia del conducto se hizo la toma.
- Diablos de espesor cero. Es un mecanismo que se introduce en los ductos y que detecta si alguno de ellos tiene espesor cero. Cuando esto sucede, significa que el ducto fue perforado, esto es, que tiene un hoyo que está siendo utilizado como toma clandestina.
- Control electrónico en estaciones de servicio. Es la aplicación de un control volumétrico en las estaciones de servicio, para hacer un balance entre la gasolina que se deposita en una gasolinera y la que se vende, y así detectar excedentes irregulares.
- Sistema Integral de Medición y Control de Operaciones en Terminales (SIMCOT). Permitirá una medición perfecta de la carga de combustible que lleva cada pipa, la cual será registrada por computadora y almacenada en un centro que se vincula a los sistemas de facturación e inventario de PEMEX.
- Medición en línea. Permitirá medir en cualquier momento qué volúmenes se mueven en los ductos.
- Rastreo permanente de autotanques. Las pipas tendrán un rastreador que permitirá localizarlas vía satélite. También el autotanque contará con un equipo que impida que la válvula de descarga se abra en un sitio distinto a la estación de servicio destinada.
- Circuito cerrado de televisión. Se localizará en todas las terminales para verificar que las actividades encomendadas se realicen correctamente.



- Laboratorios móviles. Son camionetas que permitirán llegar a distintos distribuidores o gasolineras para tomar muestras del producto y analizarlas al momento, en presencia de la parte interesada.
- Sistema SCADA, segunda etapa. Es la segunda parte del control satelital. Vigilancia aérea nocturna. Se llevarán a cabo sobre vuelos nocturnos para detectar tomas clandestinas en los ductos

1.1.2 Verificación De Gasolineras Por PROFECO.

La principal herramienta de los verificadores de PROFECO son los patrones volumétricos (o “jarras”), que cuentan con una escala graduada donde se observa, con seguridad si los dispensarios están despachando de menos o de más. En La Figura 1.1 se muestra una fotografía de estos patrones volumétricos.



Patrón de medida

Figura 1.1 Fotografía de un patrón volumétrico o “jarra” para verificación del despacho de combustible.



Las jarras tienen capacidad de 20 litros, así lo establece la Norma 005-SCFI que faculta a la Profeco para realizar estas verificaciones) y se toman tres muestras por cada velocidad (la gasolina se pueden surtir en tres velocidades diferentes: baja, mediana y alta), los verificadores sacan en total 180 litros de cada una de las mangueras de la bomba.

Las mediciones que se hacen consisten en que ninguna de las tomas pase el límite tolerado que es de 100 ml (de más o de menos) por cada 20 litros, es decir, si la jarra indica que despachan menos de 100 ml por cada 20 litros de suministro, están violando la Norma y por lo tanto se debe inmovilizar la manguera. La tolerancia se establece porque esta calculado científicamente que los instrumentos se desajustan o descalibran por el constante servicio que prestan y por la temperatura.

La NOM 005 publicada en 1994 [3] fue apropiada para ese tiempo en que los dispensarios operaban con partes esencialmente electromecánicas, pero ahora esa norma ha sido rebasada por la tecnología electrónica, por lo que fue necesario actualizarla. Esto se logró con la Norma de emergencia vigente durante un año, hasta que entró en vigor la NOM 005 definitiva, publicada en septiembre de 2005, esta norma permite hacer la verificación electrónica [4].

La verificación electronica se lleva a cabo al destapar el modulo electrónico del dispensario o (MED), lugar donde se encuentra una memoria que guarda todo el historial de despacho de la bomba. Así, aunque alguien altere la calibración de la bomba, este movimiento quedaría registrado en la memoria, evidenciando la manipulación. La memoria es llevada al lector que se encuentra conectado a una computadora portátil del Inspector, la cual recibe la información contenida y la envía a las oficinas de PROFECO, donde se analiza el contenido para asegurar que los automovilistas hayan recibido el combustible justo por su dinero. En la Figura 1.2 se muestran fotografías del MED dentro de una bomba de gasolina.

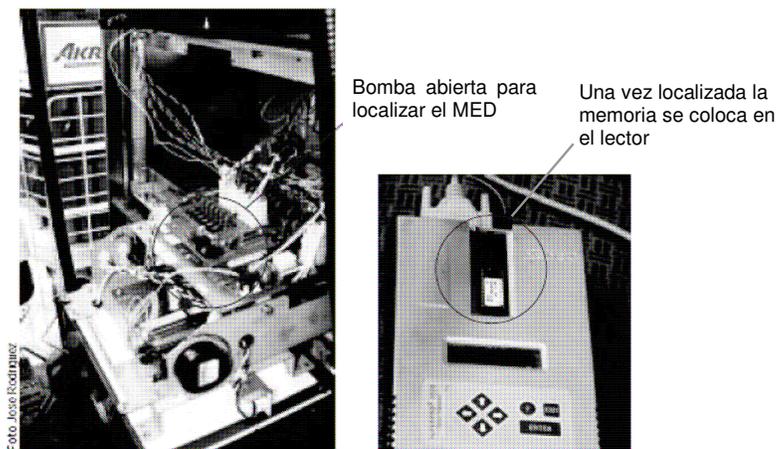


Figura 1.2 Fotografías del Módulo Electrónico de Dispensario (MED) dentro de una bomba de gasolina. Se indica el chip de memoria de registro del despacho de gasolina.



De manera complementaria a las soluciones expuestas anteriormente, en este trabajo de tesis se propone la realización de un dispositivo electrónico a distancia que cuantifica el volumen de combustible en los vehículos automotores utilizando el potenciómetro del sensor de nivel ubicado dentro del tanque de dichos vehículos.

1.2 Objetivo General.

Hacer un dispositivo electrónico inalámbrico que mida a distancia el volumen en los depósitos de combustible de los vehículos automotores, para obtener una medida real del gasto suministrado.

1.2.1 Objetivos Particulares.

- Definir la mejor forma de extraer la señal analógica de medición del depósito de combustible.
- Definir un método adecuado de lectura inalámbrica a distancia del tanque.
- Diseñar un circuito de digitalización de la señal anterior y que la transmita hacia el receptor.
- Definir un protocolo de comunicación para poder transmitir y recibir en forma confiable la lectura del tanque de combustible.
- Diseñar un circuito receptor que demodule la señal proveniente del transmisor ubicado en el vehículo y que presente en forma digital la lectura del tanque.
- Mejorar significativamente la resolución de lectura de combustible en comparación con el medidor analógico actual.
- Que el dispositivo cumpla con las especificaciones siguientes:
 - No debe de modificar el vehículo.
 - Debe ser de fácil instalación y su manejo debe de ser sencillo.
 - Debe estar compuesto por material que se encuentre fácilmente en México, para su reposición.

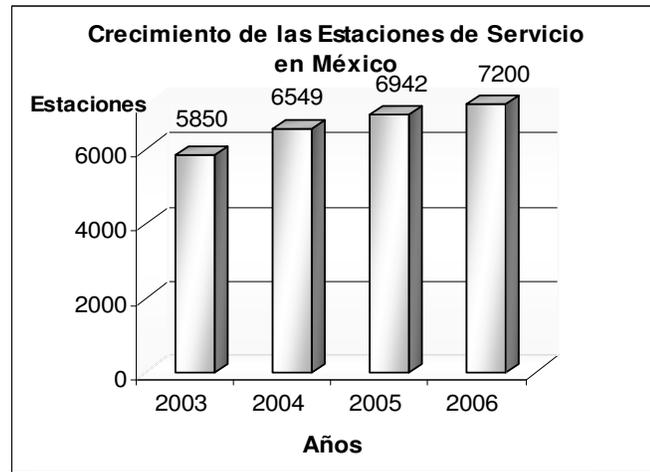
1.3 Justificación.

Los métodos instituidos por la PROFECO antes mencionados no parecen haber funcionado ya que hasta la fecha el reporte por robo de gasolina ha aumentado en lugar de haber disminuido y se estima que al año, las gasolineras roban entre 15 y 20 mil millones de pesos a los consumidores, habiendo un aumento de casi 7 mil millones de pesos por año [5].

El crecimiento de la red de gasolineras se ha acelerado en los últimos 4 años, esto también ha contribuido a que cada vez sean más las estaciones de servicio que cometen fraude en contra del consumidor, ya que a Profeco no le es posible verificar a todas las estaciones de servicio [6].



En la Grafica 1.1 se muestra el crecimiento de las estaciones de servicio en los últimos cuatro años.



Grafica 1.1 Crecimiento de las estaciones de Servicio.

Como se puede observar en la Grafica 1.1 el crecimiento de estaciones de servicio en promedio es de 300 estaciones por año y con ello también crece el suministro inadecuado de gasolina, en una encuesta realizada por Profeco a los consumidores se arrojaron los siguientes resultados:

- 86% de los consumidores no confían en las gasolineras
- Promedio de faltante estimado: 5%.
- Gasolineras irregulares: 2004 – 90%
- 2005 – 70%
- Desviación: hasta \$20 mil millones de pesos anuales.
- No hay control sobre la inviolabilidad del diseño de los dispensarios (bombas).

Sin la certeza de cuántas gasolineras entregan litros completos, la Secretaría de Energía, reconoce que dentro del sector público no hay una sola entidad que tenga un censo de cuántas estaciones de servicio cumplen con la normatividad, "por lo que tendrá que hacerse un nuevo estudio, caso por caso, sin comprometer el tiempo real que pueda garantizarle al consumidor que las estaciones de servicio le pueden entregar litros completos.

Profeco, ha detallado que durante enero de 2006, después de haber realizado 5 mil 469 verificaciones, se inmovilizaron 792 mangueras de gasolineras que no entregaban litros completos o tenían cables con sellos mal puestos para poder manipular los sistemas.

El consumidor de gasolina en México llega a pagar un sobreprecio por el combustible de hasta 15%. Este problema se ha tratado de combatir desde el año 2004 pero hasta el momento los resultados no han sido favorables.



La mayoría de los empresarios gasolineros desconocen el estado que guardan sus dispensarios (bombas despachadoras), en relación a cuando los adquirieron se les recomendó realizar "peritajes" a sus dispensarios para evitar sanciones o hasta cierre de estaciones de servicio cuando las autoridades lleven a cabo sus visitas de verificación.

Una medida que se cree podría solucionar el problema es la actualización de las bombas suministradoras de gasolina, cuyo costo rebasa 240 millones de dólares, monto que no están dispuestos a pagar los propietarios o franquiciatarios, por lo que se agudiza el problema. [7]

La Secretaria de Economía (SE), reiteró que actualmente 20 mil 900 bombas despachadoras de gasolina (60.7% del total instalado) siguen sin cumplir con la Norma Oficial Mexicana 005 [8].

1.4 Planteamiento del problema.

La mayoría de las 7 mil 200 gasolineras que operan en el territorio nacional no pueden garantizar al consumidor litros de a litro. Esta situación pone en seria desventaja a casi 15 millones de consumidores a nivel nacional que surten sus automóviles sin saber si el combustible que reciben es el volumen justo por el que pagan.

Debido a este grave problema que afecta al país ha surgido la necesidad de crear un dispositivo que verifique con la mayor confiabilidad posible el suministro y existencia en los tanques de combustible de los vehículos automotores.

Dentro de esta necesidad, se tiene el problema de las interferencias causadas por otros dispositivos electrónicos, tales como los medidores de las bombas o los lectores inalámbricos con que cuentan las estaciones de servicio, lo que genera un servicio no adecuado en la entrega en la cantidad solicitada.

De lo cual surge la siguiente pregunta *¿es posible desarrollar un dispositivo electrónico que mida el volumen de combustible que se sirve a un automóvil y nos indique la cantidad servida con la mayor certeza posible sin contar con la interferencia de otro tipo de señales dadas las condiciones de contaminación de ruido alrededor del dispositivo?*

1.5 Hipótesis

Dado los avances tecnológicos es posible construir un dispositivo electrónico, que pueda determinar de manera inalámbrica el combustible suministrado al tanque de un automóvil.



1.6 Metodología.

La metodología que se seguirá para desarrollar el proyecto esta dividida en cuatro etapas.

- Acotación del proyecto
- Etapas de investigación
- Etapa de experimentación
- Etapa de implementación

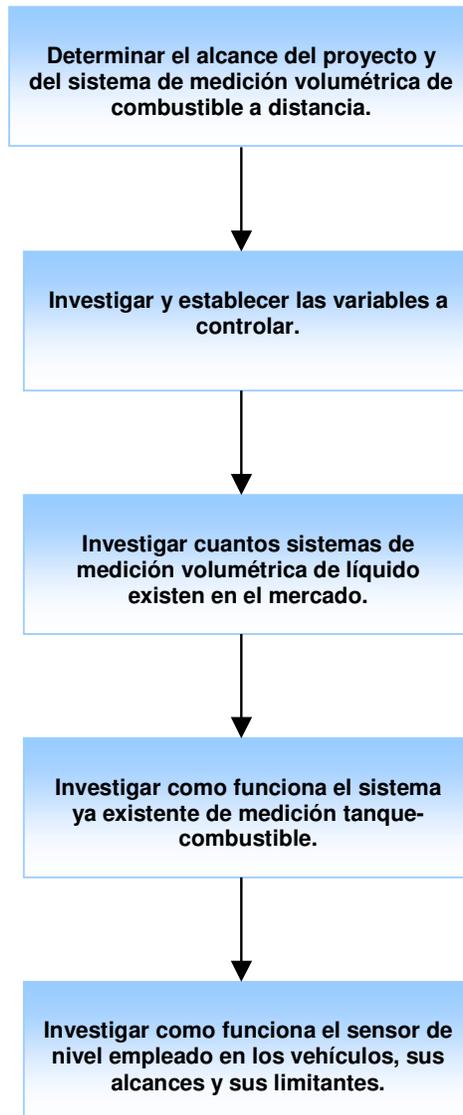


Figura 1.3 Etapa de acotación e investigación del proyecto.



Una vez realizada la investigación documental y de campo, se desarrollarán y probarán las propuestas de solución, hasta encontrar la más adecuada.

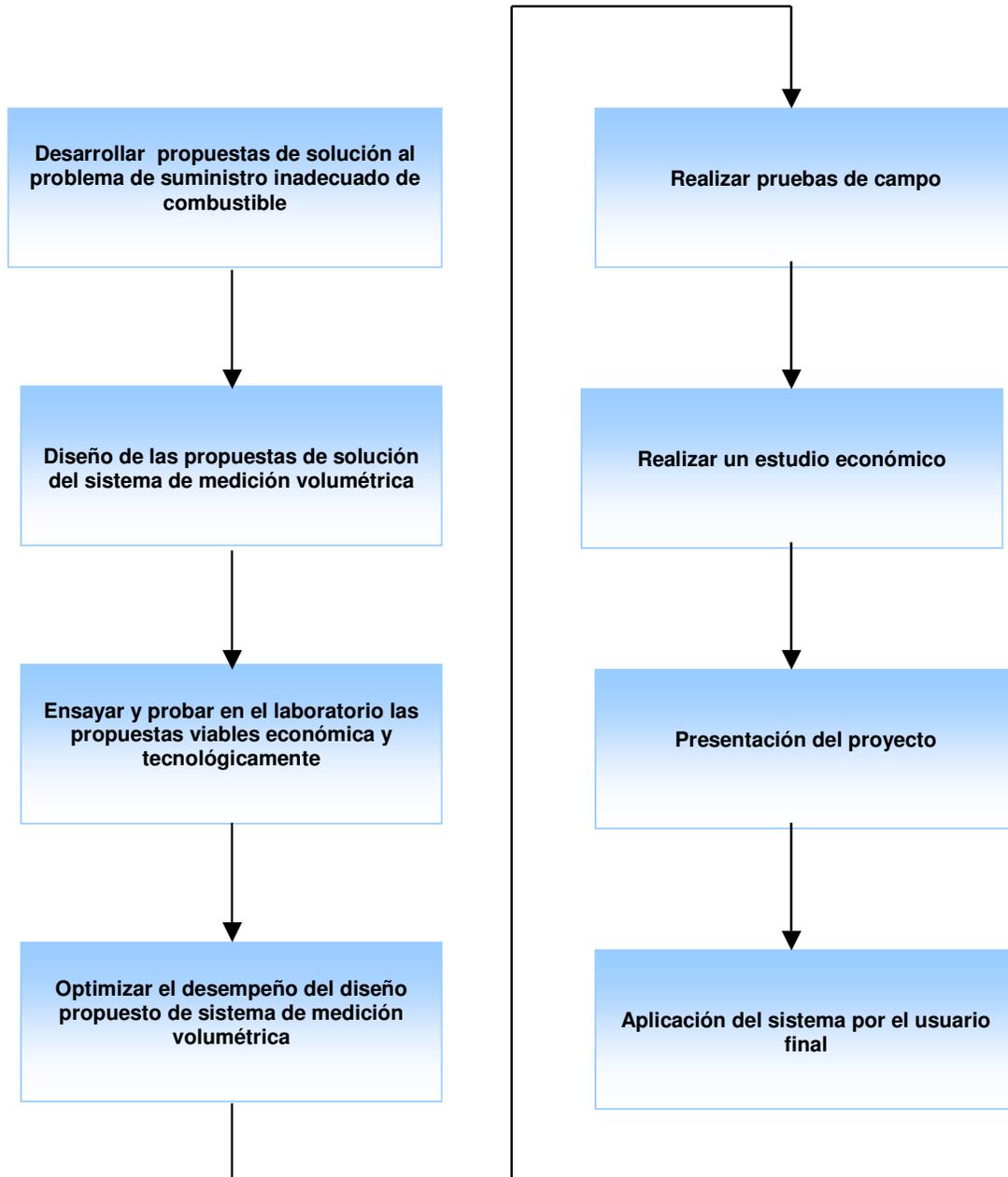


Figura 1.4 Etapa de experimentación e implementación.



1.7 Limites y Alcances

En la presente tesis se cuentan con los siguientes alcances.

- Un sistema de medición volumétrico a distancia utilizando LED's infrarrojos en un enlace punto a punto con un alcance de comunicación de 6 m.
- Un sistema de medición volumétrica a distancia utilizando tarjeta WAVECOM® con tecnología CDMA.
- Un sistema de medición volumétrico a distancia que digitaliza una señal analógica con una resolución de 10 bits
- Diseño del sistema de medición volumétrico a distancia probado en el laboratorio.

El sistema de medición volumétrico a distancia diseñado en el presente trabajo tiene las siguientes limitaciones.

- El sistema de medición volumétrico tendrá la lectura mas fiable cuando el vehículo se encuentre completamente estático y en posición horizontal, ya que el sistema esta diseñado utilizando una señal analogica que depende directamente del sensor de nivel del vehículo, el cual mide una en la diferencia de potencial sensible al movimiento.

1.8 Conclusiones

En este trabajo se ha expuesto como hipótesis la pregunta ¿es posible diseñar y desarrollar un sistema de medición que cuantifique de la manera más fiable la cantidad de combustible existente en los depósitos de los vehículos?

La necesidad de crear una alternativa de solución que ayude a controlar el abastecimiento incompleto de combustible en los vehículos es muy importante ya que hasta el momento, con las soluciones implementadas no se ha obtenido el beneficio requerido.

El conocimiento adquirido nos da las herramientas suficientes para diseñar un sistema de control volumétrico que satisfaga el problema y ayude a controlar en suministro de combustible en el país.



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se pretende mostrar un poco de la literatura consultada, ya que es una herramienta fundamental para el diseño y desarrollo del sistema de medición volumétrico a distancia.

2.1 Telecomunicaciones.

Se denomina telecomunicación a la técnica de transmitir un mensaje desde un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional. Proviene del griego tele, que significa distancia. Por tanto, el término telecomunicación cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de ordenadores.

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son: un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, la señal. El medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor. Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal.

La telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.[9], [10] y [11]

2.1.2 Clasificación Según El Medio De Propagación.

Telecomunicaciones terrestres: Son aquellas cuyo medio de propagación son líneas físicas, estas pueden ser cables de cobre, cable coaxial, fibra óptica, par trenzado, etc.

Telecomunicaciones radioeléctricas: Son aquellas que utilizan como medio de propagación la atmósfera terrestre, transmitiendo las señales en ondas electromagnéticas, ondas de radio, microondas, etc. dependiendo de la frecuencia a la cual se transmite.



Telecomunicaciones satelitales: Son aquellas comunicaciones radiales que se realizan entre estaciones espaciales, entre estaciones terrenas con espaciales, entre estaciones terrenas (mediante retransmisión en una estación espacial). Las estaciones espaciales se encuentran a distintas alturas fuera de la atmósfera.

2.1.3 Estructura Básica De Un Sistema Celular.

Un sistema de telefonía celular consta de cuatro elementos:

- Terminal celular móvil
- Estación base
- Estación de control y conmutación
- Radio canales

Terminal celular móvil.

Es el equipo electrónico que permite a un abonado hacer o recibir llamadas, está compuesto por:

- Unidad de control
- Fuente de alimentación
- Transmisor/receptor,
- Antena.

Estación base (BTS).

Es la estación central dentro de una celda, conocida como BTS por sus siglas en ingles (Base Tranceiver Station), realiza el enlace de RF a los terminales celulares, transmite información entre la celda y la estación de control y conmutación, monitorea la comunicación de los abonados. Esta conformado por : unidad de control, unidad de energía, antenas sectoriales (que utilizan métodos de diversidad para captar la mejor señal), TRAU (unidad encargada de adaptar y hacer la conversión de código y velocidad de las señales), y Terminal de datos.

Estación de control y conmutación.

Conocido comúnmente como MTSO (mobile telephony switching office), cuando aplica tecnología GSM (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles) se denomina MSC (mobile switching center), y para redes Wireless Local Loop se denomina XBS.

Es el elemento central del sistema, sus funciones principales son:

- Coordina y administra todas las BTS
- Coordina las llamadas entre la oficina de telefonía fija y los abonados, así como las llamadas entre los terminales celulares y los abonados, a través de las BTS



- Se encarga de la facturación (billing)
- Dirige el Hand off entre células del sitio
- Tiene un software de gestión : network management system
- Se interconecta a centrales TANDEM para comunicarse con otras redes telefónicas.

Puede ser de 2 tipos de acuerdo al área geográfica y cantidad de tráfico:

- Centralizado: una única central para toda el área de concesión del operador, usa topología estrella.
- Descentralizado: más de una central, distribuido en el área de concesión.

Las BTS, Central y TANDEM se interconectan vía enlaces de fibra óptica, o vía microondas (enlaces de datos de alta velocidad - SDH).

Radio canales

Se entiende por Radio Canal al par de frecuencias portadoras más un time slot, que van a servir como canales de tráfico en una comunicación. De estas 2 frecuencias una va a ser la frecuencia de transmisión (Tx) de la estación base y recepción (Rx) de la terminal, la otra frecuencia va a ser la de recepción (Rx) de la estación base y transmisión (Tx) de la terminal. Transportan datos y voz entre el abonado y las estaciones base, cada abonado sólo puede usar un canal a la vez.

2.1.4 TIPOS DE RADIO CANALES

Los canales o radio canales celulares son aquellos que van a hacer posible una comunicación de telefonía celular. Pueden ser de 2 tipos:

a) Canal de Control (CCH)

- Este canal permite enviar y recibir datos entre la BTS y el portátil. Estos canales pueden ser:
- Canal de Control de Adelanto (FCC): generalmente proporciona una información básica acerca del sistema celular particular: número de identificación del sistema, rango de los canales de paging y de acceso que puede escanear.
- Canal de Paging: Son los canales usados para mantener en ubicación temporal a un terminal.



- Canal de Acceso: Son canales usados para responder cuando el terminal esta siendo llamado, o para iniciar una llamada. También se usa para informar al portátil el TCH que debe utilizar.
- En áreas pequeñas de poco tráfico, un solo canal de control realiza las tareas de los tres canales.

b) Canal de Tráfico (TCH)

Conocido también como Canal de Voz, es el encargado de conducir el tráfico (voz y datos) entre la estación base y el portátil cuando se esta en un proceso de llamada. También es usado para mandar mensajes de señalización por parte de la BTS hacia el portátil, también para manejar el proceso de hand over, y el control de potencia de transmisión del terminal.

Los datos provenientes del BTS se llaman "datos en adelanto" y los provenientes del terminal se denominan "datos reversos", ambos son enviados a 10 Kbps.

2.1.5 Red De Telefonía Móvil Digital.

En la actualidad, existen básicamente dos tipos de telefonía celular digital. Estos son el GSM y el sistema de Acceso Múltiple por División de Códigos (CDMA). Aunado a lo anterior, los sistemas celulares han evolucionado a sistemas de tercera generación en los cuales es posible transmitir datos de mediana a alta velocidad (30 kbps a 2 Mbps).

En particular el sistema de transmisión de datos de GSM se denomina Servicio General de Radio Paquetes (GPRS) y el de CDMA se conoce como CDMA 20001X. Además de la transmisión de voz, es posible transmitir datos y acceder la red de Internet.

En esta red la comunicación se realiza mediante señales digitales, lo que permite optimizar tanto el aprovechamiento de las bandas de radiofrecuencia como ofrecer una mejor calidad de transmisión.

El sistema GSM es de mayor número de usuarios a nivel mundial, sin embargo, el estándar CDMA es también ampliamente utilizado. En México el número total de usuarios sobrepasa los 50 millones repartidos en cuatro empresas. Dos de ellas utilizan la tecnología GSM y las otras dos la tecnología CDMA. En la Figura 2.1 se muestra las partes que conforman el sistema de comunicación celular.

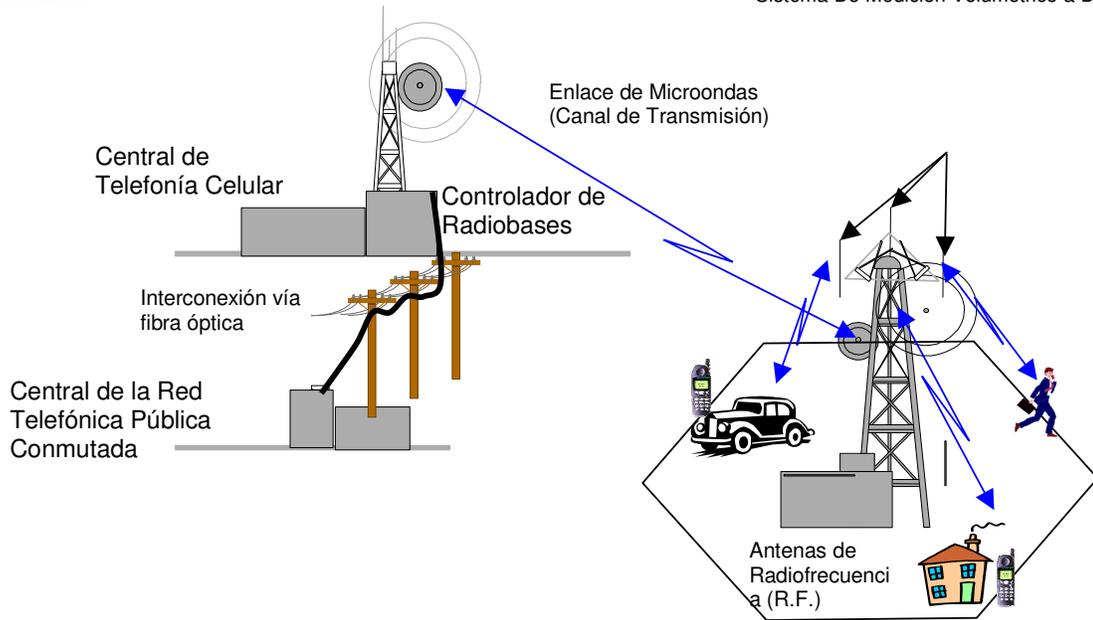


Figura 2.1 Sistema de comunicación celular.

2.2 Fundamentos De Señales Analógicas Y Digitales

El sistema de medición volumétrica existente es un sistema analógico, que se ilustra de manera esquemática en la Figura siguiente:

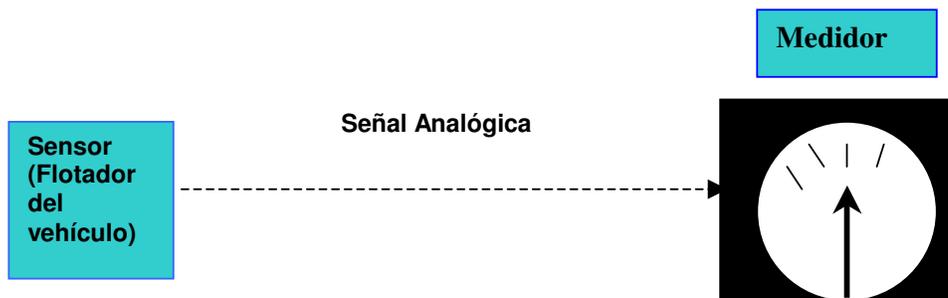


Figura 2.2 Sistema analógico de medición volumétrica.



El sistema que se propone en esta tesis es un sistema digital, que de manera conceptual se presenta en la Figura 2.3.

Lo que se pretende que realice el sistema de medición volumétrico a distancia es:

- convertirla en una señal analógica a una señal digital
- transmitir y codificar
- recibir y decodificar

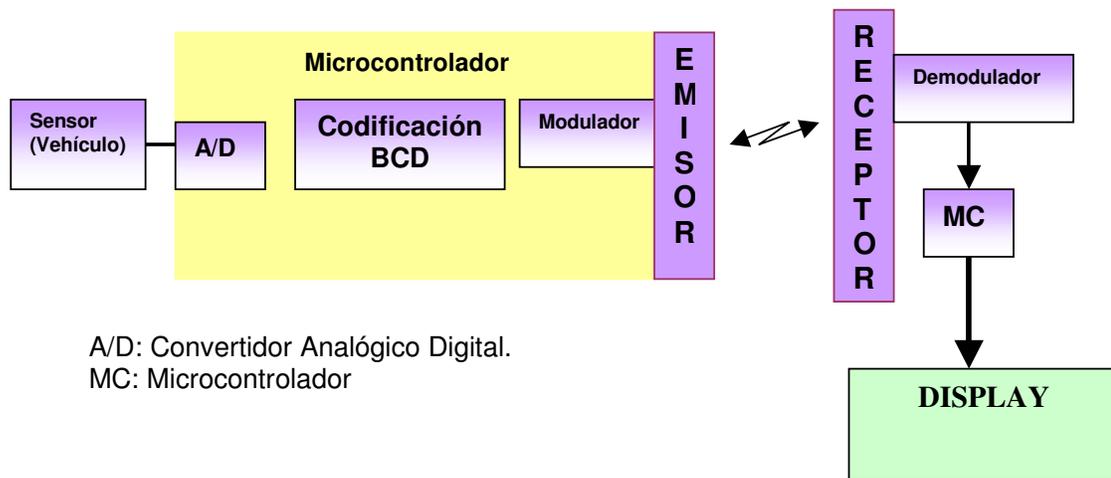


Figura 2.3 Sistema digital propuesta de medición volumétrica.

Por lo anterior es necesario revisar los fundamentos de sistemas de comunicación, de señales analógicas y digitales, técnicas de modulación y demodulación, microcontroladores, transmisión y recepción óptica.

2.2.1 Sistemas De Comunicación.

En este trabajo de tesis se reemplazará un sistema analógico de medición por un sistema digital de medición que además incorpora un sistema de comunicación por lo que es conveniente recordar los elementos básicos que componen un sistema de comunicación como se muestra en la Figura 2.4

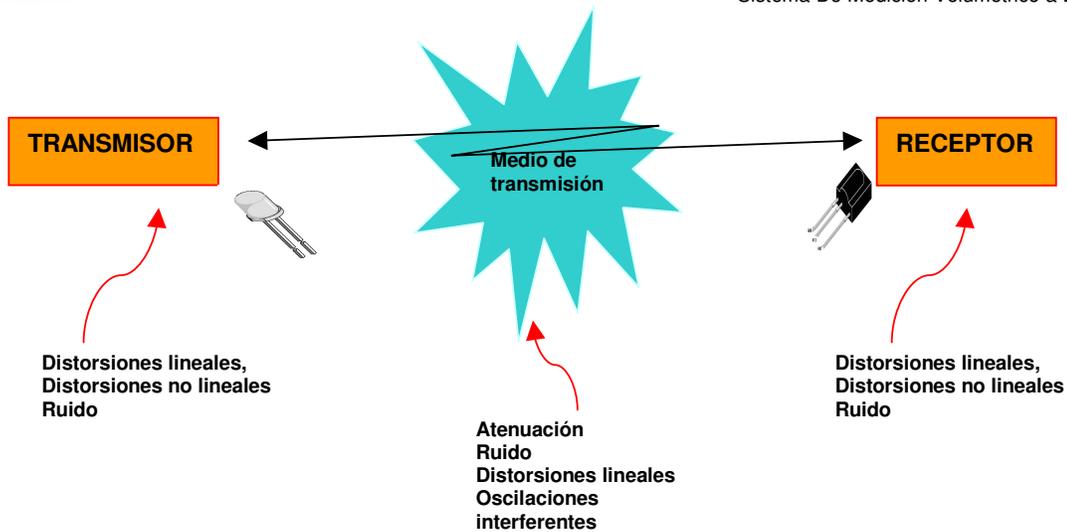


Figura 2.4 Elementos básicos de un sistema de comunicación.

Un sistema de comunicación se compone de la señal o mensaje que se desea transmitir, un transmisor que acopla la señal al medio de transmisión, un medio de transmisión que puede ser el espacio libre, un cable metálico o una fibra óptica por citar algunos ejemplos, un receptor que transduce la señal de medio a una señal eléctrica utilizable [12], [13]. Es importante mencionar que la señal transmitida en el medio sufre alteraciones por:

- Ruido
- Interferencia
- Distorsión

El ruido es la presencia de variaciones aleatorias superpuestas a la señal del mensaje. El ruido es ocasionado, por ejemplo, por fluctuaciones térmicas en los dispositivos electrónicos.

La interferencia es la afectación de la señal por fuentes externas.

La distorsión es la alteración de la señal. Una causa es la atenuación de la señal en el medio de transmisión y otra es la deformación que sufre por efecto de capacidad del canal o ancho de banda.

Los sistemas de comunicación pueden ser también analógicos o digitales.



2.2.2 Señal Analógica Vs. Señal Digital.

En la transmisión analógica, la señal que transporta la información es continua, en la señal digital es discreta. La forma más sencilla de transmisión digital es la binaria, en la cual a cada elemento de información se le asigna uno de dos posibles estados (0 o 1).

Cada dígito binario se denomina bit. En la Figura 2.5 se muestra esquemática una señal analógica y una digital. Para identificar una gran cantidad de información se codifican los bits, esta codificación se usa para transmitir información. [14] y [15]

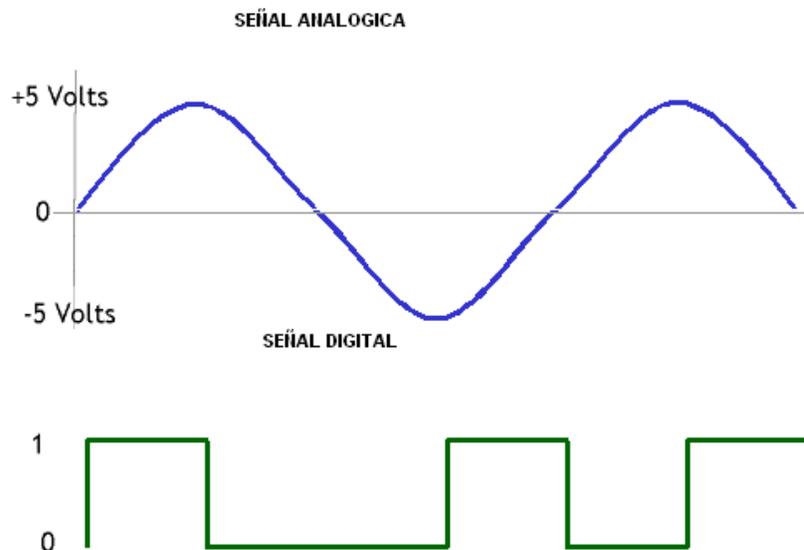


Figura 2.5 Señal digital Vs. Analógica.

La transmisión digital es la transmisión de pulsos digitales entre dos puntos, en un sistema de comunicación. La información de la fuente original puede estar ya sea en forma digital o en señales analógicas que deben convertirse en pulsos digitales, antes de su transmisión y convertidas nuevamente a la forma analógica en el lado del receptor.

En la transmisión digital existen diversas ventajas lo cual hace que tenga gran aceptación cuando se compara con la analógica. Estas son:

1. La ventaja principal de la transmisión digital es la inmunidad al ruido. Las señales analógicas son más susceptibles que los pulsos digitales a la amplitud no deseada, frecuencia y variaciones de fases.



2. Se prefieren utilizar pulsos digitales por su mejor procesamiento y capacidad de multicanalización con respecto a las señales analógicas. Los pulsos digitales pueden guardarse fácilmente en comparación con las señales analógicas.
3. Los sistemas digitales utilizan regeneración en vez de la amplificación de señales, por lo tanto producen un sistema más resistente al ruido que su contraparte analógica.
4. Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar.
5. Los sistemas digitales tienen un mejor desempeño con relación al procesamiento de errores (por ejemplo, detección y corrección de errores), que los sistemas analógicos.

La conversión de una señal analógica a una digital se logra mediante la codificación analógica - digital a la que se denomina Modulación por Amplitud de Pulso (PAM, por sus siglas en inglés), el cual es el primer paso para lograr la codificación de señal. Esta técnica recoge información análoga, la muestrea (ó la prueba), y genera una serie de pulsos basados en los resultados de la prueba. El término prueba se refiere a la medida de la amplitud de la señal a intervalos iguales.

La digitalización consiste, básicamente. En realizar de forma periódica, medidas de la amplitud de la señal y presentarlas en formato binario.

2.2.4 Conversión Analógico-Digital.

La conversión Analógico-Digital consta de los siguientes procesos:

- a) Muestreo,
- b) Cuantización,
- c) Codificación.

a) Muestreo.

Para convertir una señal analógica en digital, el primer paso consiste en realizar un muestreo (*sampling*) de ésta, o lo que es igual, tomar diferentes muestras de tensiones o voltajes en diferentes puntos de la onda senoidal. La frecuencia a la que se realiza el muestreo se denomina razón, tasa o también frecuencia de muestreo y se mide en kilohertz (kHz). En el caso de una grabación digital de audio, a mayor cantidad de muestras tomadas, mayor calidad y fidelidad tendrá la señal digital resultante.

Durante el proceso de muestreo se asignan valores numéricos equivalentes a la tensión o voltaje existente en diferentes puntos de la senoide, como se muestra en la Figura 2.6

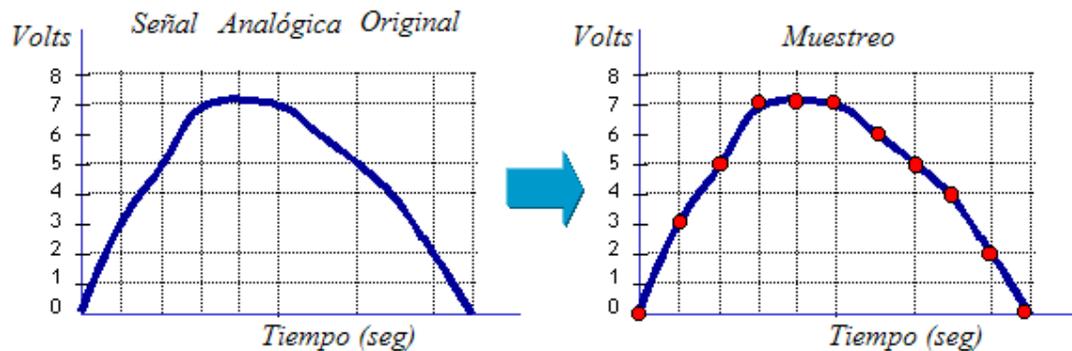


Figura 2.6 Proceso de conversión (muestreo)

El *Teorema del Muestreo* (ver las referencias nos dice que; toda señal de banda limitada puede expresarse de modo único en función de sus muestras o valores puntuales a intervalos regulares T . [16], [17] y [18]

El Valor de T es tal que $\frac{1}{T} \geq 2\omega$, siendo ω la máxima frecuencia espectral de la señal.

O lo que es lo mismo, para poder reconstruir una señal analógica, se requiere que la frecuencia con que se toman las muestras sea mayor o igual que el doble de la máxima frecuencia que pueda contener la señal.

b) Cuantización.

Una vez realizado el muestreo, el siguiente paso es la cuantización (*quantization*) de la señal analógica. Para esta parte del proceso los valores continuos de la sinusoide se convierten en series de valores numéricos decimales discretos correspondientes a los diferentes niveles o variaciones de voltajes que contiene la señal analógica original.

Por tanto, la cuantización representa el componente de muestreo de las variaciones de valores de tensiones o voltajes tomados en diferentes puntos de la onda sinusoidal, que permite medirlos y asignarles sus correspondientes valores en el sistema numérico decimal, antes de convertir esos valores en sistema numérico binario, como se muestra en la Figura 2.7.

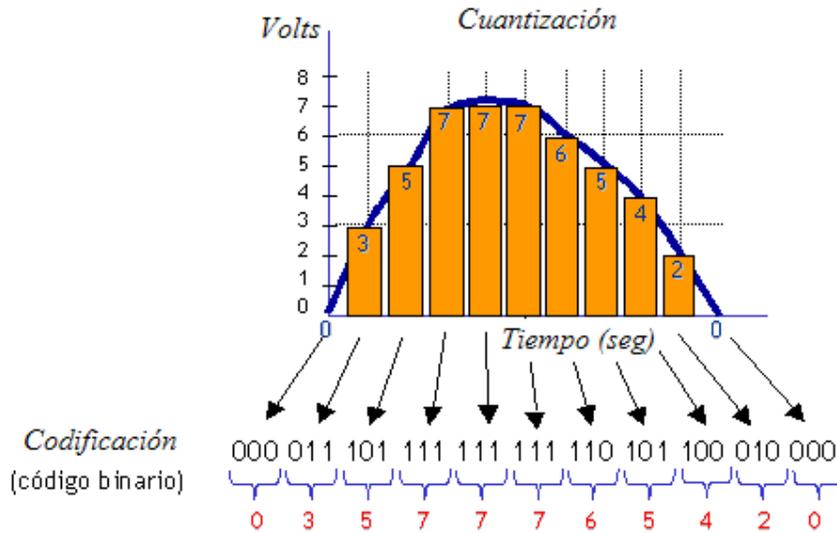


Figura 2.7 Cuantización

c) Codificación.

Después de realizada la cuantización, los valores de las tomas de voltajes se representan numéricamente por medio de códigos y estándares previamente establecidos. Lo más común es codificar la señal digital en código numérico binario

La codificación es la representación numérica de la cuantización utilizando códigos ya establecidos y estándares. El código más utilizado es el código binario.

En la Tabla 2.1 se representan los números del 0 al 7 con su respectivo código binario. Como se ve, con 3 bits, podemos representar ocho estados o niveles de cuantización.

Número	Código binario
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

TABLA 2.1 Código binario



2.2.4 Modulación Y Demodulación.

La modulación digital es el proceso mediante el cual los símbolos digitales son transformados en formas de onda que son compatibles con la característica espectral de un canal paso banda. En el caso de la modulación paso banda, la señal de información deseada modula una senoide llamada onda portadora o simplemente portadora; para la transmisión de radio frecuencia (RF),

La modulación paso banda puede proporcionar otros beneficios importantes en transmisión de señales. Si más de una señal utiliza el mismo canal, la modulación puede ser utilizada para separar las diferentes señales. Tal técnica es conocida como división por multiplexión en la frecuencia. En éste sentido, la modulación se usa para minimizar las interferencias de otras señales. La tarea del demodulador o detector es recuperar el flujo de bits a partir de la forma de onda recibida, libre de error en la medida de lo posible, sin importar la distorsión de la señal. Existen dos causas principales de distorsión. La primera la forman los efectos de filtrado del transmisor, el canal, y el receptor. En la Figura se ilustra un esquema de modulación digital por amplitud denominado ASK (Amplitude Shift Key).

Se define la longitud de onda (λ) como la distancia que recorre el pulso mientras una partícula del medio que recorre la onda realiza una oscilación completa. El tiempo que tarda en realizar la oscilación se llama período (T) y la frecuencia (ν) es el número de oscilaciones (vibraciones completas) que efectúa cualquier partícula, del medio perturbado por donde se propaga la onda en un segundo. [19], [20] y [21]

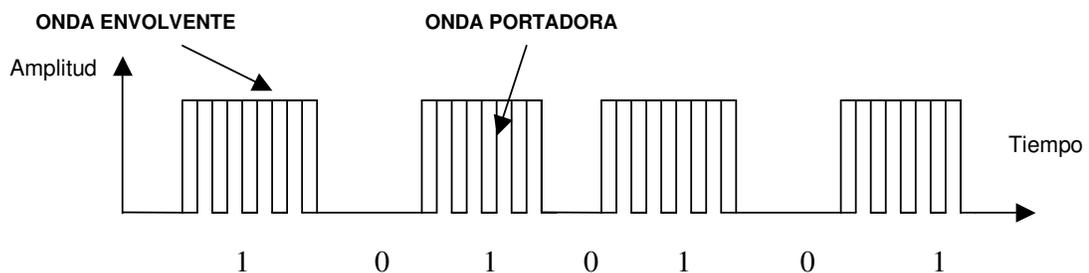


Figura 2.8 Modulación.



Los procesos descritos en este capítulo se realizarán utilizando un microcontrolador debido a las características que este presenta.

2.3 Microcontroladores.

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador.

Es muy habitual confundir los términos de microcontrolador y microprocesador, cayendo así en un error. Un microcontrolador es, un sistema completo, limitadas que no pueden modificarse y que puede llevar a cabo las tareas para las que ha sido programado de forma autónoma. Un microprocesador, en cambio, es simplemente un componente que forma parte del microcontrolador. [22], [23] y [24]

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, el sistema de arranque de los vehículos, etc.

2.3.1 Tipos De Arquitecturas De Microcontroladores.

Arquitectura Von Neumann

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores está basada en la arquitectura Von Neumann, en la cual la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa y los datos. El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está fijado por el ancho del bus que comunica la memoria con la CPU. Así un microcontrolador de 8 bits con un bus de 8 bits, tendrá que manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits (bytes) de longitud. Si tiene que acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, tendrá que realizar más de un acceso a la memoria. Y el tener un único bus hace que el microcontrolador sea más lento en su respuesta, ya que no puede buscar en memoria una nueva instrucción mientras no finalicen las transferencias de datos de la instrucción anterior. En la Figura 2.9 siguiente se muestra la arquitectura Von Neuman.

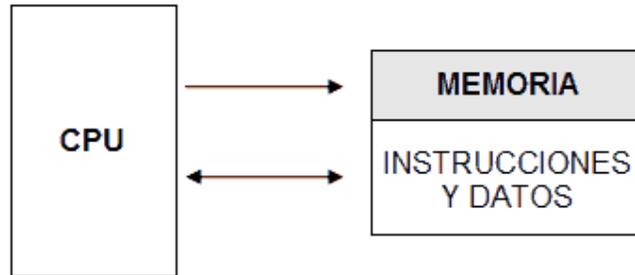


Figura 2.9 Arquitectura Von Neumann.

La arquitectura Harvard tiene la unidad central de proceso (CPU) conectada a dos memorias (una con las instrucciones y otra con los datos) por medio de dos buses diferentes. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa (Memoria de Programa), y la otra sólo almacena datos (Memoria de Datos). En la Figura 2.10 se muestra la arquitectura Harvard

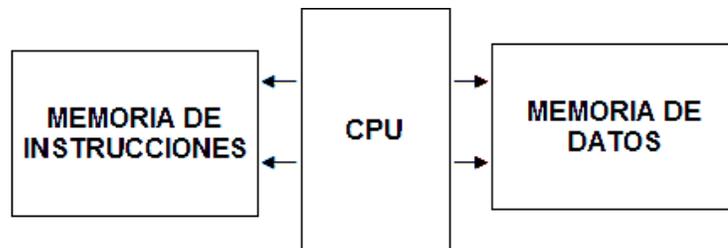


Figura 2.10 Arquitectura Harvard.

2.3.2 Características De Los Microcontroladores.

La memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés), y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo acceso aleatorio, volátil, (RAM, por sus siglas en inglés) y se destina a guardar las variables y los datos. A continuación se describen brevemente los principales tipos de memoria y elementos que contiene un microcontrolador.



ROM con máscara

Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado costo del diseño de la máscara hace que este tipo de memoria se emplee básicamente en microcontroladores que se fabrican en cantidades superiores a varios miles de unidades.

OTP

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario (OTP, por sus siglas en inglés – One Time Programmable -). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde una PC. La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas. Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, que se define más adelante, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

EPROM

Los microcontroladores que disponen de memoria ROM Programable y Borrable (EPROM, por sus siglas en inglés - Erasable Programmable Read Only Memory -) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde una PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caras que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

EEPROM

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente (EEPROM, por sus siglas en inglés -Electrical Erasable Programmable Read Only Memory -). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de una PC. La operación de grabado y de borrado se realiza fácil y rápidamente. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño.



Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria EEPROM en los circuitos programables para guardar y modificar fácilmente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno.

FLASH

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos energía y es más pequeña.

A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados "en circuito", es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Así, un dispositivo con este tipo de memoria

incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

Puertos de Entrada y Salida

La principal utilidad de los puertos de entrada y salida (E/S) que contiene un microcontrolador es soportar las líneas que comunican al computador interno con los periféricos exteriores.

Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo.



Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía. [25] y [26]

Según el modelo de microcontrolador que se trate, el tamaño y el tipo de memoria pueden diferir, así como el número de líneas de E/S y los módulos de control de periféricos. La diversificación de modelos, permite seleccionar el más adecuado según la aplicación de que se trate. Una estructura interna fija supone una limitación, que se convierte en una ventaja en el caso de que en un simple circuito integrado residan todos los componentes que necesita.

Las comunicaciones y sus sistemas de transferencia de información utilizan profusamente estos pequeños computadores, incorporándolos en los grandes automatismos y avances tecnológicos de los últimos años.

En la Figura 2.11 se muestra la estructura de un microcontrolador donde se pueden observar las características antes mencionadas.

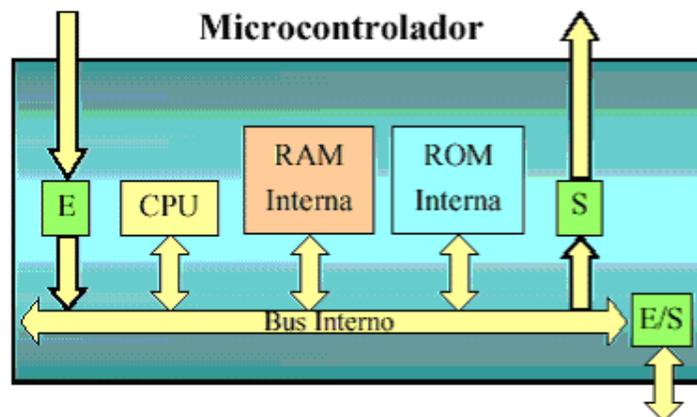


Figura 2.11 Estructura típica de un microcontrolador.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

Temporizadores o "Timers"

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.



Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

Perro guardián o "Watchdog"

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicializa el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El Perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al Perro guardián antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, "ladrará y ladrará" hasta provocar el reset.

Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

Estado de reposo ó de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo "sueño" el microcontrolador. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

Convertor A/D

Los microcontroladores que incorporan un Convertor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del ADC por sus siglas en ingles (Analog-to-Digital Converter) diversas señales analógicas desde las patitas del circuito integrado.



Convertor D/A

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patitas de la cápsula. Existen muchos efectores que trabajan con señales analógicas.

Comparador analógico

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

Modulador de anchura de impulsos o PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

Puertos de E/S digitales

Todos los microcontroladores destinan algunas de sus patitas a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos.

Las líneas digitales de los Puertos pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

Puertos de comunicación

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos. Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.

USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona.

Por todas las características que presentan estos dispositivos electrónicos, se han utilizado en este trabajo, ya que por medio del puerto de comunicación serán transmitidos y recibidos datos para lograr así la comunicación inalámbrica.



2.4 Transmisión De Datos

Las redes IR (Infrarrojo) permiten conectar dos dispositivos con puertos IR incorporados y ubicados en el mismo espacio o ambiente, simplemente se alinean debido a que deben ser:

- visión directa,
- distancias relativamente cortas,
- velocidades entre 9600 bps, y 4 Mbps.

Los puertos IR de cada dispositivo se transmiten o envían los datos, para llevar a cabo estas dos secuencias es necesario establecer protocolos de comunicación.

El protocolo de comunicación que se utilizará es el conocido con como UART por sus siglas en inglés (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) para la cual hay que generar un flujo o cadena de bits.

Este protocolo consiste en agregar marcadores dentro del flujo de bits para ayudar a seguir cada bit de datos. Al introducir un bit de inicio que indica el inicio de un corto flujo de datos, la posición de cada bit puede ser determinado cronometrando los bits a intervalos regulares, enviando bits de inicio al comienzo de cada flujo de 8 bits.

Es muy importante que el sistema de recepción esté configurado a la misma velocidad que el sistema de transmisión. Cuando el dispositivo receptor de la comunicación recibe el bit de inicio comienza un temporizador de corto tiempo. Al mantener los flujos cortos no hay suficiente tiempo para que el reloj salga de sincronía.

Cada flujo de bits es separado en grupos de 5 a 8 bits llamados palabras. Las palabras de 8 bits corresponden a un byte. Por convención, el bit menos significativo de la palabra es enviado primero y el más significativo al final.

Durante la comunicación, el transmisor codifica cada palabra agregándole un bit de inicio al principio y 1 o 2 bits al final. En algunas ocasiones se agregará un bit de paridad entre el último bit de la palabra y el primer bit de paro, esto es utilizado como verificación de integridad de datos. Al paquete de bits que se transmiten usualmente se le llama trama de datos (*Data Frame*).

Se pueden utilizar 5 tipos diferentes de bits de paridad:

- Bit marcador de paridad: siempre es un 1 lógico.
- Bit de paridad de espacio: siempre es un 0 lógico.
- Bit de paridad par: es puesto en 1 lógico si cuando al contar el número de bits en la palabra el resultado es par.
- Bit de paridad non es puesto en 1 lógico si cuando al contar el número de bits en la palabra el resultado es non.
- Trama sin bit de paridad, ó sin paridad, es cuando se elimina el bit de paridad de la trama.



La trama se denomina de acuerdo a su conformación de bits. Por ejemplo: Palabras de 8 bits, con paridad Non y 1 bit de paro se conocen como 8N1, y la trama es como se muestra en la Figura 2.12

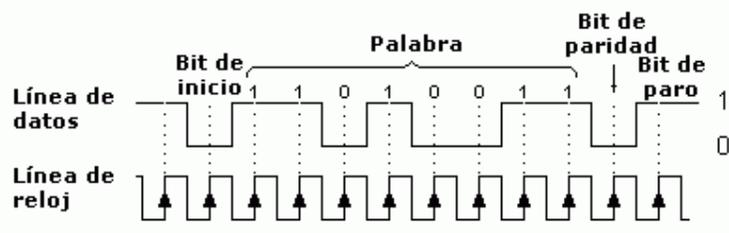


Figura 2.12 Trama de datos de comunicación serial asíncrona.

De esta manera cada tren de pulsos que se genere será enviado por el sistema transmisor, y decodificado por el sistema receptor, estableciendo así la comunicación. En la Figura 2.13 se muestra un esquema.

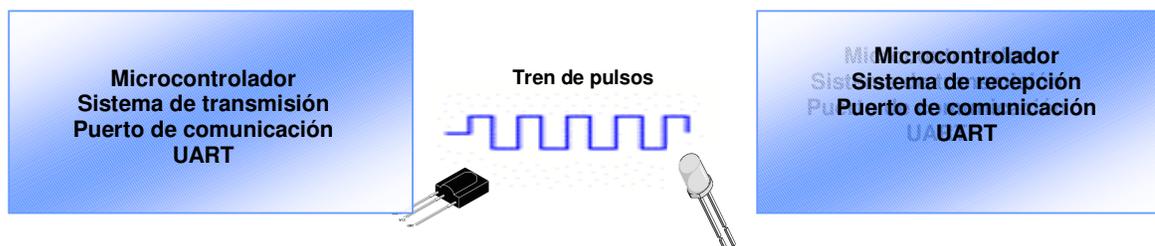


Figura 2.13 Esquema de un sistema de comunicación digital asíncrona.

2.5 Conclusiones.

En este capítulo se han determinado los fundamentos teóricos para el diseño y desarrollo del sistema de medición volumétrico a distancia, como son:

- Digitalización de una señal analógica
- Protocolo de Comunicación Asíncrono
- Programación de microcontroladores
- Transmisión de Datos
- Utilización de comunicación utilizando tarjeta WAVECOM®



CAPÍTULO 3

Diseño del Sistema de Medición Volumétrico a Distancia

En el presente capítulo se describe paso a paso las etapas y procesos que forman parte del diseño del sistema de medición volumétrico a distancia así como sus características.

3.1 Investigación De Campo.

En este punto se describirán las actividades que fueron realizadas como parte de la investigación de campo para el desarrollo del diseño del sistema de medición volumétrica de combustible.

3.1.1 Funcionamiento Del Sensor De Nivel De Combustible Actual.

Actualmente los vehículos cuentan con un sensor de nivel tipo reóstato, el cual se encuentra integrado a la bomba del vehículo. El sensor de nivel es un instrumento instalado en el tanque del vehículo, que permite al usuario saber la cantidad de combustible existente en el tanque, en la Figura 3.1 se muestra el sensor de nivel y las partes que lo conforman. [27], [28] y [29]

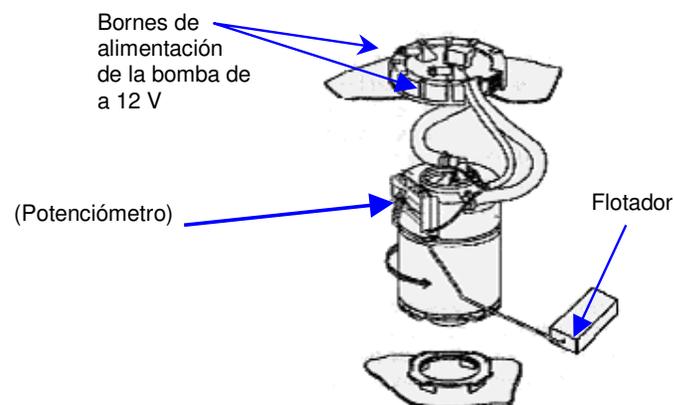


Figura 3.1 Sensor de Nivel.



El sensor de nivel dentro del tanque funciona con un flotador que sube y baja según la cantidad de combustible dentro del tanque, de tal modo que en cada ocasión cuando sube o baja el flotador, el potenciómetro al que se encuentra conectado, varía el voltaje de 12 a 5 volts lo cual se ve reflejado en el indicador ubicado en el tablero del vehículo.

Este tipo de sensor es esencialmente el mismo diseño en los diferentes modelos de vehículos, cambiando prácticamente solo en tamaño, esto es debido a la capacidad del tanque en los diferentes vehículos.

3.1.2 Línea De Conducción.

El sistema que se propone en este trabajo es un sistema digital, y uno de los objetivos es convertir la señal analógica del sistema actual en una señal digital, para conseguir esto es necesario ubicar la señal analógica dentro del vehículo. Para poder ubicar la señal analógica fue necesario destapar el tanque de combustible, y verificar con el multimetro que cable era el que presentaba variaciones de voltaje cuando se llenaba o vaciaba el tanque de combustible.

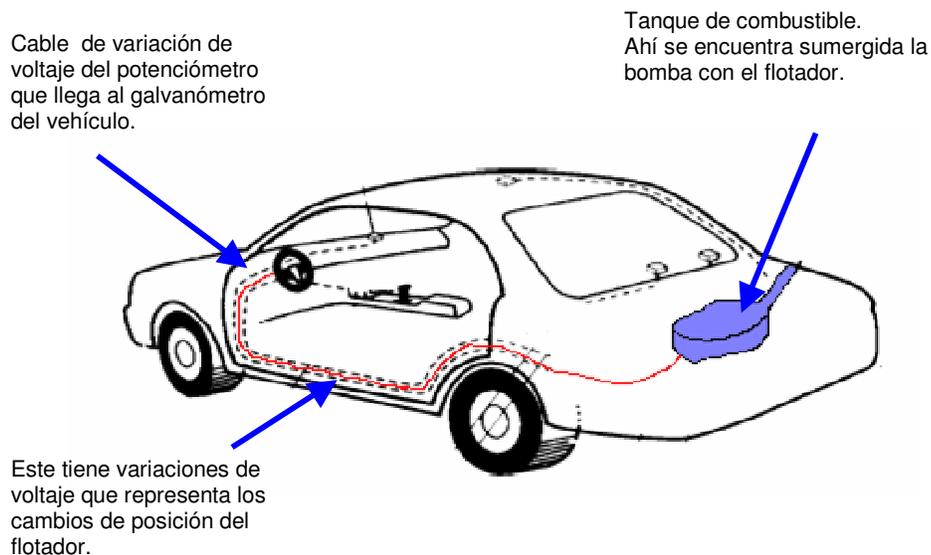


Figura 3.2 Líneas de conducción.

3.1.3 Medición De Voltaje En La Batería.

Es necesario medir el voltaje de la batería en diferentes circunstancias para conocer el voltaje mínimo y el máximo tomando en cuenta que la batería alimenta todos los sistemas del vehículo, y también será fuente de alimentación del dispositivo de medición de combustible que se está diseñando.



- Medir la tensión en vacío, esta deberá ser superior a 12.35 Voltios
- Con el motor parado, encender faros, ventilador, la tensión de batería ha de mantenerse por encima de los 10.5 Voltios tras un minuto de funcionamiento.
- Cortando el consumo de corriente la tensión de batería ha de subir a los 11.95 en menos de un minuto.

3.2 Diseño Del Sistema De Medición De Combustible.

El sistema de medición de combustible propuesto en este trabajo tiene como objetivo general mediar a distancia el volumen de combustible que se encuentra en los depósitos de los vehículos de forma inalámbrica.

Para lograr el objetivo antes mencionado es necesario realizar varios procesos que se representan en la Figura 3.3

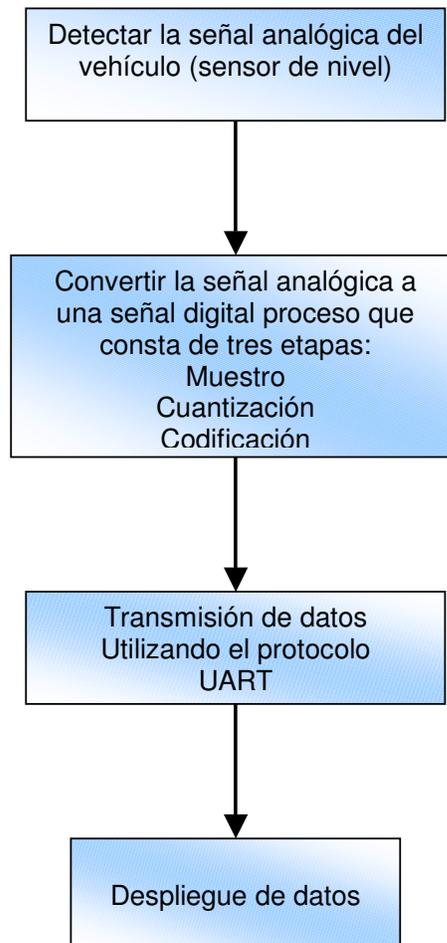


Figura 3.3 Procesos.



Estos procesos serán realizados en un microcontrolador el cual será programado específicamente para realizar cada etapa.

3.2.1 Sistema de Transmisión.

El sistema de medición diseñado consta de dos partes:

- Sistema de transmisión
- Sistema de recepción

El sistema de transmisión que se diseño, estará conectado con el sensor de nivel ubicado en el automóvil y esta basado en un microcontrolador AVR Ateamega8535 [30]. En al Figura 3.4 se muestra un esquema del sistema de transmisión diseñado.

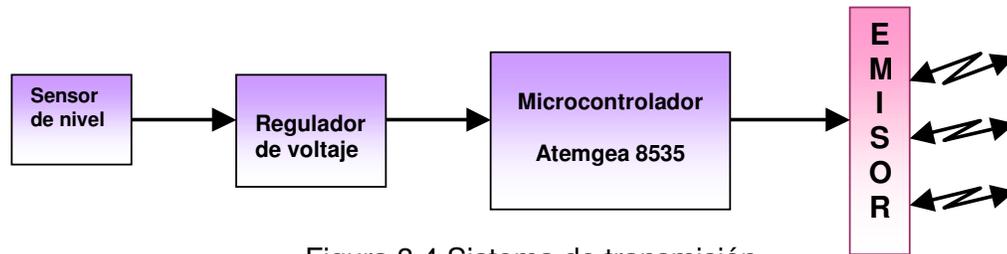


Figura 3.4 Sistema de transmisión.

En la Figura 3.5 se presenta un diagrama de flujo de la programación realizada.

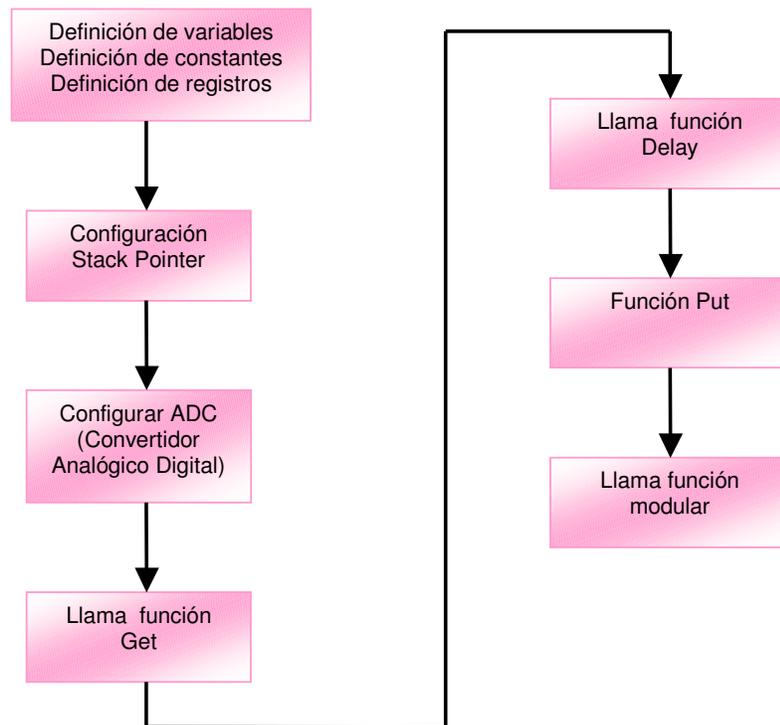


Figura 3.5 Diagrama de flujo de transmisión.



3.2.2 Configuración de Convertidor Analógico Digital (ADC).

La conversión ADC se realizará en el microcontrolador Atmega8535 el cual tiene las siguientes características:

- Resolución de 10 Bits
- Tiempo de conversión 65 -260 μ s
- Frecuencia de oscilación de interna de 4MHz

Este dispositivo establece una relación entre su entrada (señal analógica) y su salida (señal digital) dependiendo de su resolución. La resolución determina la precisión con la que se reproduce la señal original.

$$resolucion = \frac{V_{ref}}{2^n} \text{ volts} \tag{1}$$

$n = bits$

En nuestro caso particular estamos considerando un voltaje de referencia de 5 volts y estamos manejando 10 bits, por lo que tendremos una resolución.

$$resolucion = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 0.0048 \approx 5 \text{ milivolts} \tag{2}$$

$n = bits$

Por lo tanto el error en las medidas de voltaje será siempre del 001%.

Lo que quiere decir que los valores de voltaje de entrada, estarán comprendidos entre 0 y 5 volts, y los valores enteros entre 0 y $1023 \cdot 2^{(n-1)}$.

A continuación se muestra una tabla de equivalencias entre el voltaje de entrada y voltaje de salida

Voltaje de entrada (Analógico)	Voltaje de salida (Digital)
0	0000000000
1	0000000001
2	0000000010
3	0000000011
4	0000000100
5	0000000101

Tabla 3.1 Voltaje de entrada y salida.



Un ADC muestrea una señal analógica y la convierte en un valor digital de 'n' bits. Este muestreo está definido por la función de transferencia. En la siguiente Figura 3.6 se muestra una función de transferencia ideal de un convertidor de 10 bits de precisión.

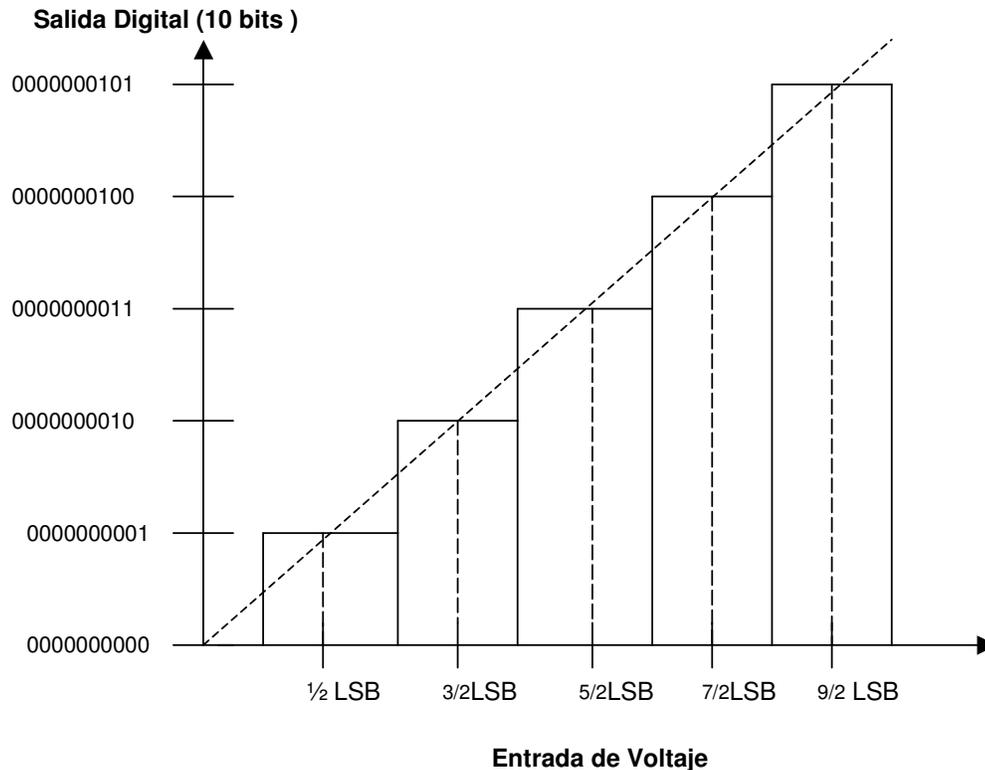


Figura 3.6 Función de transferencia.

El convertidor no tiene otro objeto que el de medir la señal de entrada de característica fraccionaria y base decimal y atribuirle un valor entero de base binaria. Para efectuar esta operación de conversión de una función continua en otra discontinua, es necesario establecer unos intervalos de validez, siendo el intervalo en que se sitúa en un instante dado la tensión de entrada, el que determina de forma unívoca el número binario generado por el convertidor.

Un punto de transición es aquel valor analógico que produce un cambio en la salida digital desde un código hasta el próximo. Un punto de transición no es realmente un punto, sino una pequeña región de incertidumbre.



En la Figura 3.7 se muestra un esquema de los puntos de transición, los cuales se tiene al empezar cada escalón de

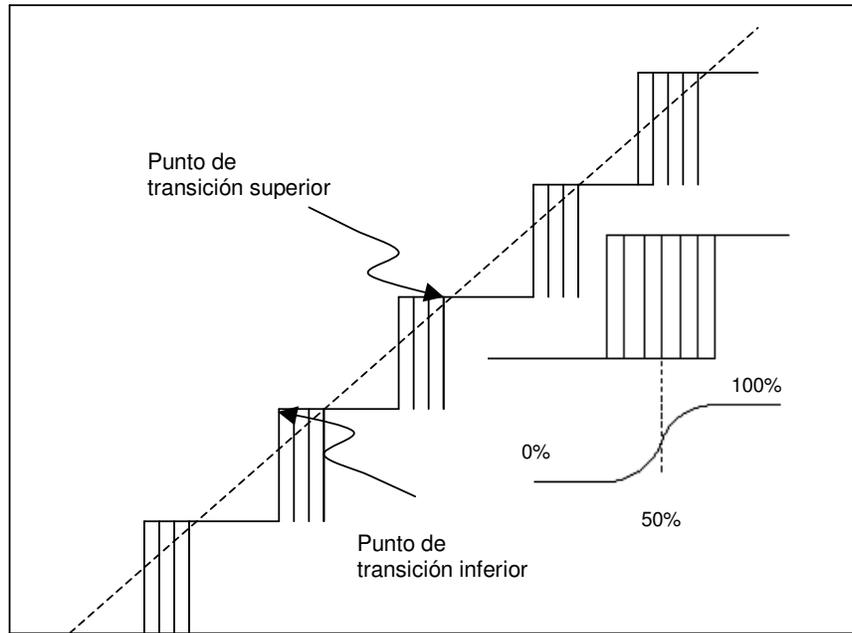


Figura 3.7 Puntos de transición.

Exactitud absoluta o error total: máximo valor de la diferencia entre el valor analógico de entrada y la tensión central que representa el código digital. En la Figura 3.8 se muestra este tipo de error.

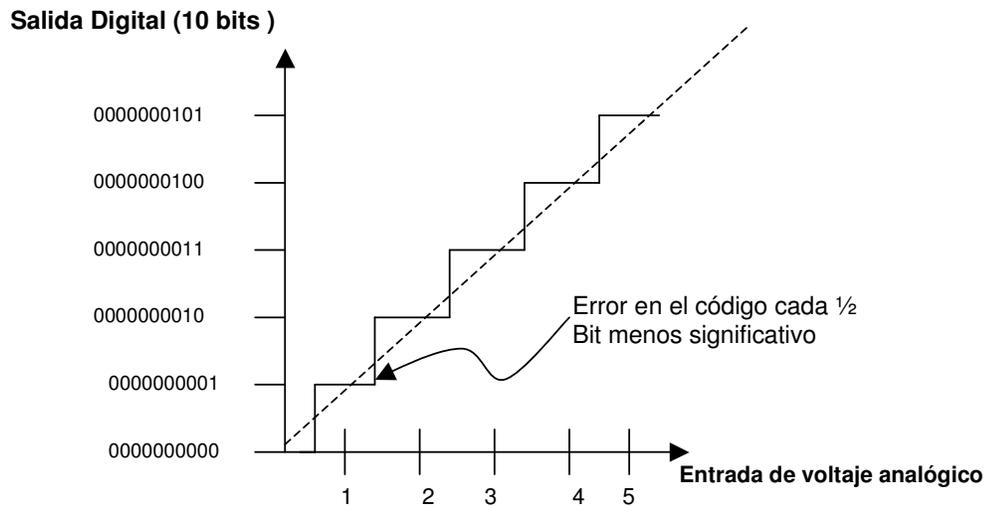


Figura 3.8 Error Absoluto.



El convertidor analógico digital ADC del microcontrolador Atmega8535 cuenta con los siguientes registros:

- Registro multiplexor
- Registro de estatus de control
- Registro especial de funciones de entradas y salidas

En la Figura 3.9 se representa el registro multiplexor.

REGISTRO MULTIPLEXOR DEL ADC (ADMUX) MULTIPLEXER SELECTION REGISTER

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read /Write Lectura / escritura	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Valor inicial Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.9 Multiplexor

A cada bit se le asignará un valor 0 o 1 según la función requerida, de acuerdo a las características que a continuación se describen.

Bit 7:6 - REFS1:0: Referencia de selección de bits (Reference Selection Bits).

Estos bits seleccionan el voltaje de referencia para el ADC como se muestra en la siguiente tabla si estos bits cambian durante la conversión, el cambio no tendrá efecto hasta que esta conversión este completa en otro registro llamado ADIF y cuando ADCRA en un estado inicial el cual se explicara más adelante.

REFS1	REFS0	Selección del voltaje de referencia
0	0	AREF Cambiar el voltaje de referencia interno
0	1	AVCC con un capacitor externo al pin del AREF
1	0	Reserva
1	1	Voltaje de referencia interno 2.56V

Tabla 3.2 REFS1 para la selección de bits

Bit 5 – ADLAR: Resultado ajustado a la izquierda (Left Adjust Result).

Este bit afecta el resultado de la conversión en el registro del convertidor, escribe un 1 si el resultado se ajusta a la izquierda. Por otro lado el resultado se puede ajustar a la derecha, los cambios en estos bits afectaran a los registros del convertidor.



En el esquema se representa el ajuste a la derecha, se tienen dos registros de 8 bits enumerados del bit 0 al bit 15, en estos registros se pondrán los 10 bits del resultado de la conversión como se indica en el esquema, dejando libre del bit 10 al bit 15.

ADALAR = 0

BIT	15	14	13	14	11	10	9	8	ADCH
	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	
	7	6	5	4	3	2	1	0	ADCL
Read /Write Lectura / escritura	RW								
	RW								
Valor inicial Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.10 Registro de Ajuste a la Derecha.

En el esquema se representa el ajuste a la izquierda, de igual forma se tienen dos registros de 8 bits enumerados del bit 0 al bit 15, en estos registros se pondrán los 10 bits del resultado de la conversión como se indica en el esquema, dejando libre del bit 5 al bit 0. La diferencia entre ajustar a la izquierda o a la derecha se observa claramente en los esquemas

ADALAR = 1

BIT	15	14	13	14	11	10	9	8	ADCH
	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	
	ADC1	ADC0							
	7	6	5	4	3	2	1	0	ADCL
Read /Write Lectura / escritura	RW								
	RW								
Valor inicial Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.11 Registro de Ajuste a la Izquierda.



Cuando una conversión en el ADC esta completa, el resultado se encuentra en estos dos registros. Cuando ADCL es leído, el Registro de Datos del ADC no es puesto al día hasta que el ADCH es leído. Por consiguiente, si el resultado es dejado (abandonado) requieren la precisión ajustada y no más que de 8 bit, es suficiente leer ADCH. De otra manera, ADCL debe ser leído primero, entonces ADCH.

El bit de ADLAR en ADMUX, y los bits MUXN en ADMUX afecta el modo que el resultado es leído de los registros. Si ADLAR es puesto, el resultado es dejado (abandonado) ajustado. Si ADLAR es limpiado (faltan), el resultado tiene es correctamente ajustado.

ADC 9:0: Resultado de la conversión.

Cuando la conversión termina, el resultado puede encontrarse en cualquiera de los registros ADCL o ADCH, cuando termina la conversión el resultado es

$$ADC = \frac{(V_{in})1024}{V_{ref}} \quad (3)$$

En la tabla siguiente se muestra algunos resultados de la conversión tomando como referencia el voltaje de 5 volts.

Voltaje de referencia	Voltaje de entrada	Resultado de la conversión
5V	0V	0
5 V	1V	204
5 V	2V	409
5V	3V	614
5V	4V	818
5V	5V	1023

Tabla 3.3 Resultado de la conversión.

Bit 4:0 – MUX4:0 Canal Analógico y selección de bits.

El valor de estos bits seleccionan cual combinación de entradas análogas son conectadas al ADC. Estos bits también seleccionan lo mejor para los canales diferenciales, (ver tabla.) Si estos bits son cambiados durante una conversión, el cambio no tendrá efecto hasta que esta conversión sea completa (ADIF en ADCSRA es puesto).



MUX 4...0	Solo entrada	Entrada diferencial positiva	Entada diferencial negativa	Ganancia	
00000	ADC0	N/A			
00001	ADC1				
00010	ADC2				
00011	ADC3				
00100	ADC4				
00101	ADC5				
00110	ADC6				
00111	ADC7				
01000	N/A	ADC0	ADC0	10x	
01001		ADC1	ADC0	10x	
01010		ADC0	ADC0	200x	
01011		ADC1	ADC0	200x	
01100		ADC2	ADC2	10x	
01101		ADC3	ADC2	10x	
01110		ADC2	ADC2	200x	
01111		ADC3	ADC2	200x	
10000		ADC0	ADC1	1x	
10001		ADC1	ADC1	1x	
10010		ADC2	ADC1	1x	
10011		ADC3	ADC1	1x	
10100		ADC4	ADC1	1x	
10101		ADC5	ADC1	1x	
10110		ADC6	ADC1	1x	
10111		ADC7	ADC1	1x	
11000		ADC0	ADC2	1x	
11001		ADC1	ADC2	1x	
11010		ADC2	ADC2	1x	
11011		ADC3	ADC2	1x	
11100		ADC4	ADC2	1x	
11101		ADC5	ADC2	1x	
11110		1.22 V (V _{BG})	N / A		
11111		0V (GND)			

Tabla 3.4 Entradas de Canales y Ganancias Seleccionadas.

La Figura 3.12 muestra el registro de estatus de control, este registro se encarga del control de las conversiones del ADC.

REGISTRO DE ESTATUS DE CONTROL (ADCSRA) CONTROL AND STATUS REGISTER

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0	ADCSRA
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS 0	
Read /Write Lectura / escritura	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Valor inicial Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3.12 Registro de Estatus de Control.

Bit 7 – ADEN: Convertidor analógico habilitado (ADC enable).



Este bit se habilita con 1, así estará en funcionamiento el ADC ya que de lo contrario se apagará, en caso de cambio de valor de 1 a 0 cuando se este realizando una operación el ADC permanecerá encendido hasta que termine la operación.

Bit 6 – ADSC: Comienza la conversión (Star Conversion).

Se debe de escribir un 1 para cada conversión después de que se habilite el bit 7 del ADC, la primera conversión inicializará al ADC.

ADSC leerá una conversión larga como una que este en progreso, y cuando la conversión esta terminada regresara a cero, lo cual no afecta a este bit.

Bit 5 – ADATE: Habilita el auto trigger (Auto trigger Enable).

ADC el trigger Automático permiten cuando este bit es escrito en 1, permiten la habilitación automática del ADC. El ADC comenzará una conversión sobre un borde positivo de la señal de trigger seleccionada.

Bit 4 – ADIF: ADC Interrupción de Bandera (Interrupt Flag).

Este bit se inicializa cuando el ADC completa la conversión y los datos de registro son actualizados. Una conversión es interrumpida si se ejecuta el ADIE (interrupción habilitada) y

Bit 3 – ADIE: ADC Interrupción Habilitada (Interrupt Enable).

Este bit cuando se esta en 1 manda una señal para interrumpir una conversión

Bits 2:0 - ADPS2:0 Selección de Bits Prescalares (Prescalar Select Bit).

Este bit determina el factor de división entre la frecuencia del cristal y la entrada del reloj del ADC.

ADPS2	ADPS1	ADPS0	DIVISION FACTOR
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

Tabla 3.5 Selección Preescalar.



REGISTRO ESPECIAL DE FUNCIONES DE ENTRADA Y SALIDA (SFIOR) SPECIAL FUNCTION I/O REGISTER

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0	SFIOR
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	-	ACM	PUD	PSR2	PSR10	
Read /Write Lectura / escritura	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Valor inicial Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 3.13 Registro Especial de Funciones I/O.

Bit 7:5 – ADTS 2:0: ADC Fuente de Auto Trigger (Auto Trigger Source).

Si ADATE in el registro ADCSRA se escribe un 1 el valor de este bit seleccionara la fuente del trigger para que se inicia la conversión. Cada que cambia la fuente del trigger se limpia este registro y vuelve a empezar.

ADTS2	ADTS1	ADTS0	FUNTE DE TRIGGER
0	0	0	Modo libre
0	0	1	Comparador Analógico
0	1	0	Interrupción Externa Requiere 0
0	1	1	Timer /Contador 0 Comparador Matemático
1	0	0	Timer /Contador 0 sobre flujo
1	0	1	Timer /Contador 1 Comparador Matemático B
1	1	0	Timer /Contador 1 sobre flujo
1	1	1	Timer /Contador 1 con cualquier evento

Tabla 3.6 Fuente de auto trigger.

De esta manera se lleva a cabo la configuración del ADC y la conversión de la señal analógica que sale del sensor del automóvil.

La siguiente etapa es la transmisión de datos, la cual será efectuada utilizando fototransistor y un led infrarrojo, para modular y demodular las señales a transmitir.

3.2.3 Transmisión De Datos.

Las redes por infrarrojos permiten la comunicación entre dos nodos, usando una serie de leds infrarrojos para ello. La redes IR (Infrarrojo) permiten conectar dos dispositivos con puertos IR incorporados y ubicados en el mismo espacio o ambiente. Simplemente se alinean los puertos IR de cada dispositivo y se transmiten o envían los datos.



La norma IEEE 802.11 no ha desarrollado todavía en profundidad la tecnología de infrarrojos y solo menciona las características principales de la misma, a saber: [31]

- Transmisión infrarroja difusa
- El receptor y el transmisor no tienen que ser dirigidos uno contra el otro y no necesitan una línea de vista (line-of-sight) limpia.
- Rango de unos 10 metros.

Se está utilizando un fototransistor Tsop1738 y un led infrarrojo Tsal6100 para transmitir y recibir datos a través del protocolo de comunicación UART. [32] y [33]

La serie de Tsop son receptores miniatura para sistemas de control remoto infrarrojo. Es ensamblado en una caja epoxica diseñada como un filtro IR. La demodulación a la salida es una señal directamente decodificada por un microprocesador.

El circuito del Tsop se diseña de manera que los pulsos inesperados de la salida debido a las señales del ruido o del disturbio están evitados. Una etapa del integrado y un control de aumento automático se utilizan para suprimir tales disturbios. La marca que distingue entre los datos señal y la señal del disturbio es frecuencia portadora.

La frecuencia portadora debe estar cerca de la frecuencia de centro del filtro 38kHz. La longitud de la explosión debe ser 10 ciclos o más de largo. Después de que cada uno estallara que está entre 10 ciclos y 70 ciclos un rato del boquete por lo menos de 14 ciclos es necesario para cada uno estalle que sea más largo que 1.8ms que un rato correspondiente del boquete es necesario en una cierta hora en la secuencia de datos.

Este tiempo del boquete debe ser por lo menos 4 veces más de largo que la explosión. Hasta 800 explosiones cortas por segundo se pueden recibir continuamente.

Características

- Filtro interno para frecuencia PCM
- Protección contra disturbios en campos eléctricos
- Compatibilidad TTI y CMOS
- Bajo consumo de corriente

TSAL6100 es un diodo infrarrojo de alta tecnología en GaAIs en comparación con otros emisores alcanzan más de 100 % de la energía radiante en una longitud de onda similar.

- Ángulo de haz: 10°
- Longitud de onda: 940nm



La frecuencia portadora con la que trabaja el Tsopt1738 es de 38KHz, por lo tanto en un periodo se tendrá:

$$\begin{aligned} T &= \text{periodo} \\ f &= \text{frecuencia} \\ T &= \frac{1}{f} = \frac{1}{38000} = 26.31\mu s \end{aligned} \tag{4}$$

El microcontrolador trabaja a una frecuencia de de 4 MHz. Así que tenemos un periodo

$$T = \frac{1}{4MHz} = 0.25\mu s \tag{5}$$

El microcontrolador a 4MHz transmite a diferentes baudios como se muestra en la siguiente tabla. [34]

Baudios	Ciclos requeridos	Error %
2400	1667	0.0
4800	833	0.0
9600	417	0.6
14400	278	1.0
19200	208	0.3
28800	139	1.4
57600	69	2.2
11520	35	0.8

Tabla 3.7 Baudios de transmisión.

La velocidad a la que se envían datos en forma serial a través de una línea de comunicación, se conocen como baudios. La velocidad de baudios es expresada en unidades de bits por segundo. Los baudios a los que transmite el microcontrolador es de 19200

$$t_{bits} = \frac{1}{\text{baudios}} = \frac{1}{19200} = 52\mu s \tag{6}$$

El transmisor enviará bits de datos cada 52μs, y el receptor tomará lectura de los bits de datos cada 52μs. Hay que transmitir “1” y “0” utilizando el protocolo UART

La transmisión de cada carácter en una línea de comunicación asíncrona va precedida de un bit de inicio. El bit de inicio es un (0 lógico) con duración igual al tiempo de bit. En el receptor, cuando la línea cambia al bit de inicio se están recibiendo los datos.



Después de que el último bit de datos ha sido enviado, el transmisor pasa al bit de paro. El bit de paro indica que todos los bits de datos han sido enviados y la transmisión del carácter se ha completado. Si el receptor detecta un bit de inicio y después los bits de datos pero no detecta el bit de paro, se tomara como un error y volverá a empezar la transmisión.

El formato de transmisión es estándar NRZ n,8,1 y el orden de los bits se muestra en la Figura 3.14

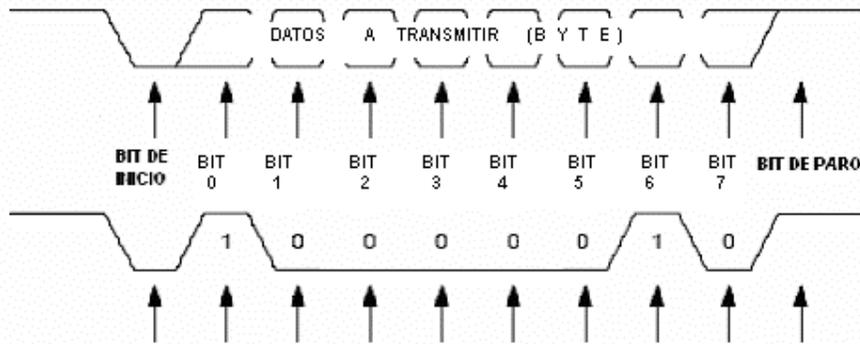


Figura 3.14 Transmisión estándar.

Bit de inicio. Indica que se va empezar la transmisión. El receptor espera la mitad del tiempo de bit (a 19200 baudios este tiempo es $26\mu s$) y toma otra muestra de la línea. Si la línea sigue el bit de inicio es valido. En otro caso, si la línea de recepción regresa al bit de inicio, se toma como un error que se le atribuye a una línea ruidosa.

Bit 0: El receptor espera un tiempo de bit y muestrea la línea de entrada, el nivel será el correspondiente al bit menos significativo.

Bit 1 a Bit 7: Se realizan 7 muestreos más, cada $52\mu s$ (para 19200 baudios), y se obtienen los niveles correspondientes a los bits de datos restantes. Después del bit 7 los 8 bits de datos han sido capturados.

Bit de paro: Se muestrea el bit de paro, observe que la línea regresa al bit de inicio

Una vez que se ha establecido la secuencia de transmisión de datos, se enviaran las conversiones del ADC al sistema de recepción.

3.2.4 Sistema de Recepción.

El sistema de recepción se encarga de recibir, decodificar y mostrar los datos que han sido enviados por el sistema transmisor. En la Figura 3.15 se muestra este sistema.

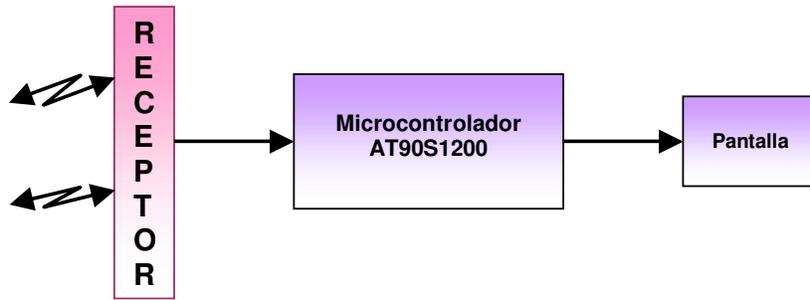


Figura 3.15 Sistema de recepción.

Decodificar la señal digital implica los siguientes procesos:

- Fijar escala y codificar datos
- Decodificar datos
- Mostrar datos

3.2.5 Escala.

Como ya se mencionó anteriormente, se está tomando como referencia un voltaje de 5 volts mismo que alimentará el sistema de transmisión, antes de llegar a este voltaje y establecer la escala, es necesario diseñar un circuito que regule el voltaje de 12 volts que tiene el sensor del vehículo hasta 5 volts

El voltaje de salida que tiene el sensor del vehículo varía desde 12 volts cuando se encuentra vacío y 5 volts cuando se encuentra lleno, tomando en cuenta una capacidad máxima del tanque de combustible de 65 litros, se establece la relación que se muestra a continuación.

Voltaje del Sensor	Capacidad del tanque	Voltaje de la escala
12 V	0 lts	0 V
8.5 V	32.5 lts	2.5
5 V	65 lts	5V

Tabla 3.8 Relación de voltajes y escala.

Esta relación nos permitirá fijar la escala, como ya se mencionó se está utilizando un convertidor analógico digital de 10 bits lo cual nos da un valor de 1023 de acuerdo con la siguiente tabla



Señal analógica (volts)	Escala asignada a cada bit en lts	Bits	Numero binario
0	0	0	0000000000
1	13	204	0011001100
2	26	409	0110011001
3	39	614	1001100101
4	52	818	1100110010
5	65	1023	1111111111

Tabla 3.9 Escala.

3.2.6 Conversión de Binario a Binario Decimal Codificado (BCD).

En BCD cada cifra que representa a un dígito decimal (0, 1, ..., 8 y 9) se representa con su equivalente binario en 4 bits (cuarteto) (esto es así porque 4 es el número de bits necesario para representar el 9, el número más alto cifrable en BCD). En la siguiente tabla se muestran los códigos BCD más empleados:

Decimal	Binario	Hexadecimal
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Tabla 3.10 Códigos BCD.

La ventaja del código BCD frente a la representación binaria clásica es que no hay límite para el tamaño de un número. Los números que se representan en formato binario están generalmente limitados por el número mayor que se pueda representar con 8, 10, 16, 32 o 64 bits.



Por el contrario utilizando BCD añadir un nuevo dígito sólo implica añadir una nueva secuencia de 4 bits. A continuación mostraremos la secuencia de conversión.

Tenemos una secuencia de 10 bits $1111111111 = 1023$

Hemos utilizado microcontroladores con registro de 8 bits y se esta trabajando con 10 bits por lo tanto dividiremos la secuencia de 10 bits en una secuencia de 8 bits para poder utilizar los registros como se muestra en la siguiente Figura

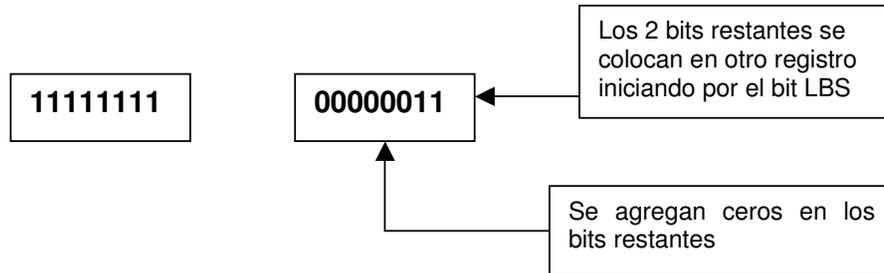


Figura 3.16 División de bits.

Ahora dividiremos cada byte en 4 bits y se codificaran los valores de acuerdo a la tabla de código binario como se muestra en la Figura 3.17

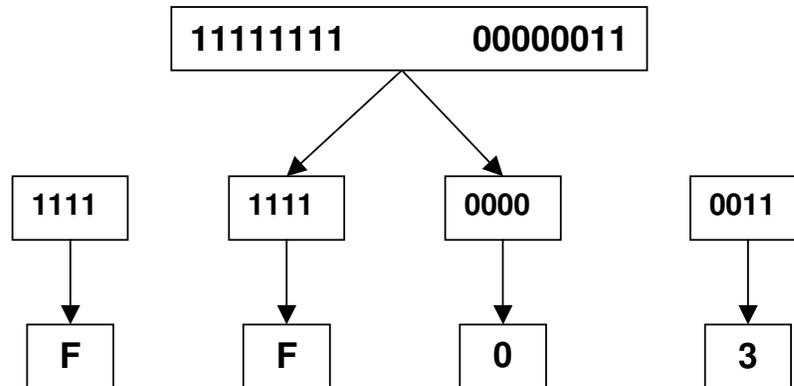


Figura 3.17 Codificación.

La decodificación se mucho mas simple ya que para cada valor de 4 bits codificado le corresponde un numero decimal como se muestra en la Figura

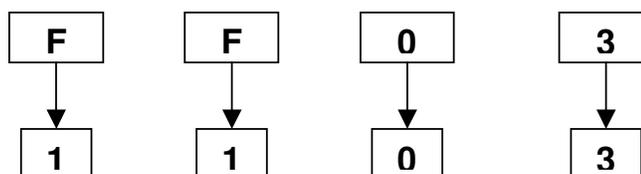


Figura 3.18 Decodificación.



Estos procesos serán programados en un microcontrolador AT90S1200 [35] y su programación se desglosa en la Figura siguiente:

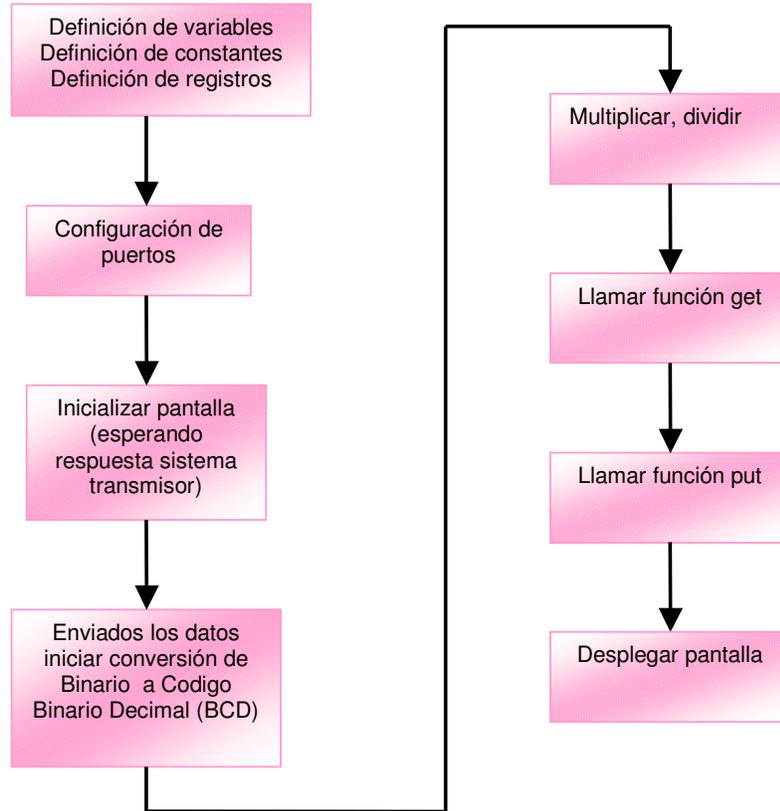


Figura 3.19 Diagrama de flujo de recepción.

3.2.7 Despliegue De Datos.

Los datos que han sido transmitidos por el sistema emisor y decodificados son desplegados en una pantalla indicando la cantidad de combustible que se encuentra en el depósito del vehículo.

Estos datos son desplegados en una pantalla de cristal líquido LCD por sus siglas en ingles (Liquid Crystal Display), se establece la comunicación con el microcontrolador a través del bus de datos de la pantalla.

Las características de la pantalla se describen a continuación



D0-D7: ocho señales eléctricas que componen un bus de datos.

R/W: una señal que indica si se desea leer o escribir en la pantalla (generalmente solamente se escribe).

RS: una señal que indica si los datos presentes en D0-D7 corresponden bien a una instrucción, bien a sus parámetros.

E: una señal para activar o desactivar la pantalla.

VO: señal eléctrica para determinar el contraste de la pantalla. Generalmente en el rango de cero a cinco voltios. Cuando el voltaje es de cero voltios se obtienen los puntos más oscuros.

Vss y Vdd: señales de alimentación. Generalmente a cinco volts. La señal Vss sirve para encender la luz trasera de la pantalla en algunos modelos y Vdd es el voltaje interno.

3.2.8 Materiales.

Se han diseñado tres circuitos electrónicos los cuales forman parte del sistema de medición volumétrica, para la realización de estos circuitos fue necesario utilizar el material descrito en la tabla 3.11

Material	Función
Led infrarrojos TSAL 6100	Led emisor de frecuencia con filtro para ruido
Fototransistor TSOP 1738	Led receptor de frecuencia con filtro para ruido
Microcontrolador Ateмега8535	Circuito integrado con memorias donde se genera el programa para realizar la transmisión de datos
Software AVR Studio 4	Es donde se realizan los programas para microcontrolador AVR
Software DXP Altium	Es donde se diseña el circuito electrónico para poder pasarlo a tarjeta electronica
Microcontrolador AT90S1200	Circuito integrado con memorias donde se genera el programa para realizar la recepción de datos
Pantalla (LCD)	Pantalla de cristal liquido en la cual se muestran los datos
Reguladores de voltaje 7805	Se utiliza para proteger a los circuitos integrados de altas tensiones mantiene el voltaje a 5 volts siempre
Programador STK500	Dispositivo electrónico para descargar los programas en el microcontrolador

Tabla 3.11 Tabla de material.

3.3 Circuitos Electrónicos.



El primer circuito electrónico diseñado es el que se encarga de igualar el voltaje del sensor del vehículo al voltaje que establecido en la escala (ver tabla 3.8). El circuito diseñado consta de un circuito convertidor de corriente continua a corriente continua (CC a CC) y otro circuito conocido como sumador.

Los conversores cc/cc transforman niveles de tensión continua en niveles de tensión continua controlada (regulada). En la Figura se muestra el circuito diseñado para esta función.

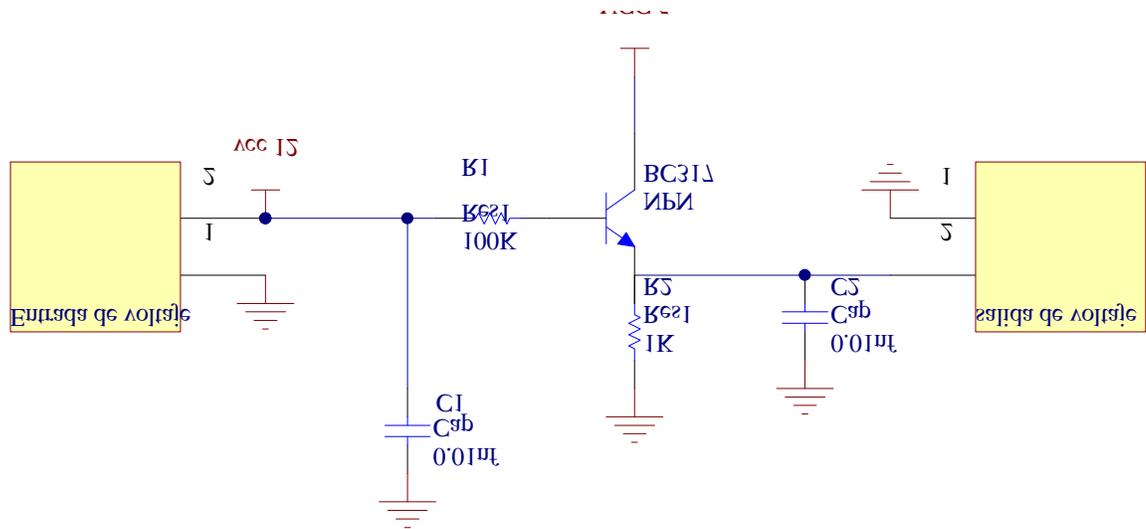


Figura 3.20 Circuito convertidor de CC a CC.

Como se ve, el circuito funciona como un regulador de tensión integrado ajustable el cual está actuando sobre un transistor de potencia. El voltaje que sale del sensor de nivel del vehículo entrará a este circuito y a su salida se tendrá un voltaje de 0 a 5 volts

Cuando el sensor de nivel del vehículo tenga variaciones de voltaje, dichas variaciones se enviarán al circuito convertidor de corriente continua, para establecer la sensibilidad de dicha conversión y tener una escala con mayor precisión.

Se hicieron mediciones del voltaje de entrada y de salida del circuito convertidor haciendo variaciones desde 12 volts hasta 0 volts y los resultados obtenidos muestra en la tabla 3.12.

Voltaje de entrada	Voltaje de salida	Voltaje de entrada	Voltaje de salida
11.99	4.99	6.19	2.44



Sistema De Medición Volumétrico a Distancia

11.89	4.90	6.09	2.40
11.79	4.89	5.99	2.36
11.69	4.87	5.89	2.31
11.59	4.84	5.79	2.27
11.49	4.78	5.69	2.22
11.39	4.74	5.59	2.18
11.29	4.70	5.49	2.13
11.19	4.67	5.39	2.08
11.09	4.68	5.29	2.04
10.99	4.59	5.19	2.00
10.89	4.55	5.09	1.95
10.79	4.51	4.99	1.90
10.69	4.47	4.89	1.86
10.59	4.44	4.79	1.81
10.49	4.40	4.69	1.76
10.39	4.36	4.59	1.72
10.29	4.32	4.49	1.67
10.19	4.28	4.39	1.63
10.09	4.24	4.29	1.58
9.99	4.20	4.19	1.54
9.89	4.16	4.09	1.49
9.79	4.12	3.99	1.44
9.69	4.17	3.89	1.40
9.59	4.03	3.79	1.35
9.49	3.99	3.69	1.31
9.39	3.96	3.59	1.26
9.29	3.92	3.49	1.21
9.19	3.88	3.39	1.17
9.09	3.84	3.29	1.12
8.99	3.80	3.19	1.07
8.89	3.75	3.09	1.03
8.79	3.71	2.99	0.98
8.69	3.67	2.89	0.93
8.59	3.63	2.79	0.89
8.49	3.59	2.69	0.84
8.39	3.50	2.59	0.79
8.29	3.46	2.49	0.75
8.19	3.41	2.39	0.70
8.09	3.37	2.29	0.65
7.99	3.33	2.19	0.61
7.89	3.28	2.09	0.56
7.79	3.24	1.99	0.51
7.69	3.20	1.89	0.46
7.59	3.15	1.79	0.42
7.49	3.11	1.69	0.37
7.39	3.07	1.59	0.32
7.29	3.02	1.49	0.28
7.19	2.98	1.39	0.23
7.09	2.94	1.29	0.18
6.99	2.89	1.19	0.14
6.89	2.85	1.09	0.098
6.79	2.80	0.99	0.057
6.69	2.76	0.89	0.021
6.59	2.71	0.79	0.002
6.49	2.67	0.69	0.001
6.39	2.62	0.59	0.001
6.29	2.58	0.49	0.001

Tabla 3.12 Voltajes medidos en el circuito convertidor de CC a CC.



La salida del circuito convertidor de CC a CC entrará al circuito sumador que se muestra en la siguiente Figura.

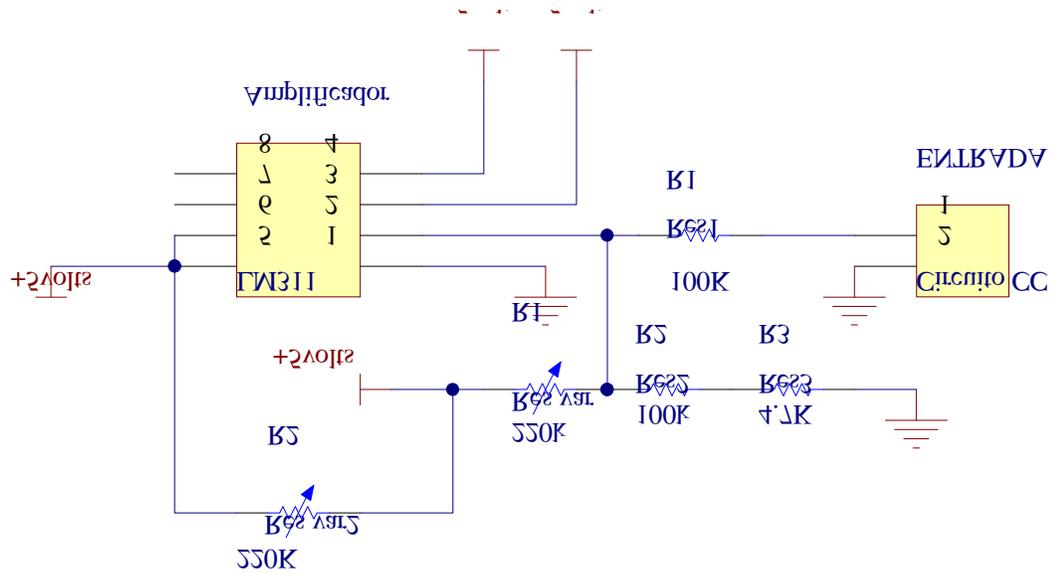


Figura 3.21 Circuito sumador.

El circuito sumador se integrara con el sistema transmisor para poder enviar la señal en el esquema siguiente se muestra la función de cada circuito.

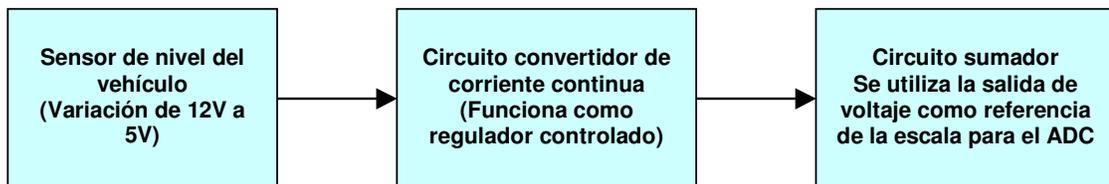


Figura 3.22 Esquema de funciones de los circuitos diseñados.

Una vez que se establece la sensibilidad del circuito la señal analógica que se obtenga será convertida en una señal digital por el convertidor analógico digital del microcontrolador y así enviar los datos con la mayor confiabilidad y la menor variación



Diseño del Circuito transmisor.

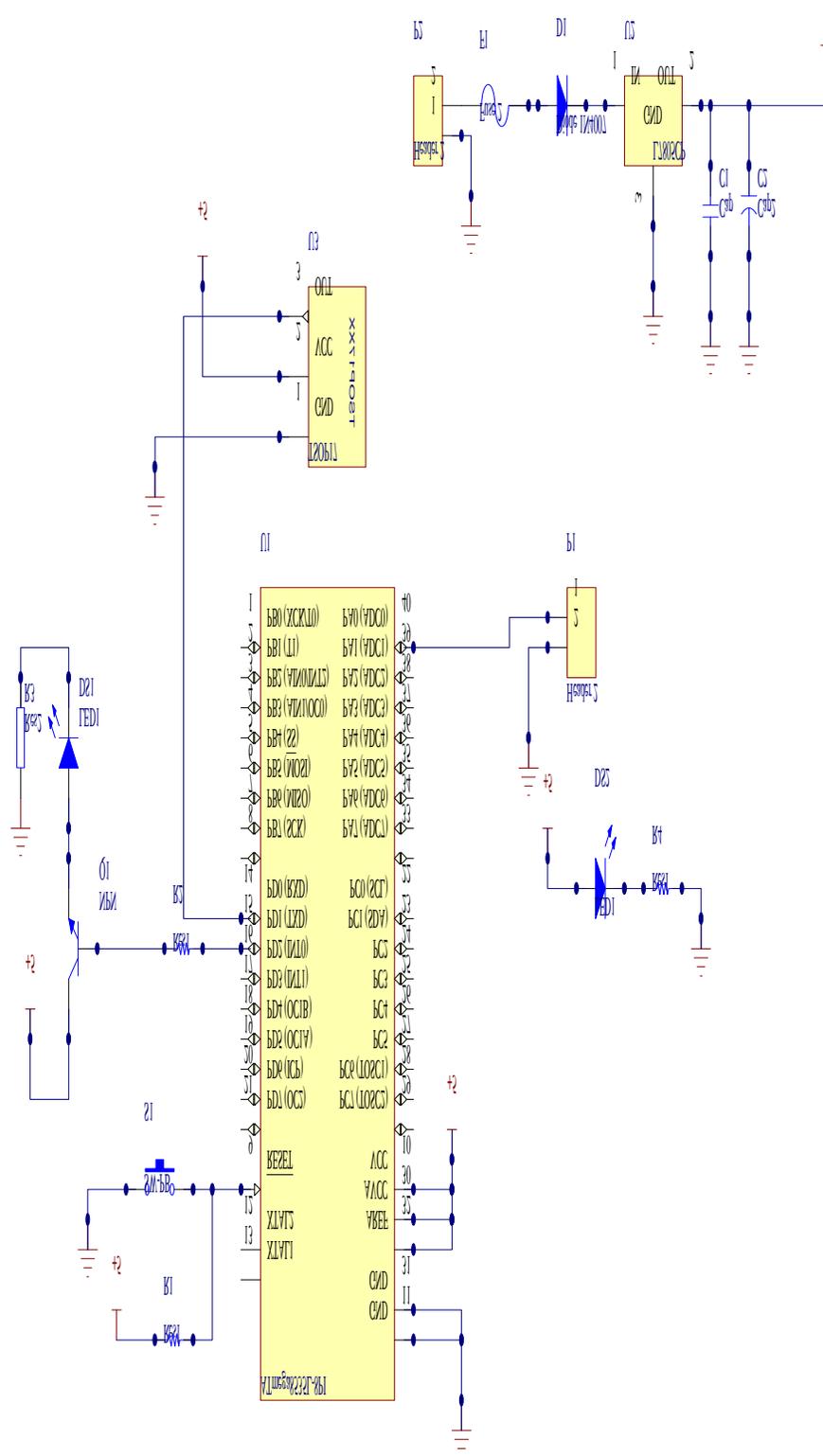


Figura 3.23 Circuito Transmisor.



Diseño del circuito receptor

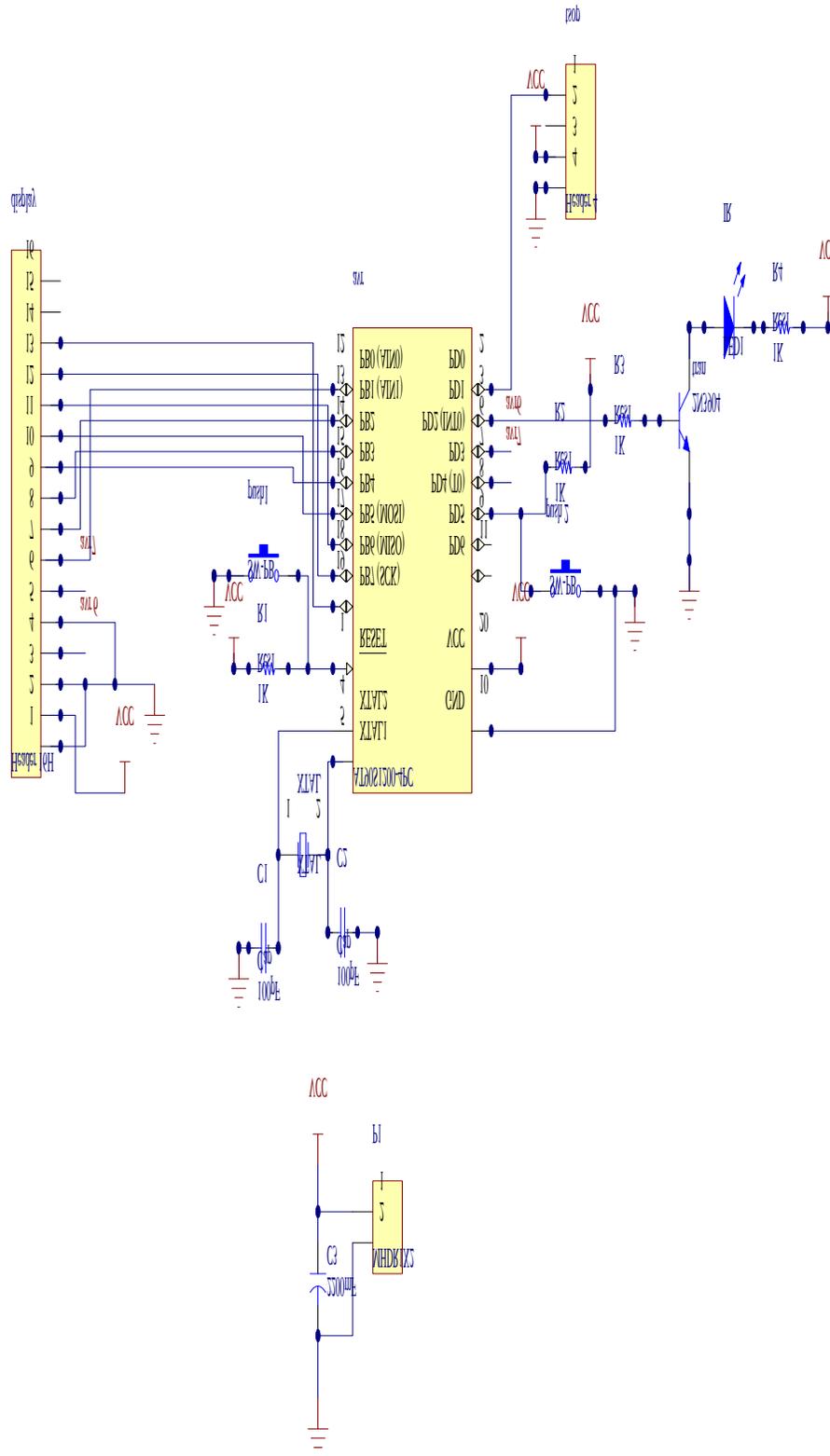


Figura 3.24 Circuito receptor.



3.4 Medición De Combustible Utilizando Celular.

Este diseño, utiliza el protocolo de comunicación de los teléfonos celulares en la Figura 3.25 se muestra esquemáticamente

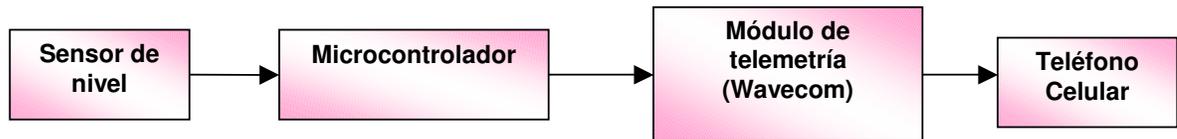


Figura 3.25 Medición volumétrica por celular.

Para la realización de este diseño es necesario seguir el siguiente procedimiento:

- Captar la señal analógica que utiliza el sensor de nivel del vehiculo
- Convertir esta señal analógica en señal digital
- Una vez digitalizada la señal enviar esta señal a módulo de telemetría WAVECOM®
- Esta señal es enviada al celular

En el diseño anterior se desarrollaron circuitos para poder digitalizar la señal analógica que se obtiene del sensor de nivel, estos circuito se utilizaran en este sistema para digitalizar la señal y enviarla al módulo WAVECOM®.

3.4.1 Funcionamiento Del Sistema Utilizando Celular.

Una vez digitalizada la señal analógica se enviara al módulo WAVECOM®, y de este modulo se enviara al celular la cantidad de combustible existente en los depósitos. En la Figura 3.23 se muestra las etapas que forman parte del sistema.

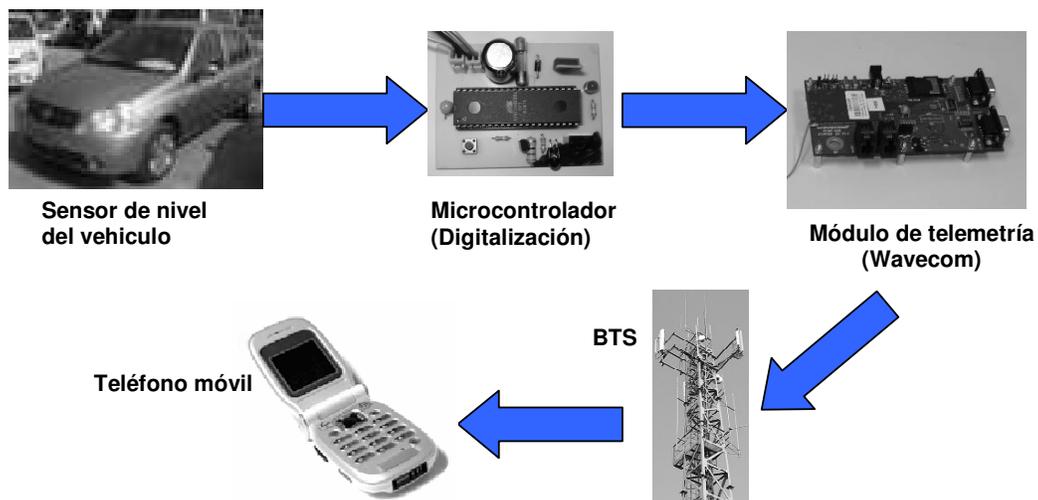


Figura 3.26 Sistema de medición utilizando celular



Este sistema de medición funciona como se muestra en el siguiente esquema:

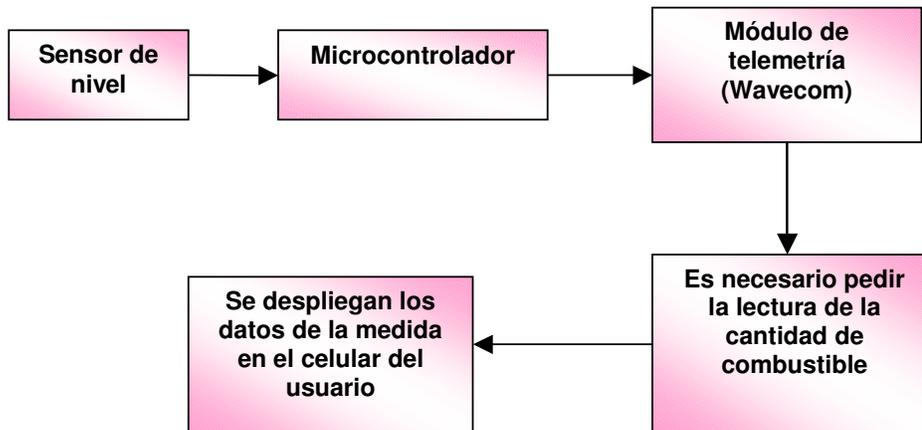


Figura 3.27 Esquema de funcionamiento del sistema.

Es necesario enviar un mensaje de texto para desde un celular para poder recibir la lectura.

3.5 Conclusiones.

En este capítulo se han presentado dos alternativas de solución para ayudar a controlar el inadecuado suministro de combustible que afecta al país.

La primera alternativa es el diseño del sistema de medición a distancia utilizando LED's infrarrojos, este sistema utiliza una frecuencia modulada de 38 KHz. l o que permite un enlace de comunicación a una distancia de 6 m.

La segunda alternativa es el diseño del sistema de medición utilizando un enlace de comunicación vía celular en la frecuencia de 1900 MHz.



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos en el diseño de sistema de medición volumétrico a distancia considerando los siguientes aspectos:

- Legibilidad
- Tipo de Comunicación
- Distancia de comunicación
- Resolución

4.1 Análisis De La Conversión Del ADC.

Cuando se diseña un sistema de medición, se debe asegurar que los datos que se están adquiriendo sean exactos y confiables. Para ello se necesita comprender la exactitud del hardware de los instrumentos basados en computadoras.

Se deben analizar las especificaciones para asegurarse que se está utilizando un producto de calidad. Además, no existen normas para especificar la exactitud del hardware de un instrumento basado en computadora. [36]

En un sistema ideal de medición basado en computadora, cualquier medición física es convertida inmediatamente y transferida a la computadora sin pérdida de información de datos. Si bien sería grato que un instrumento basado en computadora trabajara de manera ideal, se sabe que los componentes reales de un instrumento no son ideales. Esto lleva a que aparezcan inexactitudes dentro de la señal medida. En la figura 4.1 se muestra

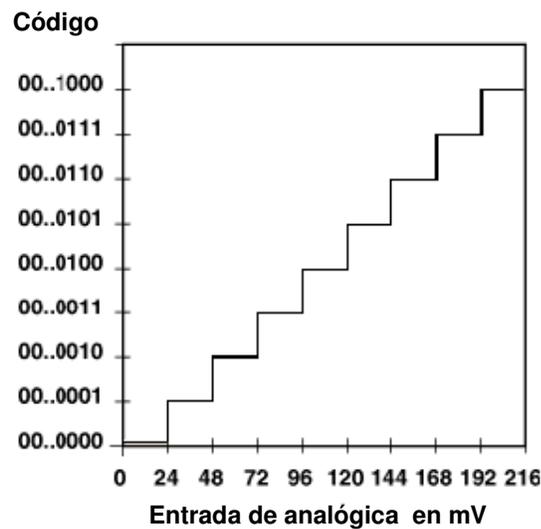


Figura 4.1 Función de transferencia ideal de un ADC.



La exactitud relativa es una medida, en LSBs, de la peor desviación de la función de transferencia de los instrumentos con respecto a una línea recta. La exactitud relativa asegura la exactitud de la conversión desde los valores reales de voltaje a código binario. En otras palabras, si se tomara una función de transferencia ideal tal como la que se muestra en la figura 4.1 y se colocara una línea recta a través del escalón horizontal de cada código, debería esperarse obtener una línea recta desde el primero al último código. (ver figura 4.2)

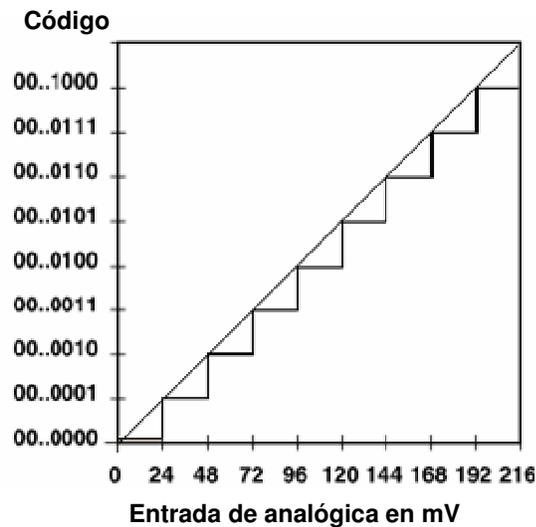


Figura 4.2 Línea recta digitalizada.

En el caso del ADC con resolución de 10 bits, esta función de transferencia “voltaje vs. Código” se asemeja a una escalera en la cual existen escalones más alto o ancho que otros escalones. Se puede calcular este escalón, denominado como ancho de código, del siguiente modo:

$$resolucion = \frac{V_{ref}}{2^n} \text{ volts} \tag{7}$$

$n = bits$

Por lo tanto:

$$resolución = \frac{5}{2^{10}} = \frac{5}{1024} = 0.0048 \approx 5 \text{ milivolts} \tag{8}$$



Para un ADC con 10 bits de resolución y un voltaje de referencia de de 5V se obtendra ancho de código calculado 5mV por código. En este caso, 5 mV equivalen a un bit menos significativo (LSB) para este instrumento. Esto significa que el ancho de cada escalón es de 5 mV. Por lo tanto se puede digitalizar, idealmente, señales de entrada que varíen en 5 mV, como mínimo.

Si se dibuja una línea entre los escalones horizontales, no será una línea recta. En lugar de ello, ocurrirá alguna desviación. La máxima desviación se denomina como la exactitud relativa del instrumento. La Figura 4.3 muestra las desviaciones halladas en el ADC con una resolución de 10 bits.

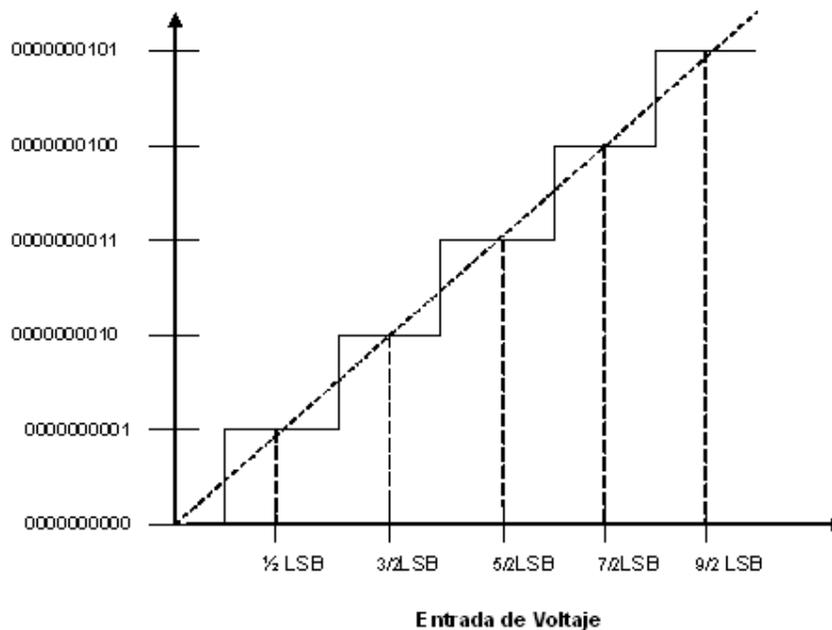


Figura 4.3 Función de transferencia de un ADC de 10 bits.

El término no-linealidad diferencial (DNL) es utilizado para cuantificar cómo el ancho de código afecta la exactitud de las mediciones. El DNL es una medida en LSB de la desviación del ancho de código de su valor ideal de 1 LSB. Un instrumento perfecto basado en computadora posee un DNL de 0 LSB. No obstante ello, en la realidad se puede esperar que instrumentos basados en computadora tengan DNLs de +/-0.5 LSB como el de que se obtuvo con el ADC 10 bits.

4.2 Análisis De Circuito Convertidor De CC a CC.

Como ya se menciona en el capítulo tres se hicieron mediciones simulando las variaciones de voltaje del sensor para poder observar la sensibilidad que se obtiene con el circuito diseñado, en la figura 4.4 se muestra la grafica de dichos resultados.

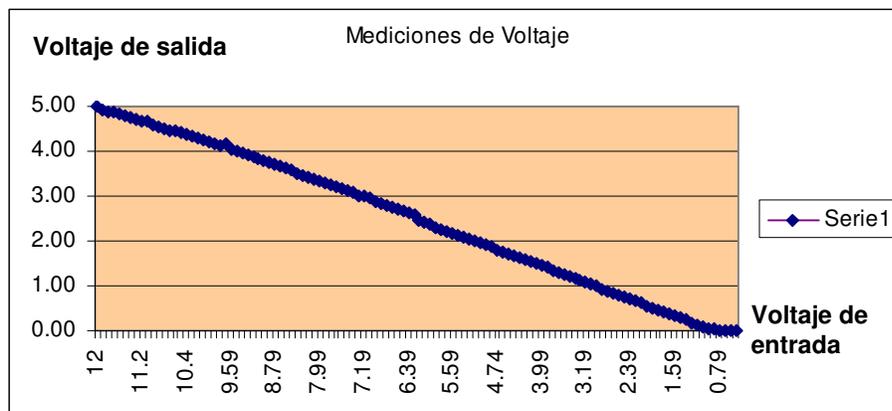


Como se puede observar en la grafica el voltaje de entrada y de salida son proporcionales, tenemos una grafica lineal.

En la tabla 4.1 se muestra la sensibilidad del circuito diseñado. Estos resultados indican que cuando el voltaje de entrada este en 0.37 volts el voltaje de salida será 0.001 este voltaje se mantendrá constante hasta que llegue a cero. Estos resultados nos indican que la sensibilidad del circuito convertidor de corriente continua es de 0.37 volts ya que a partir de esta medición no se detecta cambios hasta que llega a cero.

Voltaje de Entrada	Voltaje de Salida
0.39	0.002
0.38	0.002
0.37	0.001
0.36	0.001
0.35	0.001
0.34	0.001
0.33	0.001
0.32	0.001
0.31	0.001
0.30	0.001
0.29	0.001
0.28	0.001
0.27	0.001
0.26	0.001
0.25	0.001
0.24	0.001
0.23	0.001
0.22	0.001
0.21	0.001
0.00	0.000

Tabla 4.1 Sensibilidad encontrada en el circuito convertidor de CC a CC.



Grafica 4.1 Mediciones de voltaje.



4.3 Análisis Del Enlace De Comunicación Por LED's Infrarrojos.

En general los sistemas de comunicaciones infrarrojos ofrecen ventajas significativas respecto a los sistemas de radio frecuencia. Al utilizar luz, los sistemas Infrarrojos de comunicaciones cuentan con un canal cuyo potencial de ancho de banda es muy grande y no están regulados en ninguna parte del planeta.

Aunque los sistemas infrarrojos son inmunes al ruido e interferencias de tipo radioeléctrico, estos sufren de degradaciones causadas por el ruido infrarrojo existente en ambientes exteriores e interiores, proveniente principalmente del sol y de fuentes de luz fluorescente e incandescente. El ruido infrarrojo, junto con las pérdidas de propagación limita el alcance de los sistemas infrarrojos, debido a que la relación señal a ruido (Signal/Noise) en el receptor disminuye a medida que nos alejamos del transmisor.

Los sistemas IR se pueden clasificar de acuerdo a dos criterios. El primero es el grado de direccionalidad del transmisor y del receptor, así podemos encontrar enlaces dirigidos y enlaces no dirigidos. Los enlaces dirigidos emplean transmisores y receptores altamente direccionales, los cuales deben apuntar uno al otro o hacia una área común. Mientras que, en los enlaces no dirigidos se emplean transmisores y receptores de gran ángulo, disminuyendo así la necesidad de tal apuntamiento. En los enlaces directos se maximiza la eficiencia de potencia, ya que esta se dirige en un rango muy pequeño de direcciones, y por lo mismo se minimizan las pérdidas de propagación y la recepción de ruido causado por la luz ambiental. Al ser mínima la necesidad de apuntamiento, en un enlace no dirigido

El conjunto de especificaciones que actualmente constituyen el estándar internacional para el desarrollo de sistemas de comunicaciones a través de rayos infrarrojos adopta el mismo nombre de la asociación que los produce: IrDA, del ingles (Infrared Data Association), la cuál está patrocinada por más de 160 industrias y fue establecida en 1993 con el objetivo de crear las especificaciones y estándares para los equipos y protocolos empleados en este tipo de enlaces.

Los estándares de IrDA definen comunicaciones bidireccionales punto a punto empleando un haz de luz infrarroja que requiere línea de vista, un ángulo no mayor de 30 grados y una distancia que no excede un metro para obtener tasas de transmisión de datos entre 9.6Kbps y 16Mbps dependiendo del entorno.(Ver figura 4.4)

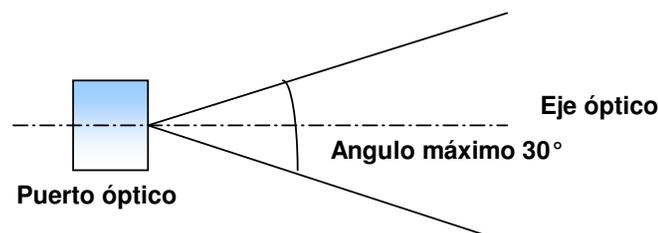


Figura 4.4 Especificación de enlace.



Es oportuno aclarar que estos estándares están divididos en dos segmentos diferentes para satisfacer las necesidades del mercado

IrDA-Data: Empleado básicamente para transferencias bidireccionales de información en forma inalámbrica y con altas tasas de transmisión entre dispositivos portátiles.

IrDA-Control: fue establecido para cursar comunicaciones de control entre dispositivos periféricos como teclados, ratones, joysticks o controles remotos. La distancia máxima se amplía hasta garantizar un mínimo de 5 metros con tasas de transmisión alrededor de 75Kbps.

El sistema de medición volumétrico diseñado tiene las siguientes características:

- Enlace dirigido
- Minimiza las perdidas de propagación
- Rango de comunicación de 6 m
- Angulo de 10°

En la tabla 4.2 se muestran las principales características del led infrarrojo empleado

Parámetro	Condición	Símbolo	Min	Tipo	Máximo	Unidad
Suministro de corriente pin 2	Vs = 5V, Ev = 0	I _{SD}	0.4	0.6	1.5	mA
	Vs = 5V, Ev = 40klx	I _{SH}		1.0		mA
Suministro de voltaje pin 2		Vs	4.5		5.5	V
Distancia de transmisión	Ev = 0	D		35		m
	IR diodo TSAL If = 400mA					
Voltaje de salida pin 3	I _{osl} = 0.5mA Ee =0.7mW/m ²	V _{osl}			250	mV
Irradiación (30-40 KHz)	Pulso con tolerancias t _{pi} - 5/fo < t _{po} < t _{pi} + 6/fo,	Ee min		0.35	0.5	mW/m ²
Irradiación (56 KHz)	Pulso con tolerancias t _{pi} - 5/fo < t _{po} < t _{pi} + 6/fo,	Eemin		0.4	0.6	mW/m ²
Dirección		Φ1/2		45		deg

Tabla 4.2 Características del LED infrarrojo

En la tabla 4.3 se muestran las principales características del fototransistor empleado

PARAMETRO	CONDICION	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD
Suministro de voltaje	Pin 2	Vs	-0.3 a 6.0	V
Suministro de corriente	Pin 2	Is	5	mA
Salida de voltaje	Pin 3	Vo	-0.3 a 6.0	V
Salida de corriente	Pin 3	Io	5	mA
Temperatura maxima		T	100	°C
Rango de temperature almacenada		Tstg	-25 a +85	°C
Rango de temperatura de operación		Tamb	-25 a +85	°C
Consumo de potencia		Ptot	50	Mw

Tabla 4.3 Características del Fototransistor.



La figura 4.5 muestra el sistema de transmisión diseñado este circuito se instalara en el vehiculo y será alimentado directamente con la batería.

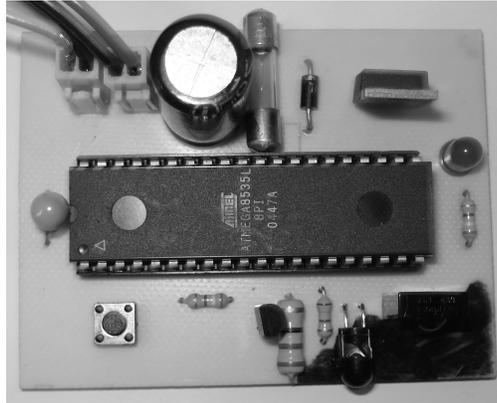


Figura 4.5 Fotografía del sistema de transmisión de diseñado.

La Figura 4.6 muestra el sistema de recepción el cual será independiente del vehículo y se alimentará una batería de 9 volts.

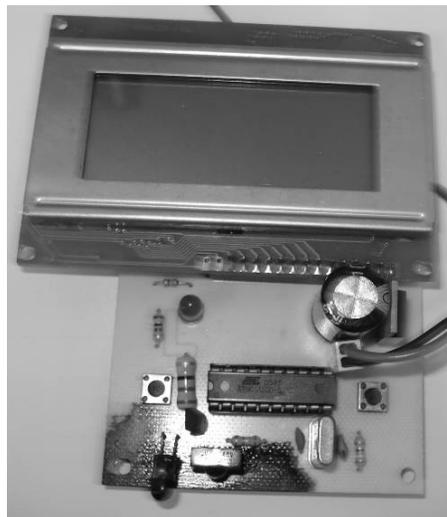


Figura 4.6 Fotografía del sistema de recepción diseñado.

Estos dos circuitos consumen una corriente de 0.0254 A teniendo un voltaje de entrada de 12 volts y alcanzan una distancia de transmisión de 6 m



4.4 Análisis Del Enlace De Comunicación Utilizando Celular.

El enlace de comunicación por celular que se ha diseñado, utiliza un ADC de 10 bits para digitalizar la señal analógica del sensor del vehículo; razón por la cual el análisis previo de la resolución del dispositivo diseñado en este trabajo es igual al que ya se realizó.

Al utilizar un sistema de transmisión vía celular se tiene algunas ventajas respecto al sistema de transmisión por LED's infrarrojos.

Ventajas:

- Se puede acceder a la información requerida desde cualquier lugar.
- La interferencia es menor.
- El enlace de comunicación no es dirigido.
- El alcance de cobertura es en Km.

4.5 Conclusiones

La resolución y la legibilidad entre ambos sistemas diseñados es la misma ya que el microcontrolador utilizado es el mismo para los dos sistemas así que tenemos una resolución de 10 bits.

Tenemos una comunicación por infrarrojo punto a punto con un alcance de 6 m y una comunicación utilizando en la banda de frecuencia de 1900 MHz con un alcance a nivel regional.

Por lo que podríamos decir que los ambos sistemas satisfacen el problema planteado en tesis, pero con diferentes características.



CAPÍTULO 5

COSTOS

En este punto se hará un análisis de los costos de cada sistema diseñado en este trabajo de tesis para poder hacer una evaluación económica y elegir la mejor alternativa.

5.1 Estudio De Mercado.

El concepto de mercado se refiere a dos ideas relativas a las transacciones comerciales. Por una parte se trata de un lugar físico especializado en las actividades de vender y comprar productos y en algunos casos servicios. La concepción de ese mercado es entonces la evolución de un conjunto de movimientos a la alza y a la baja que se dan en torno a los intercambios de mercancías específicas o servicios y además en función del tiempo o lugar.

El estudio de mercado debe servir para tener una noción clara de la cantidad de consumidores que habrán de adquirir el bien o servicio que se piensa vender, dentro de un espacio definido, durante un periodo de mediano plazo y a qué precio están dispuestos a obtenerlo. Adicionalmente, el estudio de mercado va a indicar si las características y especificaciones del servicio o producto corresponden a las que desea comprar el cliente. Nos dirá igualmente qué tipo de clientes son los interesados en nuestros bienes. Finalmente, el estudio de mercado nos dará la información acerca del precio apropiado para colocar nuestro bien o servicio y competir en el mercado, o bien imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.

5.1.1 Mercado Local.

El sistema de medición volumétrico a distancia esta diseñado y dirigido principalmente a las flotas vehiculares de la Secretaria de Seguridad Publica (SSP) en el Distrito Federal, razón por la cual estamos determinando un mercado local. Aun que el problema de suministro inadecuado de combustible se esta presentando a nivel nacional.

En el Distrito Federal existen aproximadamente 300 estaciones de gasolina en las cuales el suministro de combustible es inadecuado. Esto representa perdidas económicas para los consumidores. En la tabla 5.1 se muestra una estimación de las perdidas económicas de un consumidor al mes por abastecimiento inadecuado de combustible. Tomando en cuenta que por cada litro se suministran 100 ml de menos.



Precio por litro	Litros suministrados al mes	Consumo mensual	Litros suministrados reales	Consumo mensual	Perdida mensual del consumidor	Perdida anual del consumidor
6.71	120	\$805.2	108	\$724.68	\$ 80.52	\$966.24

Tabla 5.1 Estimación de pérdidas por suministro inadecuado de combustible.

Con estos datos se puede establecer una relación de cuanto pierden anualmente los dueños de flotas vehiculares en el Distrito Federal. Una flota Vehicular que consta de 200 unidades esta perdiendo aproximadamente 200,000 pesos anualmente.

5.1.2 Situación del Mercado.

En la actualidad existen muchos instrumentos de medición volumétrica, pero ninguno se ha enfocado concretamente a resolver el problema de suministro inadecuado de combustible. En México se han tomado medidas para tratar de frenar este problema tales medias son:

- Reformas a la Norma 005-SCFI.
- Verificación de bombas de gasolina, utilizando patrones de medida para asegura que el suministro de combustible es el adecuado.
- Dispositivos electrónicos en las bombas de gasolina que ayuden a verificar un abastecimiento adecuado.
- Sanciones económicas a los dueños de franquicias que no cumplan con la Norma 005-SCFI.
- Clausura de gasolineras.

Con lo expuesto anteriormente se puede observar que en México no existe ningún instrumento de medición utilizado específicamente para comprobar el abastecimiento adecuado de combustible.

5.1.3 Proyección De La Demanda.

Se ha logrado identificar una necesidad que hasta el momento no se ha podido satisfacer, y el problema de suministro inadecuado de combustible anualmente arroja cifras mayores a las de años pasados, razón por la que se considera que el problema se ha incrementado en lugar de disminuir.

Lo anterior abre un camino de posibilidades para poder cubrir esta necesidad, que afecta al sector de flotas vehiculares, y así poder penetrar a este sector de la población que se ve afectado.

Se espera poder captar el mercado de flotas vehiculares que existen en el Distrito Federal, ya que hasta el momento las medidas utilizadas para evitar el suministro inadecuado en gasolineras no han sido suficientes.



5.1.4 Costos Del Sistema De Medición Utilizando Ledas Infrarrojos.

En esta etapa se describirán los costos de todos los elementos que forman parte del sistema de medición volumétrica utilizando LED's infrarrojos. Haciendo un análisis comparativo de los dos sistemas diseñados y de esta manera escoger el sistema que ofrezca las mayores ventajas para satisfacer la necesidad que se esta presentando en este momento.

A continuación se muestra una tabla que engloba los costos de materiales del circuito convertidor de corriente continua y del circuito sumador.

Material	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
BC337	Transistor	1	2.00	2.00
Resistencia	100 K Ω	3	0.50	1.50
Resistencia	4.7 K Ω	2	0.50	1.00
104Z	Capacitor	2	1.00	2.00
Potenciómetros	220 K Ω	2	5.00	10.00
LM311	Amplificador	1	4.00	4.00
7905	Regulador	1	5.00	5.00
7805	Regulador	1	5.00	5.00
LT1054	Convertidor de voltaje	1	72.00	72.00

Tabla 5.2 Costos de Materiales del circuito convertidor y sumador.

Costo total = \$ 102.50



Los costos del material utilizado en el circuito transmisor se muestran en la siguiente tabla 5.3.

Material	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Atemaga8535	Microcontrolador	1	85.00	85.00
Base porta circuitos	Es una base para el microcontrolador	1	3.00	3.00
Resistencia	10 K Ω	3	0-50	1.50
104Z	Capacitor	2	1.00	2.00
Molex de 2 pines	Conectores	2	1.00	2.00
7805	Regulador	2	5.00	10.00
Tsal6100	LED infrarrojo	1	10.00	10.00
Tsop1738	Fototransistor	1	15.00	15.00
LED	Emisor de luz	1	0.50	0.50
2N6407	Transistor	1	5.00	5.00
Fusible	Fusible	1	2.00	2.00
ZN1400	Diodo	1	1.00	1.00
Interruptor	Interruptor	1	1.00	1.00

Tabla 5.3 Costos de Materiales del circuito transmisor.

Costo total =\$ 138.00



Los costos del material utilizado en el circuito transmisor se muestran en la siguiente tabla 5.4.

Material	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
AT90S1200	Microcontrolador	1	75.00	75.00
Base porta circuitos	Es una base para el microcontrolador	1	2.00	2.00
Resistencia	10 K Ω	4	0-50	2.00
104Z	Capacitor	3	1.00	3.00
Molex de 16 pines	Conectores	1	5.00	5.00
Molex 2 pines	Conector	1	1.00	1.00
7805	Regulador	1	5.00	5.00
Tsal6100	LED infrarrojo	1	10.00	10.00
Tsop1738	Fototransistor	1	15.00	15.00
LCD	Pantalla	1	200.00	200.00
2N6407	Transistor	1	5.00	5.00
Interruptor	Interruptor	2	1.00	1.00

Tabla 5.4 Costos de Materiales del circuito receptor.

Costo total = \$ 329.00

Costo total del Sistema de Medición utilizando LED's infrarrojos = \$ 569.50



5.1.5 Costos Del Sistema De Medición Utilizando Celular.

En este punto se describirán los elementos utilizados para la realización del sistema de medición volumétrica utilizando la tarjeta WAVECOM®.

Teniendo estos resultados se podrá decidir cual es la mejor alternativa para satisfacer la necesidad del mercado más factible.

A continuación se muestra una tabla de los costos del circuito convertidor de corriente continua y del circuito sumador que también es utilizado en este diseño.

Material	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
BC337	Transistor	1	2.00	2.00
Resistencia	100 K Ω	3	0.50	1.50
Resistencia	4.7 K Ω	2	0.50	1.00
104Z	Capacitor	2	1.00	2.00
Potenciómetros	220 K Ω	2	5.00	10.00
LM311	Amplificador	1	4.00	4.00
7905	Regulador	1	5.00	5.00
7805	Regulador	1	5.00	5.00
LT1054	Convertidor De voltaje	1	72.00	72.00

Tabla 5.5 Costos de Materiales del circuito convertidor y sumador.

Costo total = \$ 102.50



En la tabla siguiente se muestra los costos del circuito transmisor que será integrado con la tarjeta WAVECOM®.

Material	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Atemaga8535	Microcontrolador	1	85.00	85.00
Base porta circuitos	Es una base para el microcontrolador	1	3.00	3.00
Resistencia	10 KΩ	3	0-50	1.50
104Z	Capacitor	2	1.00	2.00
Molex de 2 pines	Conectores	2	1.00	2.00
7805	Regulador	2	5.00	10.00
Led	Emisor de luz	1	0.50	0.50
2N6407	Transistor	1	5.00	5.00
Fusible	Fusible	1	2.00	2.00
ZN1400	Diodo	1	1.00	1.00
Interruptor	Interruptor	1	1.00	1.00
Wavecom	Tarjeta de comunicación	1	800.00	800.00

Tabla 5.6 Costos de Materiales del circuito transmisor.

Costo total =\$ 911.00

Costo total del Sistema de Medición utilizando celular = \$ 1020.50



CONCLUSIONES GENERALES

En este trabajo se ha expuesto como hipótesis la pregunta ¿es posible diseñar y desarrollar un sistema de medición que cuantifique de la manera más fiable la cantidad de combustible existente en los depósitos de los vehículos?

Se han determinado los fundamentos teóricos para el diseño y desarrollo del sistema de medición volumétrico a distancia, como son:

- Digitalización de una señal analógica
- Protocolo de Comunicación Asíncrono
- Programación de microcontroladores
- Transmisión de Datos
- Utilización de comunicación utilizando tarjeta WAVECOM®

Se ha logrado el desarrollo de dos alternativas de solución para ayudar a controlar el suministro inadecuado de combustible que ha ocasionado pérdidas económicas significativas a los consumidores.

La primera alternativa presentada es un sistema de medición volumétrico inalámbrico utilizando LED's infrarrojos, el cual presenta las siguientes características:

- Enlace de comunicación direccionado (punto a punto).
- Sensibilidad a la luz
- Alcance de comunicación 6 m
- Legibilidad de 10 bits
- Fácil instalación
- No modifica el vehículo
- Bajo consumo de energía

La segunda alternativa es el sistema de medición volumétrico utilizando la tarjeta WAVECOM® (vía celular) con las siguientes características:

- Enlace de comunicación en la frecuencia de 1900 MHz
- Interferencia por atenuación
- Alcance de comunicación regional
- Legibilidad de 10 bits
- Fácil instalación
- No modifica el vehículo
- Bajo consumo de energía

Se espera hacer pruebas piloto en vehículos para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo electrónico y posteriormente hacer una evaluación operativa de cada sistema diseñado en este trabajo.



REFERENCIAS

- [1] J.A. Aguilar, “Gasolina y Gasolineras”, 2da. Parte, Revista del Consumidor, PROFECO, Marzo, 2004.
- [2] “Ley Federal sobre Metrología y Normalización”, ultima reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación 28 de julio de 2006
- [3] NOM-005-SCFI 1994, “Instrumentos de medición –Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos –Especificaciones métodos y pruebas”.
- [4] NOM-005-SCFI 2005, “Instrumentos de medición –Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos –Especificaciones métodos y pruebas”.
- [5] Xochitl Larios “Previenen contra robo de gasolina”, Periódico AM, 1 Febrero 2006
- [6] PROFECO, “Estrategia para el control de la cadena de distribución y venta de combustibles” Gobierno Federal Resumen “ www.profeco.gob.mx
- [7] Noé Cruz Serrano y José Manuel Arteaga “Desconoce autoridad número de gasolineras irregulares” El Universal 11 de febrero de 2006
- [8] Noe Cruz Serrano “Litros completos de gasolina, sin garantía”, El universal 25 Abril 2006
- [7] Enrique herrera Pérez, Introducción a las Telecomunicaciones Modernas, Limusa Noriega Editores
- [9] Haussman, J. “Regulated Cost and Prices in Telecommunications” en G. Madden y S. Savage (Eds.), *The International Handbook of Telecommunications Economics*, (1998)
- [10] Laffont, J. y J.” *Tirole Competition in Telecommunications*, The MIT Press, Cambridge”, MA. (2000),
- [11] Romeo, I.M.” Evolución Histórica de las Telecomunicaciones.” Ed. Secretaría General de Comunicaciones. 1990
- [12] Hidelberto Jardón Aguilar, Fundamentos de los Sistemas Modernos de Comunicación, Alfaomega
- [13] A.B. Carlson. “Sistemas de Comunicación”, Ed. Mc Graw Hill.



- [14] Emmanuel C. Barrie “*Digital signal processing a practical approach.*” Addison-Wesley. (1993).
- [15] M.L. Meade y C.R. Dillon, “Señales y sistemas: Modelos y comportamiento” Addison-Wesley. (1993).
- [16] <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/304/30400311.pdf>
- [17] C. Sydney Burrus, Ramesh A. Gopinath Haitao Guo, “Introduction to wavelets and wavelet transforms”, Prentice Hall 1998
- [18] http://es.wikipedia.org/wiki/Conversi%C3%B3n_anal%C3%B3gica-digital
- [19] F. R. Connors: “Modulation”. Ed. Labor. 1980
- [20] P. E. Danizio: “Modulación Digital”. Ed. CET. 1998.
- [21] Hwei P. Hsui: “Analog and digital Communication”.Ed. McGraw-Hill. 1993.
- [22] <http://www.galeon.com/microchip/>
- [23] <http://www.monografias.com/trabajos12/microco/microco.shtml>
- [24] <http://www.monografias.com/trabajos12/decibin/decibin.shtml>
- [25] <http://es.wikipedia.org/wiki/AVR>
- [26] <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial207.html>
- [27] http://www.siemensvdo.com/products_solutions/
- [28] <http://www.siemens VDO lever-type sensors for the aftermarket in OE quality.htm>
- [29] <http://v3.espacenet.com/textdoc?DB=EPODOC&IDX=GB1111071&QPN=GB1111071>
- [30] http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/T/M/E/ATMEGA8535.shtml
- [31] <http://standards.ieee.org/getieee802/>
- [32] <http://www.vishay.com/docs/82030/82030.pdf>
- [33] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26525/VISAY/TSAL6100.html>
- [34] http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4300.pdf



[35] http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc0838.pdf

[36] www.control-automatico.net/PDF/Revista%206/influencia.pdf



Anexo 1. Código de sistema de transmisión

```
;Transmisor Serial FIX

;**** APPLICATION NOTE AVR305 ****
;
;
;*****
;

.include "M8535def.inc"

;**** Pin definitions

; DEFINICIONES CONSTANTES
.EQU RX_BIT = 0
.EQU TX_BIT = 1

; DEFINICIONES VARIABLES

.DEF TEMP = R16
.DEF I   = R17
.DEF J   = R18
.DEF K   = R19

.DEF IG  = R20
.DEF IM  = R21
.DEF C   = R22

; DEFINICIONES REGISTROS
.DEF RX_REG = R23
.DEF TX_REG = R24

;Variables para la comunicación Serial

;Variables para el LCD (NO IMPLEMENTADAS)
;.DEF CMD   = R20
;.DEF BITS  = R21
;.DEF TEMPO = R22
;.DEF CONTROL = R23
;.DEF CHAR  = R24

;VARIABLES ADC
.DEF CONFIG =R25
.DEF ADL    =R26
.DEF ADH    =R27
```



```
;***** Program Execution Starts Here

.CSEG
.ORG 0
rjmp main

.equ          sb          =1          ;Number of stop bits (1, 2, ...)

;***** FUNCION DELAY 300 uS *****
DELAY:
    LDI I, $03
LOOP0: LDI J, $84
LOOP1: DEC J
        BRNE LOOP1
        DEC I
        BRNE LOOP0
        LDI I,01
LOOP2: DEC I
        BRNE LOOP2
RET

;***** FUNCION GET *****
GET:
LDI TEMP,1
MOV R0,TEMP
LOOP_GET: ;ESPERA EL BIT DE INICIO
    SBIC PIND,0
    RJMP LOOP_GET

;LLEGO EL BIT ESPERAR 1/2 BIT
RCALL DELAY

; REPETIR 8 (BITS DE DATOS)
LDI IG,$08
VECES_BITS:

;ESPERAR AL SIGUIENTE BIT
RCALL DELAY
RCALL DELAY

LSL RX_REG

;LEER BIT Y ALMACENAR
SBIC PIND,RX_BIT
ADD RX_REG,R0

DEC IG
BRNE VECES_BITS

;ESPERAR BIT DE PARO
RCALL DELAY
RCALL DELAY

RET
```



```
***** FUNCION PUT *****
```

```
PUT:
```

```
;BIT DE INICIO
```

```
RCALL MODULAR ;(MANDAR 0)
```

```
LDI IG,$08
```

```
VECES_SEND:
```

```
ROL TX_REG
```

```
BRCC MOD
```

```
RCALL DELAY
```

```
RCALL DELAY
```

```
RJMP NEXT_BIT
```

```
MOD:
```

```
RCALL MODULAR ;(MANDAR 0)
```

```
NEXT_BIT:
```

```
DEC IG
```

```
BRNE VECES_SEND
```

```
RCALL DELAY
```

```
RCALL DELAY
```

```
RET
```

```
***** FUNCION MODULAR *****
```

```
MODULAR:
```

```
LDI IM,22
```

```
CICLO_VECES2:
```

```
;PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
```

```
LDI C,$11
```

```
SBI PORTD,TX_BIT
```

```
CICLO_C1: DEC C
```

```
BRNE CICLO_C1
```

```
NOP
```

```
;FIN PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
```

```
CBI PORTD,TX_BIT
```

```
;PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
```

```
LDI C,$11
```

```
CICLO_C2: DEC C
```

```
BRNE CICLO_C2
```

```
NOP
```

```
;FIN PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
```

```
DEC IM
```



BRNE CICLO_VECES2

RET

MAIN:

;configurar stack pointer

ldi temp,high(RAMEND)

out sph,temp

ldi temp,high(RAMEND)

out spl,temp

; **** INICIALIZAR PUERTOS SERIAL ****

CLR TEMP

OUT DDRD,TEMP

sbi DDRD,TX_BIT

sbi PORTD,TX_BIT ;Init port pins

Cbi DDRD,RX_BIT

; **** CONFIGURACIÓN ADC ****

;CONFIGURACION PUERTO A ENTRADA

CLR R30

OUT DDRA,R30

;CONFIGURACIÓN PUERTO C SALIDA

LDI R30,\$FF

OUT DDRC,R30

;CONFIGURACION ADC

;0000 0000 ADCMUX

LDI CONFIG,\$00

OUT ADMUX,R16

;1010 0000 ADCSRA

LDI CONFIG,\$A0

OUT ADCSRA,R16

;SFIO

CLR CONFIG

OUT SFIO,CONFIG

CLR R0

; INISEND:

; SBIC PIND,2

; RJMP INISEND

; INISEND2:

; SBIS PIND,2

; RJMP INISEND2

;CONVERTIR SEÑAL



```
;CONFIGURACION ADC

; 0000 0000 ADCMUX

LDI R16,$00
OUT ADMUX,R16

; ADCSRA
;1010 0000 ADCSRA
LDI R16,$A0
OUT ADCSRA,R16

;SFOR
CLR R16
OUT SFOR,R16

LDI TEMP,$80
OUT PORTC,TEMP

EXEC:

CLR R3
CLR R2

INICIA:

        RCALL GET

CICLO:  SBI ADCSRA,6
        SBIS ADCSRA,4
        RJMP CICLO

        CBI ADCSRA,4

        IN R2,ADCL
        IN R3,ADCH

        MOV TX_REG,R3
RCALL PUT

        RCALL GET

        MOV TX_REG,R2
RCALL PUT

RJMP INICIA

RJMP EXEC
```



Anexo 2. Código de sistema de receptor.

```
;RECEPTOR FINAL

.INCLUDE "1200DEF.INC
;DEFINICIONES.

.EQU tA = 65
.EQU tB = 66
.EQU tC = 67
.EQU tD = 68
.EQU tE = 69
.EQU tF = 70
.EQU tG = 71
.EQU tH = 72
.EQU tI = 73
.EQU tJ = 74
.EQU tK = 75
.EQU tL = 76
.EQU tM = 77
.EQU tN = 78
.EQU tO = 79
.EQU tP = 80
.EQU tQ = 81
.EQU tR = 82
.EQU tS = 83
.EQU tT = 84
.EQU tU = 85
.EQU tV = 86
.EQU tW = 87
.EQU tX = 88
.EQU tY = 89
.EQU tZ = 90

; DEFINICIONES CONSTANTES
.EQU RX_BIT = 0
.EQU TX_BIT = 1

; DEFINICIONES VARIABLES

.DEF TEMP = R16
.DEF I   = R17
.DEF J   = R18
.DEF K   = R19

.DEF IG  = R20
.DEF IM  = R21
.DEF C   = R22

; DEFINICIONES REGISTROS
.DEF RX_REG = R23
```



```
.DEF TX_REG = R24
```

```
;Variables para la comunicación Serial
```

```
;Variables para el LCD
```

```
.DEF CMD = R25
```

```
.DEF BITS = R26
```

```
.DEF TEMPO = R27
```

```
.DEF CONTROL = R28
```

```
.DEF CHAR = R29
```

```
;Variables para el ciclo
```

```
.DEF VI = R7
```

```
.DEF VJ = R8
```

```
.DEF VK = R9
```

```
;variables para la Modulación
```

```
.org 0
```

```
RJMP MAIN
```

```
***** BIN TO BCD *****
```

```
.DEF COCIH = R0
```

```
.DEF COCIL = R1
```

```
.DEF DIVL = R2
```

```
.DEF DIVH = R3
```

```
.DEF DIV = R4
```

```
.DEF DIVE = R5
```

```
.DEF F = R6
```

```
;REGISTROS RESERVADOS
```

```
.DEF T = R13
```

```
BINTOBCD:
```

```
;VARIABLES DEL CICLO
```

```
LDI TEMP,5  
MOV F,TEMP
```

```
CLR DIV  
CLR COCIH  
CLR COCIL
```

```
CLR R8  
CLR R9  
CLR R10  
CLR R11  
CLR R12
```

```
LDI ZL,8
```



```
LDI TEMP,10  
MOV DIVE,TEMP
```

```
;INICIAR EL ACARREO CON 0
```

```
LOOP2:  
LDI TEMP,$10  
MOV C,TEMP
```

```
LOOP: ;HACERLO 10 VECES (No. BITS)
```

```
  CLC  
    ROL DIVL  
    ROL DIVH  
    ROL DIV  
  
    CP DIV,DIVE  
    BRLO NO_RESTA ; SALTA SI ES MENOR  
  
    SUB DIV,DIVE  
    ;SE COLOCA UN UNO EN EL COCIENTE  
    CLC  
    ROL COCIL  
    ROL COCIH  
  
    SET  
    BLD COCIL,0  
    RJMP CORRIMIENTO
```

```
NO_RESTA:
```

```
  CLC  
    ROL COCIL  
    ROL COCIH
```

```
CORRIMIENTO:
```

```
DEC C  
BRNE LOOP
```

```
ST Z,DIV  
INC ZL  
MOV DIVL,COCIL  
MOV DIVH,COCIH  
CLR DIV
```

```
DEC F  
BRNE LOOP2
```

```
RET
```

```
;***** DIVIDE *****  
;DIVIDE:
```

```
;VARIABLES DEL CICLO
```

```
CLR DIV  
CLR COCIH  
CLR COCIL
```



;INICIAR EL ACARREO CON 0

LDI TEMP,\$10
MOV C,TEMP

LOOPD: ;HACERLO 10 VECES (No. BITS)

CLC

ROL DIVL
ROL DIVH
ROL DIV

CP DIV,DIVE
BRLO NO_RESTAD ; SALTA SI ES MENOR

SUB DIV,DIVE
;SE COLOCA UN UNO EN EL COCIENTE

CLC
ROL COCIL
ROL COCIH

SET
BLD COCIL,0
RJMP CORRIMIENTOD

NO_RESTAD:

CLC

ROL COCIL
ROL COCIH

CORRIMIENTOD:

DEC C
BRNE LOOPD

RET

.***** MULTIPLICACIÓN *****

;MULT:

CLR COCIL
CLR COCIH

LDI TEMP,8
MOV F,TEMP
LOOPM:

ROR DIVE

BRCC NO_MUL
CLC
ADC COCIL,DIVL
ADC COCIH,DIVH

NO_MUL:



```
CLC
ROL DIVL
ROL DIVH
DEC F
BRNE LOOPM
```

```
RET
```

```
***** SERIAL CONTROL *****
```

```
***** FUNCION DELAY 300 uS *****
```

```
DELAY:
```

```
LDI I, $03
LOOP0: LDI J, $84
LOOP1: DEC J
BRNE LOOP1
DEC I
BRNE LOOP0
LDI I, 01
LOOP3: DEC I
BRNE LOOP3
```

```
RET
```

```
***** FUNCION GET *****
```

```
GET:
```

```
LDI TEMP, 1
MOV R0, TEMP
LOOP_GET: ;ESPERA EL BIT DE INICIO
SBIC PIND, 0
RJMP LOOP_GET
```

```
;LLEGO EL BIT ESPERAR 1/2 BIT
RCALL DELAY
```

```
; REPETIR 8 (BITS DE DATOS)
LDI IG, $08
VECES_BITS:
```

```
;ESPERAR AL SIGUIENTE BIT
RCALL DELAY
RCALL DELAY
```

```
LSL RX_REG
```

```
;LEER BIT Y ALMACENAR
SBIC PIND, RX_BIT
ADD RX_REG, R0
```

```
DEC IG
BRNE VECES_BITS
```

```
;ESPERAR BIT DE PARO
RCALL DELAY
RCALL DELAY
```

```
RET
```



.***** FUNCION PUT *****

```
PUT:
;BIT DE INICIO

RCALL MODULAR ;(MANDAR 0)
```

```
LDI IG,$08
VECES_SEND:
```

```
ROL TX_REG
```

```
BRCC MOD
```

```
RCALL DELAY
RCALL DELAY
RJMP NEXT_BIT
```

```
MOD:
RCALL MODULAR ;(MANDAR 0)
```

```
NEXT_BIT:
DEC IG
BRNE VECES_SEND
```

```
RCALL DELAY
RCALL DELAY
```

```
RET
```

.***** FUNCION MODULAR *****

```
MODULAR:
```

```
LDI IM,22
```

```
CICLO_VECES2:
```

```
;PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
LDI C,$11
```

```
SBI PORTD,TX_BIT
CICLO_C1: DEC C
BRNE CICLO_C1
NOP
;FIN PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
```

```
CBI PORTD,TX_BIT
```

```
;PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
LDI C,$11
```

```
CICLO_C2: DEC C
BRNE CICLO_C2
```

```
NOP
;FIN PAUSA DE 13uS 52 CICLOS
DEC IM
BRNE CICLO_VECES2
```



RET

Sistema De Medición Volumétrico a Distancia

```
..... LCD CONTROL .....
```

```
LCD_CONTROL:  
;PUERTO B -> SALIDAS DATOS  
OUT PORTB,CMD
```

```
;MANDAR RS  
SBRC CONTROL,2  
SBI PORTD,2  
SBRB CONTROL,2  
CBI PORTD,2
```

```
;MANDAR PULSO EN E  
SBI PORTD,3
```

```
LDI TEMP,$34  
MOV VI,TEMP  
PAUSA1: DEC VI  
BRNE PAUSA1
```

```
CBI PORTD,3
```

```
LDI TEMP,$34  
MOV VI,TEMP  
PAUSA2: DEC VI  
BRNE PAUSA2
```

RET

PAUSA153:

```
LDI TEMP, $15  
MOV VI,TEMP  
WGLOOP0: LDI TEMP, $60  
MOV VJ,TEMP  
WGLOOP1: DEC VJ  
BRNE WGLOOP1  
DEC VI  
BRNE WGLOOP0  
LDI TEMP, $03  
MOV VI,TEMP
```

```
WGLOOP2: DEC VI  
BRNE WGLOOP2
```

RET

;FUNCIONES DEL LCD

```
CMD_HOME:  
LDI CMD,$80 ;COMANDO HOME  
CBI CONTROL,4 ;RS=0  
RJMPCMD_CONTROL ;
```

```
CMD_DISP:  
MOV CMD,CHAR ;CARACTER A IMPRIMIR
```



```
SBR CONTROL,4 ;RS=1
R JMP LCD_CONTROL

CMD_ONOFF:
LDI CMD,$08 ;COMANDO DISPLAY
OR CMD,BITS ;MODOS
CBR CONTROL,4 ;RS=0
R JMP LCD_CONTROL

CMD_DDRAM:
LDI CMD,$80 ;COMANDO DDRAM
OR CMD,BITS ;DDRAM
CBR CONTROL,4 ;RS=0
R JMP LCD_CONTROL

CMD_CGRAM:
LDI CMD,$40 ;COMANDO CGRAM
OR CMD,BITS ;CGRAM
CBR CONTROL,4 ;RS=0
R JMP LCD_CONTROL

CMD_CLEAR:
LDI CMD,$01 ;COMANDO LIMPIAR
CBR CONTROL,4 ;RS=0
R JMP LCD_CONTROL

CMD_SET:
LDI CMD,$20 ;COMANDO MODO
OR CMD,BITS ;MODOS
CBR CONTROL,4 ;RS=0
R JMP LCD_CONTROL
```

```
. *****
;
; ***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
;
; *****
```

```
MAIN:

;CONFIGURACIÓN DE PUERTOS
SER TEMPO
OUT DDRB,TEMPO
OUT DDRD,TEMPO

sbi DDRD,TX_BIT
cbi PORTD,TX_BIT ;Init port pins

Cbi DDRD,RX_BIT
Cbi DDRD,4

;INICIALIZAR LDC
;LIMPIAR PANTALLA
RCALL CMD_CLEAR
RCALL PAUSA153

;MANDAR A HOME
RCALL CMD_HOME
```



```
;ENCENDER LCD
LDI BITS,$07
RCALL CMD_ONOFF

EXEC:
RCALL CMD_HOME
LDI CHAR,$EB ;CODIGO DE SISTEMA LISTO *
RCALL CMD_DISP

;ESPERAR boton de lectura
PRESS_BUTTON_INI:
SBIC PIND,4
RJMP PRESS_BUTTON_INI

RELEASE_BUTTON_INI:
SBIS PIND,4
RJMP RELEASE_BUTTON_INI

;SISTEMA ESPERANDO RESPUESTA
RCALL CMD_HOME

;"DESCARGANDO..."

    LDI CHAR,tD
    RCALL CMD_DISP

    LDI CHAR,tE
    RCALL CMD_DISP

    LDI CHAR,tS
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tC
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tA
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tR
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tG
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tA
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tN
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tD
    RCALL CMD_DISP

LDI CHAR,tO
    RCALL CMD_DISP
```



```
;MANDAR @ PARA INICIAR CONVERSION Y TRANSMISIÓN
LDI TX_REG,64
RCALL PUT
```

```
;ESPERAR RESPUESTA PARTE BAJA
```

```
RCALL GET
MOV DIVL,RX_REG
```

```
LDI TX_REG,64
RCALL PUT
```

```
RCALL GET
MOV DIVH,RX_REG
```

```
; MULTIPLICAR 77 * DIVH:DIVL
LDI TEMP,79
MOV DIVE,TEMP
RCALL MULT
```

```
MOV DIVH,COCIH
MOV DIVL,COCIL
```

```
LDI BITS,$14 ;POSICIONAR LCD OTRO RENGLON
RCALL CMD_DDRAM
```

```
;RELACIÓN >>>
```

```
RCALL BINTOBCD
```

```
;<<< RELACIÓN
```

```
LDI TEMP,5
MOV T,TEMP
```

```
LDI ZL,12
```

```
;CARACTER 1
LDI TEMP,$30
LD CHAR,Z
ADD CHAR,TEMP
RCALL CMD_DISP
DEC ZL
```

```
;CARACTER 2
LDI TEMP,$30
LD CHAR,Z
ADD CHAR,TEMP
RCALL CMD_DISP
DEC ZL
```

```
;CARACTER "."
LDI CHAR,$2E
RCALL CMD_DISP
```



```
;CARACTER 3  
LDI TEMP,$30  
LD CHAR,Z  
ADD CHAR,TEMP  
RCALL CMD_DISP  
DEC ZL
```

```
;CARACTER 4  
LDI TEMP,$30  
LD CHAR,Z  
ADD CHAR,TEMP  
RCALL CMD_DISP  
DEC ZL
```

```
;CARACTER 5  
LDI TEMP,$30  
LD CHAR,Z  
ADD CHAR,TEMP  
RCALL CMD_DISP  
DEC ZL
```

```
;CARACTER " "  
LDI CHAR,32  
RCALL CMD_DISP
```

```
;CARACTER L  
LDI CHAR,tL  
RCALL CMD_DISP
```

```
;CARACTER T  
LDI CHAR,tT  
RCALL CMD_DISP
```

```
;CARACTER S  
LDI CHAR,tS  
RCALL CMD_DISP
```

```
RCALL CMD_HOME
```

```
LDI TEMP,16  
MOV T,TEMP
```

```
DESP_ESP:
```

```
LDI CHAR,''  
RCALL CMD_DISP
```

```
DEC T  
BRNE DESP_ESP
```

```
RJMP EXEC
```

