



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS.
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN.

TEMA:

“Diseño e implementación de un sistema de control de presiones y detección de posibles daños en la red de agua potable de EMAPA-I, en el sector de Juana Atabalipa en la ciudad de Ibarra.”

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN.

AUTOR: CARLOS JAVIER HIERRO ESPIN.

DIRECTOR: ING. CARLOS PUPIALES

IBARRA-ECUADOR

2016.

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto del repositorio digital institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participaren este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	1004038442
Apellidos y Nombres	Hierro Espín Carlos Javier
Dirección	Otavaló – Barrio “Vitelma Dávila”
E-mail	javierhierro_514@hotmail.com
Teléfono fijo	062-904-162
Teléfono móvil	0991157597
DATOS DE LA OBRA	
Título	Diseño e implementación de un sistema de control de presiones y detección posibles daños en la red de agua potable de EMAPA-I, en el sector de Juana Atabalipa en la ciudad de Ibarra.
Autor	Hierro Espín Carlos Javier
Fecha	Julio 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Carlos Pupiales

2.- AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo Carlos Javier Hierro Espín con C.I. 100403844-2 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos. Para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la Ley de Educación Superior, artículo 144.

3. CONSTANCIA

Yo, CARLOS JAVIER HIERRO ESPIN, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Abril 2016

EL AUTOR:



.....
Carlos Javier Hierro Espín
CI: 100403844-2

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo Carlos Javier Hierro Espín, con cedula de identidad Nro. 100403844-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "Diseño e implementación de un sistema de control de presiones y detección posibles daños en la red de agua potable de EMAPA-I, en el sector de Juana Atabalipa en la ciudad de Ibarra.", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, quedando la Universidad Técnica del Norte facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi consideración de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia suscribo este documento en el momento en que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:



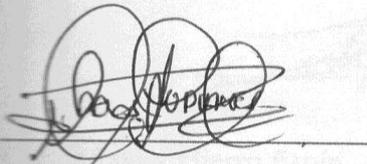
Carlos Javier Hierro Espín.

C.I. 100403844-2

Ibarra, Abril 2016

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación: "Diseño e implementación de un sistema de control de presiones y detección posibles daños en la red de agua potable de EMAPA-I, en el sector de Juana Atabalipa en la ciudad de Ibarra.", fue realizado en su totalidad por el Sr. Carlos Javier Hierro Espín, bajo mi supervisión.



Ing. CARLOS PUPIALES

Director de tesis.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Carlos Javier Hierro Espín, con cedula de identidad Nro. 100403844-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las Leyes de Propiedad Intelectual y normativa vigente de la universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Hierro Espín', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Carlos Javier Hierro Espín.

C.I. 100403844-2

Autor.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado, a mis padres, Carlos Hierro y Marcia Espín, mis hermanos, Edison y Elizabeth, que siempre estuvieron apoyándome en todo este trayecto y dándome siempre motivación para seguir adelante y nunca declinar.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Carlos Pupiales, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a Ing. Jaime Michilena, por sus consejos, su enseñanza también fue parte de este proceso de culminación de mi carrera.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mi sobrino Andrés quien ha sido y es mi motivación, inspiración y felicidad.

La definición del propósito es el punto de comienzo de todo logro.-W. Clement Stone

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el desarrollo de un sistema control de presiones y detección de posibles daños en las tuberías de agua potable, compuesto por una pantalla de visualización de datos (LCD), un dispositivo remoto de adquisición de datos, y un sistema de comunicación inalámbrico, basado en tecnología de transmisión GSM/GPRS; para tomar decisiones oportunas ante la variación de las presiones del agua en las tuberías, realizando por parte de los operarios el cierre o apertura de válvulas; brindando así una alternativa más económica y confiable con respecto al sistema implementado anteriormente.

Para el desarrollo del sistema se comienza con un análisis acerca de la situación actual de los mecanismos existentes en Imbabura para la detección de presiones en las tuberías, luego se realiza una descripción del prototipo acorde con las necesidades que pide la empresa, para posteriormente analizar las características de las redes con tecnología inalámbrica de largo alcance; así como sistemas microprocesados para el análisis y procesamiento de información para la adquisición de datos; como parte final del desarrollo del sistema de control se realiza un enfoque general mediante tablas comparativas para así seleccionar los elementos electrónicos idóneos para la realización de los módulos de adquisición de datos, teniendo en cuenta su compatibilidad; con esto se procede al diseño de los diagramas esquemáticos, para después comenzar con el desarrollo de cada uno de los módulos.

Después de ser terminados tanto el sistema de adquisición como la interfaz se realiza la implementación y pruebas del sistema de transmisión de datos ubicados en la tubería principal en la calle “Juana Atabalipa” y la parte de recepción que va ubicada en las oficinas de la empresa EMAPA – I en la ciudad de Ibarra.

SUMMARY

This research is about the development of a pressure control system and detection of possible damage of the water pipes, it has a data display screen (LCD), a remote data acquisition device and a communication wireless system, it is based on transmission GSM / GPRS technology; to make decisions on time from the varying water pressures in the pipes, so the operators would close or open the valves; in this way, it could be provided a more economical and reliable choice respect to the implemented system. To develop this system, it started with an analysis of the current mechanisms for detecting pressure in the pipes in Imbabura, then it was done a description of the prototype according to the requests of the company, further the network characteristics with long-range wireless technology was analyzed, as well as microprocessing systems for the analysis and processing of the information for data acquisition; as the final part of the development of the control system, a general approach was done by comparative tables in order to select the appropriate electronic elements to do data acquisition modules, taking into account their compatibility; then it was proceed to design schematic diagrams, then it was started the development of each modules. After that, both the acquisition system and the interface have been completed the implementation and system testing data located on the main pipe on "Juana Atabalipa" street and the receiving part, that is located in the offices of EMAPA in Ibarra city.



PRESENTACIÓN

En el capítulo uno se realiza una introducción a la temática del proyecto de titulación donde se fija el tema, objetivos, alcance, justificación y se analiza la problemática del sector en cuanto al control de la presión y detección de averías en la red de agua potable—con un énfasis especial en el centro de la ciudad.

En el capítulo dos se plantea la base teórica que sustenta el planteamiento del diseño del sistema detector de fugas , donde se detalla las diferentes tecnologías y arquitecturas a usarse, así como también se realiza un análisis a la normativa que rige en el sistema de tuberías y bombas de almacenamiento y distribución de agua potable.

En el capítulo tres se desarrolla el diseño del sistema detector, para lo cual se ha analizado los distintos dispositivos que censan la fuerza hidráulica a utilizar y conceptos fundamentales descritos en el capítulo dos sobre los dispositivos de control de presión en las redes de agua potable.

El capítulo cuatro hace referencia a lo que es el análisis Costo – Beneficio donde se determina la rentabilidad del proyecto haciendo análisis de parámetros financieros como son el VAN y el TIR.

Por último en el capítulo cinco se desarrolla la parte final de la tesis, en donde se redactan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado con el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
CONSTANCIA.....	¡Error! Marcador no definido.
CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
PRESENTACIÓN	xi
ÍNDICE GENERAL	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xxii
CAPÍTULO I: INTRODUCCION.....	1
1. Presentación.....	1
1.1 Tema o título	1
1.2 Problema	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Alcance.....	3
1.5 Justificación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Introducción general	6
2.2 Principales problemas en las tuberías del centro de la ciudad de Ibarra.....	6
2.2.1 Configuración de la instalación	7
2.2.1.1. Configuración de viabilidad de la red de agua potable.....	8
2.2.1.2. Punto de alimentación de alimentación de la red.....	8
2.2.1.3. Trazado de la red de distribución de agua.....	9
2.2.1.4. Red de distribución abierta	10

2.2.1.5. Red de distribución cerrada	10
2.2.2. Reparaciones anteriores.	13
2.2.3. Variaciones de presión del agua.	14
2.2.4. Corrosión en las tuberías.	15
2.3 Forma de detectar rupturas de tuberías.	15
2.3.1 Geófonos y correladores.	16
2.3.2 Prelocalizadores.	17
2.3.3 Georadares.	18
2.3.4 Ultrasonidos	18
2.4. Reparación de una ruptura de tubería en la actualidad.	20
2.5. Dispositivos para detección de fallas.	21
2.5.1.- Sistema medidor de presión.	21
2.5.2.- Tipo de presión.	22
2.5.3.- Tipo de instrumentos para medir la presión hidrostática.	23
2.5.4.- Sensores utilizados en la medición de presión.	24
2.5.4.1.- Piezo resistivo	25
2.5.4.2.- Piezo eléctrico	26
2.5.4.3.- Resonante	27
2.5.4.4.- Capacitivo	27
2.6. Microcontroladores.	28
2.6.1.- Unidad central	29
2.6.2.- Memorias del microcontrolador	29
2.6.3.- Entradas y salidas de propósito general	29
2.6.4.- Tipos de microcontroladores	30
2.6.4.1.- Atmel avr	30
2.6.4.2.- Microcontrolador pic	31
2.7. Método de transmisión de datos	31
2.7.1.- Conexión simple	32
2.7.2.- Conexión semi duplex	32
2.7.3.- Conexión duplex	32
2.8. Tecnologías de transmisión	32
2.8.1.- Tecnología AMPS (1g)	33
2.8.1.1.- Arquitectura AMPS	34
2.8.2.- Tecnología CDMA (2g)	34

2.8.2.1.- Arquitectura CDMA.....	35
2.8.3.- Tecnología GSM (2g).....	35
2.8.3.1.- Arquitectura GSM	36
2.8.3.2.- Principales ventajas de GSM.....	36
2.8.4.- Tecnología GPRS (2,5g)	36
2.8.4.1.- Arquitectura GPRS	37
2.8.5.- Tecnología EDGE (2,5g)	37
2.8.6.- tecnología UMTS (3g).....	38
2.8.6.1.- Características de UMTS.....	38
2.8.6.2.- Arquitectura de UMTS	39
2.8.7.- Tecnología HSDPA (3,5g)	39
2.8.7.1.- Características de HSDPA.....	40
2.8.7.2.- Arquitectura HSDPA.....	40
2.8.8.- Tecnología HSUPA (3,75g)	41
2.8.8.1.- Características de HSUPA.....	41
2.8.8.2.- Arquitectura HSUPA.....	42
2.8.9.- Tecnología LTE.....	43
2.8.9.1.- Servicios y características de LTE	43
2.9. Sistema de visualización.....	44
2.9.1.- Herramientas para la visualización de datos	44
2.10 Estudio de la situación actual sobre el area de detección de fugas de agua en el centro de Ibarra.	46
2.10.1. Estructura física de la red de abastecimiento de agua potable.	46
2.10.2 Equipos actuales de EMAPA-I utilizada para la medición y control en las variaciones de presión de agua potable	50
2.10.3 Factores principales que producen problemas en la tubería de agua potable	53
2.10.4 Formas actuales de detección de problemas en la tubería de agua, por parte del personal técnico de EMAPA-I.....	55
2.10.5 Normas técnicas Ecuatorianas para el alcantarillado y red de abastecimiento de agua	56
2.10.6.1 Análisis del actual método de obtención de información sobre la presión en las tuberías	58
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DETECTOR DE FUGAS.....	59
3.1.- Introducción.....	59

3.2.- Requerimientos del sistema de control de presiones	59
3.3.- Diagrama de bloques	60
3.4.- Descripción de bloques del detector de fugas	61
3.4.1.- Módulo de adquisición	61
3.4.1.1. Sensor de presión.....	62
3.4.1.1.1. Comparación de diferentes sensores de presión	63
3.4.1.1.2. Tabla comparativa de los sensores de presión.....	67
3.4.1.1.1. Elección del sensor de presión.....	68
3.4.2.- Módulo de procesamiento de datos	69
3.4.2.1. Módulo de tratamiento de señal.....	69
3.4.2.1.1. Comparación y selección entre los dos conversores de corriente	70
3.4.2.2. Microcontrolador	72
3.4.2.3. Módulo arduino	73
3.4.2.3.1. Tabla comparativa de diferentes versiones de arduino	77
3.4.2.3.2. Análisis y selección del módulo arduino	77
3.4.3.- Módulo de transmisión y recepción de datos	79
3.4.3.1. Análisis para la selección del modulo inalámbrico	79
3.4.3.2. Descripción y comparación de los módulos GSM	80
3.4.3.3. Selección del módulo inalámbrico.....	86
3.4.4.- Módulo de visualización	88
3.4.4.1.- Display de cristal liquido(lcd 16x2)	88
3.4.4.2.- Características principales de LCD	89
3.4.5.- Módulo de alimentación.....	89
3.4.5.1.- Cálculo fuente 1	92
3.4.5.2.- Cálculo fuente 2.....	93
3.5.- Diseño y forma de conexión de los módulos y circuitos electrónicos	95
3.5.1.- conexión de módulo gsm/gprs con el módulo arduino.....	95
3.5.1.1.- Cálculo de resistencias para diodos leds indicativos	97
3.3.3.1.1.- Resistencia para un diodo led verde	97
3.3.3.2.1.- Resistencia para un diodo led azul	99
3.5.2.- Conexión de módulo de salida análoga de datos.....	100
3.5.2.1.- Conexión de la pantalla LCD con el módulo arduino	101
3.5.3.- Conexión de la pantalla de cristal liquido	102
3.5.4.- Diagrama completo del diseño	103

3.6.- Diseño de las tarjetas de circuito impreso	105
3.7.- Construcción y pruebas de las tarjetas electronicas	106
3.7.1.- Construcción de las tajetas electrónicas	106
3.8.- Selección de la operadora movil	109
3.9.- Diagrama de flujo del programa.....	110
3.10.- Pruebas de los circuitos desarrollados	112
3.10.1.- Fuente de sensor de presión.....	112
3.10.2.- Fuente del sistema de transmisión y recepción	112
3.12.- Prueba del módulo de tratamiento de señal.....	112
3.13.- Prueba del transmisor de presión.....	115
3.14.- Implementación del sistema de presión.....	116
CAPÍTULO IV: COSTO BENEFICIO	123
4.1.- Introducción.....	120
4.2.- Inversión inicial y costo de implementación.....	125
4.3.- Costo de ingenieria e implementación	125
4.4.- Depreciación de equipos	127
4.5.- Análisis de costos de implementación.....	127
4.6.- Flujo de caja	128
4.7.- Análisis de rentabilidad del proyecto	129
4.7.1.- VAN	130
7.7.2.- TIR.....	131
7.7.3.- Relación costo beneficio	132
7.7.4.- Periodo de recuperacion de la inversión (PRI).....	132
4.8.- Beneficios	133
CAPÍTULO V:	135
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	137
GLOSARIO	138
BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXOS.	147

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 RED DE DISTRIBUCIÓN ABIERTA	10
FIGURA N° 2 RED DE ABASTECIMIENTO CERRADA	11
FIGURA N° 3 VENTAJAS DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN FORMA CERRADA	12
FIGURA N° 4 VALORES ANALÓGICOS DE NIVEL DEL SONIDO A TRAVES DEL GEOFONO DETECTOR.....	16
FIGURA N° 5 PRELOCALIZADORES COMO DETECTOR DE FUGAS DE AGUA.	17
FIGURA N° 6 DETECTOR ULTRASONICO.....	18
FIGURA N° 7 MAPA CONCEPTUAL SOBRE LOS ELEMENTOS MEDIDORES DE PRESIÓN.....	22
FIGURA N° 8 SENSOR PIENZO-RESISTIVO.....	25
FIGURA N° 9 SENSOR DE CRISTAL.....	26
FIGURA N° 10 ELEMENTOS DEL SENSOR CAPACITIVO.....	28
FIGURA N° 11 ATMEL	30
FIGURA N° 12 PIC.....	31
FIGURA N° 13 ARQUITECTURA AMPS	34
FIGURA N° 14 ARQUITECTURA CDMA.....	35
FIGURA N° 15 ARQUITECTURA GSM	36
FIGURA N° 16 ARQUITECTURA GPRS	37
FIGURA N° 17 ARQUITECTURA UMTS.....	39
FIGURA N° 18 ARQUITECTURA HSDPA.....	40
FIGURA N° 19 CANALES HSUPA	42
FIGURA N° 20 MAPA DE LOS LUGARES CENTRALES DE IBARRA DONDE SE ABASTECE DE AGUA POTABLE.....	46
FIGURA N° 21 CROQUIS DE IDENTIFICACIÓN DE VALVULAS EXISTENTES	47
FIGURA N° 22 VALVULA PRINCIPAL DEL SECTOR DE JUANA ATABALIPA.....	48
FIGURA N° 23 DETALLE DE LAS PARTES DE LA VALVULA PRINCIPAL	48
FIGURA N° 24 INSTALACIÓN DE LA TUBERIA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	49
FIGURA N° 25 DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL MANÓMETRO	51
FIGURA N° 26 HYDROMETRO	51
FIGURA N° 27 DATALOGGER.....	52

FIGURA N° 28 MÁXIMA PRESIÓN DE LA TUBERIA	54
FIGURA N° 29 MÍNIMA PRESIÓN DE LA TUBERIA.....	54
FIGURA N° 30 FORMA DE RUPTURA DE LA TUBERIA POR PRESIÓN	56
FIGURA N° 31 DIVISIÓN DE MÓDULOS DEL DETECTOR DE FUGAS.	60
FIGURA N° 32 TRANSMISOR DE PRESION	64
FIGURA N° 33 MANOMETRO	65
FIGURA N° 34 SENSOR RPS/DPS 8000	69
FIGURA N° 35 SENSOR CS-PT1000.....	71
FIGURA N° 36 PINES DE CONEXIÓN DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN	71
FIGURA N° 37 CIRCUITO ELECTRONICO DEL MODULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL.....	74
FIGURA N° 38 ARDUINO UNO	77
FIGURA N° 39 ARDUINO ETHERNET	78
FIGURA N° 40 ARDUINO LEONARDO.....	79
FIGURA N° 41 MODULO DE PROCESAMIENTO DE DATOS (ARDUINO UNO)	81
FIGURA N° 42 MODULO SIM 808	83
FIGURA N° 43 MODULO SIM 900	85
FIGURA N° 44 MODULO SIM 908	86
FIGURA N° 45 MODULO GSM.....	89
FIGURA N° 46 MODOS DE CONEXIÓN MODULO GSM	90
FIGURA N° 47 PINES DE LCD 16X2.....	91
FIGURA N° 48 DIAGRAMA FISICO DE UN TRANSFORMADOR ELECTRICO	93
FIGURA N° 49 CIRCUITO ELECTRONICO FUENTE ALIMENTACION 1.	95
FIGURA N° 50 CIRCUITO ELECTRONICO FUENTE ALIMENTACION 2.	97
FIGURA N° 51 DIAGRAMA DE CONEXIÓN SIM900 Y ARDUINO UNO.....	99
FIGURA N° 52 CONEXIÓN DE LED VERDE EN PLACA ARDUINO.....	101
FIGURA N° 53 CONEXIÓN DE LED AZUL EN PLACA ARDUINO.....	103
FIGURA N° 54 CIRCUITO ELECTRONICO DE SALIDA ANÁLOGA DE DATOS	103
FIGURA N° 55 PANTALLA LCD 16X2.....	105
FIGURA N° 56 CONEXIÓN DE LCD CON LA PLACA ARDUINO.....	105
FIGURA N° 57 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PROYECTO COMPLETO	106
FIGURA N° 58 CIRCUITO IMPRESO DEL CONVERTOR ANÁLOGO DIGITAL.....	108
FIGURA N° 59 CIRCUITO IMPRESO DE LA FUENTE DE FIJA 9V	108
FIGURA N° 60 CIRCUITO IMPRESO DE FUENTE DE VOLTAJE DE 15V Y -15V	108

FIGURA N° 61 FUENTE DE VOLTAJE VARIABLE.....	109
FIGURA N° 62 FUENTE DE VOLTAJE FIJO	110
FIGURA N° 63 FUENTE DE VOLTAJE DE 15 Y -15V	110
FIGURA N° 64 CIRCUITO DE CONVERSION RCV 420.....	110
FIGURA N° 65 TABLERO INDUSTRIAL SISTEMA DE RECEPCION	111
FIGURA N° 66 TABLERO INDUSTRIAL SISTEMA DE TRANSMISION.....	111
FIGURA N° 67 TABLERO INDUSTRIAL DEL SENSOR DE PRESION	112
FIGURA N° 68 PRUEBA DE TRANSMISIÓN DE PRESIÓN.	118
FIGURA N° 69 UBICACIÓN DE CÁMARA DEMEDICION.....	119
FIGURA N° 70 VISTA EXTERNA CUARTO DE TUBERIAS	120
FIGURA N° 69 ENTRADA AL CUARTO DE TUBERIAS	120
FIGURA N° 70 TUBERIA PRINCIPAL DE AGUA POTABLE DE LA CALLE JUANA ATABALIPA.....	121
FIGURA N° 71 CONEXIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN EN LA TUBERIA PRINCIPAL	122
FIGURA N° 72 LECTOR DE PRESIÓN ACTUAL	122

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1. COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE DISTINTOS TIPOS DE SENSORES DEPRESION	70
TABLA N° 2. COMPARACION ENTRE CIRCUITO LM358 Y RCV420	73
TABLA N° 3. COMPARACION ENTRE MODULOS ARDUINO	80
TABLA N° 4. TABLA COMPARATIVA SOBRE CARACTERISTICAS DE MODULOS INALAMBRICOS	88
TABLA N° 5 DISTRIBUCIÓN DE PINES DE LCD 16X2.....	92
TABLA N° 6. VOLTAJES OPTIMOS DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	92
TABLA N° 7. DIAGRAMA DE CONEXIÓN ENTRE SIM900 Y ARDUINO UNO	94
TABLA N° 8. DISTRIBUCIÓN DE PINES ARDUINO Y LCD.....	107
TABLA N° 9. PRUEBA DE LINEALIDAD RCV 420.....	116
TABLA N° 10. PRUEBA DE DIGITALIZACIÓN	117
TABLA N° 11. PRUEBA DE VISUALIZACIÓN	117
TABLA N° 12. COSTOS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE VARIABLES.....	93
TABLA N° 13. MANO DE OBRA INDIRECTA	94
TABLA N° 14.MANO DE OBRA DIRECTA.....	95
TABLA N° 15. DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS ACTUALES	95
TABLA N° 16. ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	96
TABLA N° 17. FLUJO DE CAJA	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACION N° 1. CALCULO DE PRESION	35
ECUACION N° 2. CALCULO DE CARGA ELECTRICA	39
ECUACION N° 3. CALCULO DE LA POTENCIA DE UN TRANSFORMADOR	93
ECUACION N° 4. AREA DEL TRANSFORMADOR.....	93
ECUACION N° 5 RELACION DE ESPIRAS	94
ECUACION N° 6. CALCULO DE VUELTAS EN PRIMARIO Y SECUNDARIO	94
ECUACION N° 7. TENSION ANTES DEL PUENTE RECTIFICADOR.....	95
ECUACION N° 8. TENSION DESPUES DEL PUENTE RECTIFICADOR	95
ECUACION N° 9. TENSION 2 ANTES DEL PUENTE RECTIFICADOR	96
ECUACION N° 10. TENSION MAXIMA	96
ECUACION N° 11. CALCULO DE CAPACITORES	96
ECUACION N° 12. VOLTAJE DE RIZADO	97
ECUACION N° 13. VOLTAJE DEENTRADA DEL REGULADOR LM7809	97
ECUACION N° 14.VOLTAJE DE SALIDA EN LM7809	99
ECUACION N° 15. LEY DE OHM.....	100
ECUACION N° 16. CALCULO DE RESISTENCIA DEL LED VERDE.....	101
ECUACION N° 17. CALCULO DE RESISTENCIA DEL LED AZUL	101
ECUACION N° 18. CALCULO DE POTENCIA DEL LED AZUL	102
ECUACION N° 19. CALCULO DE PRESION (PROGRAMACION)	116
ECUACION N° 20.VAN.....	130
ECUACION N° 21. TIR.....	131
ECUACION N° 22. RELACION COSTO/BENEFICIO	132
ECUACION N° 23. PRI.....	132

CAPÍTULO I

1. PRESENTACIÓN

1.1 TEMA:

Diseño e implementación de un sistema de control de presiones y detección de posibles daños en la red de agua potable de EMAPA-I, en el sector de la calle Juana Atabalipa en la ciudad de Ibarra.

1.2 PROBLEMA:

La presente investigación se enfoca en dar solución a la problemática que existe en la Empresa de Agua Potable EMAPA de la ciudad de Ibarra, en cuanto al control de la presión y detección de averías en la red de agua potable—con un énfasis especial en el centro de la ciudad.

En la actualidad aproximadamente 50.000 habitantes en el centro de Ibarra tienen el servicio de agua potable, pero en ocasiones algunas manzanas de esta ciudad se ven afectadas por el deficiente control de presión en la red de agua potable de la ciudad de Ibarra, la cual genera un alto índice de fugas al año así como una pobre verificación del funcionamiento de válvulas; además de eso un efecto directo—es que en determinadas ocasiones no llega agua a los hogares o se abastece en poca cantidad; esto se debe a que las tuberías en determinadas zonas de la ciudad se rompen por la excesiva presión que se ejerce, lo que produce fuga de agua y por consiguiente bajo nivel de la misma en los hogares de la urbe; teniendo el personal de EMAPA-I que detectar el problema solamente basándose en la llamada de la o las personas afectadas por la dirección de domicilio sin tener el conocimiento donde se encuentra la fuente

del problema de forma exacta; por lo que las personas se ven afectadas y molestas ante esta situación, debido a que en ocasiones se debe—las calles en varios puntos de la cuadra.

La finalidad de la investigación responde al hecho de servir como una herramienta fundamental para la gestión de la empresa de Agua Potable de la ciudad de Ibarra. Por causa de la inexistencia de un sistema de detección de fugas mediante el control de presión en la red de agua potable en el centro de Ibarra.

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de control de presión y detección de posibles daños en la red de agua potable en el sector de la calle Juan Atabalipa en la ciudad de Ibarra.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sustentar documentadamente las bases teóricas y científicas, que servirán de referencia para la estructuración del Marco Teórico del presente proyecto.
- Diagnosticar la situación actual sobre el área de detección de fugas de agua potable en el centro de Ibarra.
- Determinar el sistema de control de presión de la red de agua potable para detectar las fugas en el Centro de Ibarra.
- Determinar la factibilidad costo-beneficio en base a las consideraciones del presente diseño lo cual justifique la implementación de este sistema para el consumo de recursos de la empresa y la calidad de servicio a la población.
- Realizar las respectivas pruebas del sistema de control, para comprobar su correcto funcionamiento y beneficios que este presta a la entidad auspiciante.

1.4 ALCANCE

Este trabajo obedece a la necesidad del proyecto de la empresa de Agua Potable EMAPA de contar con un sistema de detección de fugas mediante el control de presión en la red de agua potable en el sector Juana Atabalipa ubicada en el centro de la ciudad de Ibarra, brindando un servicio continuo, de calidad y lo más importante salvaguardar el líquido vital.

Los alcances que tendría este proyecto serían muy específicos, ya que es un modelo de sistema que ataca a las fugas de agua mediante el control continuo de la presión, emitiendo señales que detecten anticipadamente ante eventuales problemas y solucionarlos antes de cualquier daño en la red. El principio de este sistema es empezar de manera local de acuerdo con lo que el estudio para iniciar en el centro de la ciudad de Ibarra, pero el sistema debe tener una capacidad de réplica muy fuerte. En futuro, dependiendo de la empresa, se podrá extender hacia todo el cantón y en el resto del país.

Se desarrollará un sistema que genere alerta ante los cambios de presión en la red de agua potable en el centro de Ibarra ya que en la actualidad en la provincia de Imbabura no existe ningún dispositivo o sistema que pueda generar una alarma o aviso el cual permita tener el conocimiento de ruptura de las tuberías y pérdida de presión en dicha ciudad.

Para este dispositivo se emplearán sensores de presión 4-20mA, sistema de visualización mediante una LCD de las alertas que va a generar el dispositivo a desarrollar, micro controlador para el control del dispositivo, un sistema con

tecnología inalámbrica que permita la interacción entre usuario y la máquina, esta es una tecnología para la transmisión de datos para el monitoreo remoto de datos, además de otro tipo de dispositivos electrónicos que se emplearán en la placa a desarrollar.

Con este sistema se podrá obtener un control sustentable de la red de agua potable verificando constantemente la presión de agua potable ya que las fugas son un efecto de la excesiva presión en las redes de EMAPA-I; evitando así el desperdicio del líquido vital (agua), el malestar en la comunidad por la falta de este y el ahorro en la economía tanto de la empresa como de la población.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Se hace indispensable la actualización de un sistema de detección de fugas mediante el control de presión en la red de agua potable en el centro de Ibarra. Para poder establecer específicamente la fuente del problema de fuga de agua a través de la pérdida de presión, de esta manera salvaguardar la pérdida del agua, y evitar las molestias en los beneficiarios de este servicio.

En la actualidad, toda empresa, sea esta pública o privada, local, regional se ve en la necesidad de contar con una herramienta moderna, que le permita un óptimo desarrollo institucional, el mejoramiento de automatización y amplia proyección al nuevo siglo, con un eficiente modelo electrónico. El cual pueda brindar al personal de EMAPA-I la información necesaria para detectar rápidamente y sin pérdida de tiempo los problemas en las redes de agua potable basándose en la variación de presiones realizando pruebas piloto las cuales determinen si son fugas u otros posibles daños en la red de agua.

Con la actualización de un sistema de detección de fugas mediante el control de presión en la red de agua potable del cantón Ibarra se beneficiara sin duda alguna, a todas las personas que conforman la empresa de Agua Potable, debido a que se evitaran desfases en la planificación del presupuesto asignado, proyectando una mejor optimización de distintos recursos: materiales, económicos, humanos y tiempo, se mejorara la red de agua potable.

De igual manera, como beneficiario indirecto estará la comunidad del Cantón Ibarra; el desarrollo de este proyecto despierta gran interés e importancia para la empresa de agua potable, quien lo pondrá en marcha en forma inmediata, para mejorar el servicio y satisfacer las necesidades de sus clientes internos y externos.

Al proponer la actualización de esta herramienta electrónica contará con una acertada aprobación de todos los niveles jerárquicos, poniendo a disposición toda la información concerniente al tema, haciendo factible su ejecución.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

En este capítulo se describirá cada uno de los conceptos involucrados en el desarrollo del diseño de un sistema de control de presión de agua, se iniciará describiendo el principal problema en las tuberías de agua potable de la ciudad, se realizará un estudio acerca de la situación actual sobre el área de detección de los daños en las tuberías de agua potable en el centro de la ciudad, las causas fundamentales de la pérdida de presión y las herramientas principales tales como sensores, sistemas de visualización de la alarma, tipos de software, dispositivos electrónicos, entre otros; los cuales se usarán para el desarrollo del proyecto, conceptos como herramientas, protocolos, equipos, arquitecturas entre otros.

2.2 PRINCIPALES PROBLEMAS EN LAS TUBERIAS DE AGUA POTABLE

Se han desarrollado varios estudios en los sistemas de distribución de agua potable, concluyendo que las principales causas para que se produzcan las fugas de agua es por el incumplimiento de las especificaciones técnicas existentes por una inadecuada inspección. (EMAPA-I, Departamento de agua no contabilizada, 2012)

Las tuberías de agua potable que brindan de este servicio a cada uno de los domicilios, están fabricadas por distintos tipos de estructura, es necesario que todos sus materiales de los que están compuestos sean comprobados su calidad de funcionamiento y a su vez estos sean respaldados por especificaciones técnicas que garanticen un funcionamiento óptimo y, que evite la contaminación y el desperdicio del líquido vital. (EMAPA-I, Departamento de agua no contabilizada, 2012)

En la mayoría de tuberías existen diversos tipos de problemas como las fugas de agua por ruptura o por la excesiva presión que hay en ellas. Principalmente el motivo de estos tipos de problemas surge debido a que el 30 por ciento de las tuberías que abastecen de agua a Ibarra, tienen 50 o más años de antigüedad (EMAPA-I, Departamento de agua no contabilizada, 2012), debido a esto las rupturas en las tuberías son inevitables e impredecibles, por el deterioro de estas con el tiempo, y la corrosión de las mismas.

Las que conllevan un gran esfuerzo al tratarse de reparar; las rupturas pequeñas son más fáciles de reparar, pero pueden ser más difíciles de encontrar. Las grandes rupturas pueden causar estragos en el tránsito y a veces provocar inundaciones y cortes de agua. (EMAPA-I, Departamento de agua no contabilizada, 2012)

Los factores principales por los que se provoca las rupturas en las redes de tuberías de agua potable o la disminución de presión de agua en las mismas redes se clasifican en:

2.2.1 CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una de las fallas que provocan las rupturas en las tuberías de agua es la mala configuración ya que no son tomadas en cuenta todas las normas establecidas en el desarrollo y ubicación de las tuberías. Para eso se han establecido varios puntos para el correcto diseño de la red de agua potable y así evitar los posibles daños por la configuración de la instalación de estas redes.

Algunos de los puntos específicos de la configuración es en el diámetro de la tubería que es de 1,20 m, el material de construcción de la misma, la cual esta

construida de hormigón, la temperatura de 10 a 25 grados centígrados que soporta esta y la presión máxima que soportan las paredes internas de la tubería que es de 85 psi.

2.2.1.1 CONFIGURACIÓN DE LA VIALIDAD DE LA RED DE AGUA POTABLE

Es necesaria la configuración de una forma viable u ordenada, que permita el adecuado paso del agua potable a los distintos hogares de los usuarios, dado que el trazado o la ruta del líquido vital se realizará principalmente siguiendo dicha configuración.

Estos arreglos en la vialidad de la red de agua potable se la realiza con el fin de que en un futuro, cuando exista un daño en estas redes de conductos, se pueda localizar de una forma fácil cualquier tipo de deterioro para la posterior realización de reparaciones, mantenimiento y sustituciones de materiales defectuosos, por parte de la empresa. (IngenieríaCivil, 2013)

2.2.1.2 PUNTO(S) DE ALIMENTACIÓN DE LA RED

La forma en que será alimentada la red establecerá en gran medida la ruta de sus tuberías principales, por lo tanto es necesario tener en cuenta la ubicación de los tanques de agua existentes así como la red principal de tuberías de distribución desde la cual se suministrará la red a diseñar. (IngenieríaCivil, 2013)

Todo esto depende de la ubicación en la cual se encuentren los tanques de abastecimiento, así como la cantidad de población que se encuentra conformado dicho sector. Es así que según esto y realizando los estudios necesarios en tanto a la presión que se ejerce en esas zonas y las herramientas como válvulas y acoples siguiendo las

normas ISO, se llegará determinar las normas antes dichas para las tuberías, así como la capacidad de presión que soportan las mismas.

2.2.1.3 TRAZADO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

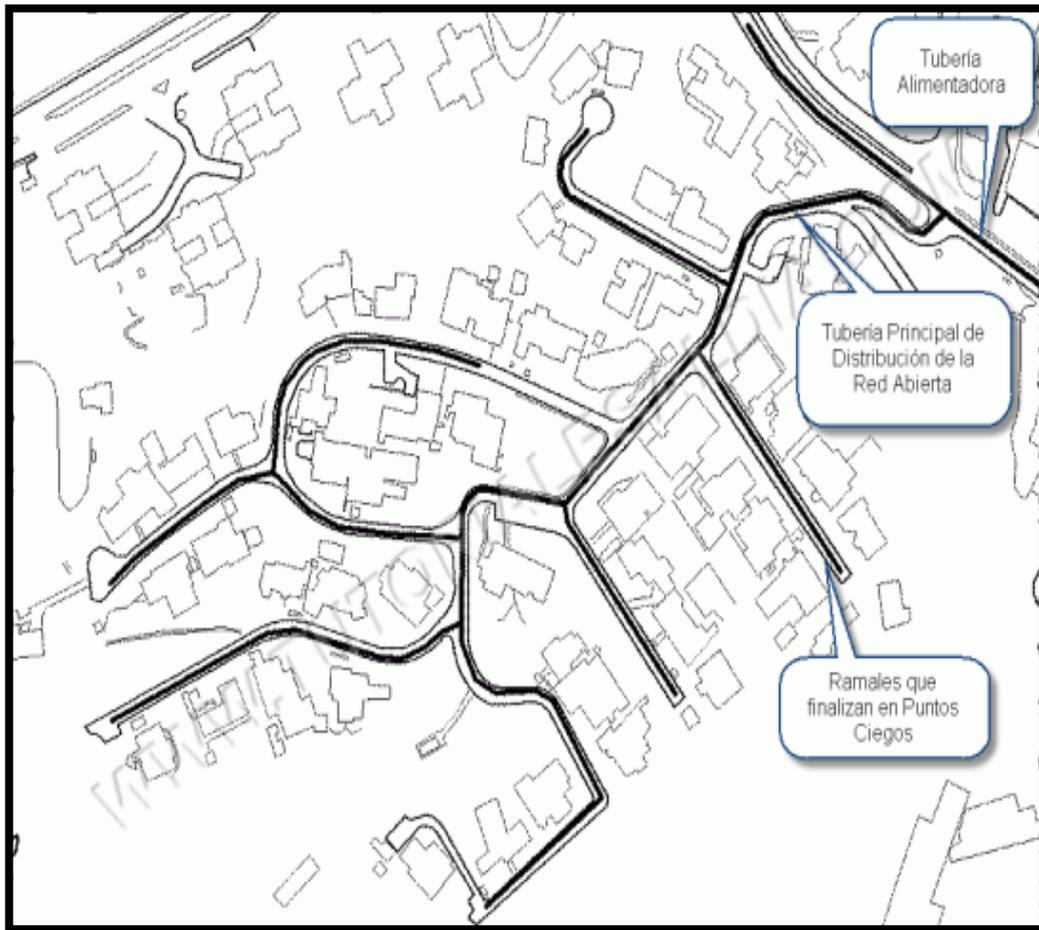
El trazado de la Red de Distribución de Agua Potable a analizar, para la implementación del dispositivo a diseñar, podrá verse afectada por la existencia de otras tuberías en las vías de comunicación del sector en estudio. (IngenieríaCivil, 2013)

Para esto se debe tener un adecuado diagrama del posicionamiento de las redes de agua potable para evitar las confusiones con dichas redes, y así poder llegar en forma eficiente a la cañería que necesita de mantenimiento eludiendo así las posibles equivocaciones y daños al escavar en lugares que no fueron los correctos.

Además de analizar los aspectos básicos en la configuración de tuberías se tiene dos tipos de configuraciones para la instalación de estas redes por la ciudad:

2.2.1.4 RED DE DISTRIBUCIÓN ABIERTA

Este modelo de red de tuberías se caracteriza por tener una tubería principal de distribución, la cual es la más grande o de mayor dimensión; desde la cual se dividen en subsistemas de tuberías o ramificaciones, las cuales terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma Red de abastecimiento de agua potable. (IngenieríaCivil, 2013)



*Figura 1. Red de distribución abierta.
Obtenida de: (IngenieríaCivil, 2013)*

2.2.1.5 RED DE DISTRIBUCIÓN CERRADA

Este modelo de red de abastecimiento de agua está en formato de malla a través de la interconexión en las ramificaciones de tuberías dentro de la red de distribución de agua potable.



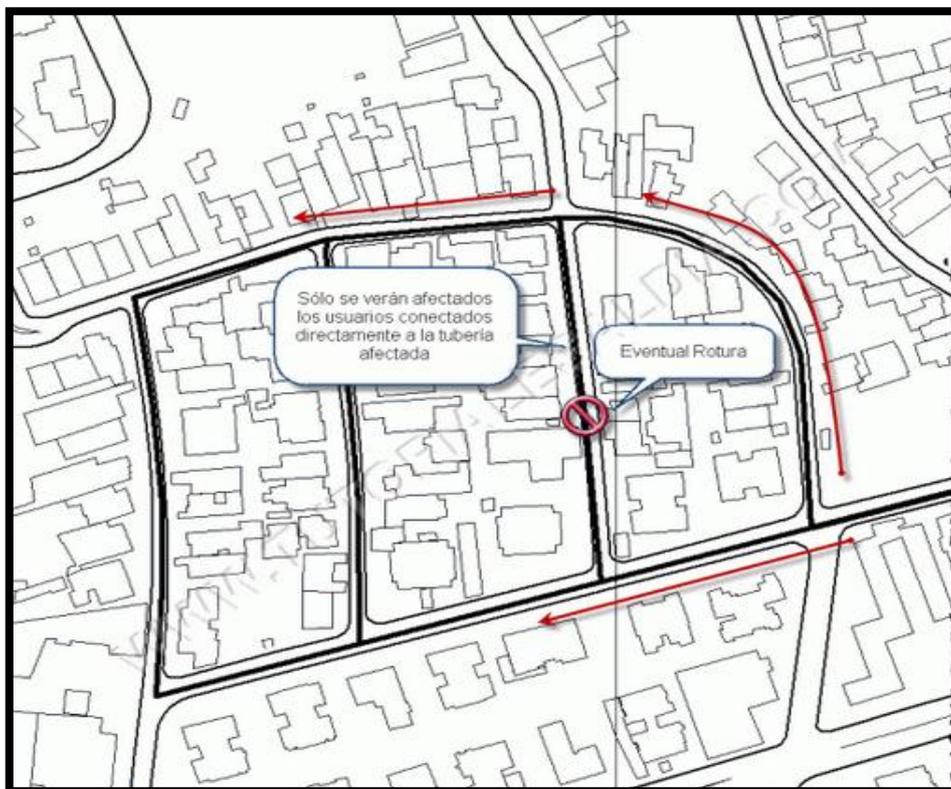
*Figura 2. Red de abastecimiento cerrada.
Obtenida de: (IngenieríaCivil, 2013)*

EMAPA-I utiliza actualmente la red de distribución en malla o (cerrada) debido a que en estos últimos años se ha estado sectorizando por zonas las redes de agua potable de la ciudad de Ibarra, esto se está desarrollando para poder tener un mayor control de cada sector de la ciudad y obtener un mayor beneficio y facilidad en detectar el origen de las fallas de manera más sencilla directa y eficaz.

Con esta sectorización lo que resuelve es que cada zona de Ibarra va a tener un control más preciso de la variación de presión de agua, ya que en cada una de estas zonas va a tener implementado una válvula de control y corte de agua en caso de fallas de la tubería, así al momento de cerrar las válvulas no van a quedar sin este recurso mucha cantidad de abonados solo la zona precisa del daño.

En términos de beneficio la configuración cerrada es la más adecuada desde la perspectiva de eficacia y de seguridad del servicio debido a que estas redes se las realizan por sectores lo que hace más fácil de determinar las fallas en los puntos dentro de esta sección que están delimitadas por zonas. Además de esto en caso de dejar de llegar agua dentro de un punto de esta red existen puntos alternos para abastecer de este recurso y así no dejar sin servicio al cliente por demasiado tiempo.

Adicional a esta configuración este proceso es factible ya que ante la existencia de una rotura de alguna de sus tuberías, esta ayudará a que menos cantidad de usuarios pierda el servicio de agua potable ya que se establecen rutas distintas por donde circulará el caudal de agua a través de las distribución de red cerrada o en malla que conforman a la red. (IngenieríaCivil, 2013)



*Figura 3. Ventajas de la red de abastecimiento de agua en forma cerrada.
Obtenida de: (IngenieríaCivil, 2013)*

2.2.2 REPARACIONES ANTERIORES

No hay un tiempo estipulado para que un daño aparezca en las tuberías, ya estos se producen de forma impredecible, y aparecen por varios factores que afectan a las cañerías por donde circula el agua como arreglo de calles, deterioro de tuberías, o malas soldaduras.

Actualmente en el centro de la ciudad de Ibarra el 30% de tuberías tiene más de 50 años de antigüedad, según la entrevista realizada con el ing. Geovanny Rivadeneira jefe técnico de agua no contabilizada de EMAPA-I, lo cual contribuye para el deterioro de ellas, esto sumado a otros factores como el clima, la presión de agua, la corrosión, y reparaciones anteriores deficientes, hacen que los daños aparezcan con más frecuencia.

Estos daños suelen ser detectados de muchas formas, ya sea de dispositivos, o de forma empírica bajo la observación y experiencia del personal técnico al observar la filtración de agua sobre el pavimento, o también con equipos electrónicos que hacen que localizar fugas de agua hoy en día no sea un gran problema.

Por lo general las fallas en las redes de agua suelen suscitarse la mayoría de los casos por la antigüedad de las tuberías, o por forma deficiente de las reparaciones anteriores ya que muchas veces las uniones entre las cañerías no está correctamente soldadas o los accesorios como codos y válvulas de estas no son de buena calidad, lo que produce mucha molestia para los usuarios por sus rupturas.

Estas rupturas de cañerías por corrosión, o ruptura por desperfecto en las uniones suelen producirse por el aumento de presión en las mismas; todos estos deterioros son reparados soldando la parte afectada, o cambiando las válvulas u codos en caso de que las fugas sean por motivo del desperfecto de estos accesorios.

En el peor de los casos cuando el canal por donde circula el agua ya está muy dañada y no existe arreglo alguno en la misma se procede a cambiar la sección dañada completamente.

2.2.3 VARIACIONES EN LA PRESIÓN DEL AGUA

Las variaciones de presiones es uno de los principales problemas por lo que las tuberías fallan, ya que por lo general se tiene un rango de presiones establecidas para que las tuberías soporten; estas variaciones aparecen cuando hay un incremento de caudal que circula en el interior de ellas, produciendo mucha presión lo que ocasiona la ruptura de las mismas y por ende la baja de caudal y presión dentro de ellas.

Las presiones que pueden soportar las tuberías son establecidas previo a pruebas hidrostáticas de presión; la misma que consistirá en aplicar presión mediante una bomba de pruebas.

Este proceso se lo realiza durante un corto periodo, en este tiempo no debe presentarse fugas ni variación de la presión aplicada en las cañerías, caso contrario se realizarán las rectificaciones del caso y se repetirá la prueba hasta que sea aceptada satisfactoriamente por la fiscalización.

Las presiones establecidas en las tuberías de la ciudad de Ibarra son las siguientes:

- Máxima presión que soporta es **85 psi** (libra por pulgada cuadrada), para columnas de agua de 60 metros de columna de agua, para las redes de agua controladas (Rivadeneira G. , 2015).
- Mínima presión en las tuberías es **6 psi** (libra por pulgada cuadrada), en 10 metros de columna de agua, para redes de agua controladas (Rivadeneira G. , 2015).

2.2.4 CORROSIÓN EN LAS TUBERÍAS

La corrosión es la principal causa de fallas en tuberías alrededor del mundo (Rivadeneira G. , 2015). Cuando una tubería falla, ocasiona grandes impactos en términos de pérdidas de producción, daños a la propiedad, contaminación y riesgo a vidas humanas.

Los problemas dentro de los sistemas de las redes de las tuberías en malla es la corrosión alrededor de las tuberías producido por los procesos anaerobios que reducen ciertas sustancias como el sulfato. Este deterioro puede ocurrir en varios sitios en el sistema del conducto.

Esto se lo puede prevenir en gran medida al instalar tuberías de varios materiales, tales como acero inoxidable, acero de carbón, cobre y aluminio, debido a que estas tuberías están construidas con materiales de gran durabilidad, resistentes a la variación de temperaturas y constantes cambios de presiones ejercidas; además de eso tienen mayor tiempo de vida útil en las cañerías debido a los componentes de los que se encuentran elaborados.

2.3 FORMAS DE DETECTAR RUPTURAS DE TUBERÍAS

Actualmente en la provincia de Imbabura no existe un método definido para detectar las fallas existentes en las tuberías de agua potable (EMAPA-I, 2012); normalmente las ubicaciones del daño se las realiza de forma empírica, por experiencia de los técnicos encargados, los cuales al observar el humedecimiento en la calzada saben el punto aproximado en donde se encuentra el daño, así como dependiendo de la ubicación del conducto saben el probable problema al que se enfrentan, ya sea por causa

de la vida útil del conducto, las variaciones de presión o la corrosión debido a la temperatura al que se enfrenta dicho sector.

Una de las formas más comunes, es al recibir llamadas de usuarios dando alerta de la falta del servicio, y por ende la falla en algún segmento de la red de tuberías la cual podría ser por ruptura, o cualquier tipo de obstrucción del agua. Otra forma es al observar el líquido vital emerger hacia el exterior de la calzada y dar evidencia de la ruptura de la cañería.

Para esto también se utilizan una gama de equipos para complementar los conocimientos del técnico de la empresa, los cuales hoy en día se usan para identificar sonidos producidos por las fugas de agua que se encuentran bajo la tierra tales como:

2.3.1 GEÓFONO Y CORRELADORES

Dispositivo diseñado para amplificar el ruido que se genera en las tuberías, bajo situaciones de fuga. Al identificar la posición del ruido de fuga más agudo, como se puede detallar en la figura 14, un estado normal de la tubería sin ruptura varía entre 20 y 30 db, y si sobrepasa este ruido de los 80 db se podrá determinar que se está en presencia propiamente de la fuga.

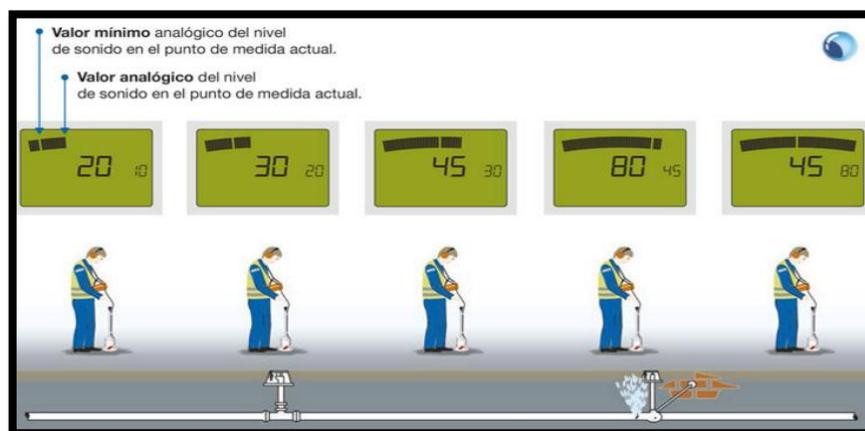


Figura 4. Valores analógicos del nivel del sonido a través del Geófono detector.
Obtenida de: (SerLo, 2014)

2.3.2 PRELOCALIZADORES

Son dispositivos instalados en las tuberías directamente, los cuales detectan e informan remotamente de la aparición de una nueva fuga: es un instrumento inteligente y activo, que no hay que patrullarlo, ni programarlo, ni interpretarlo. Este dispositivo recibe una alarma generada, la cual corresponde a una posible fuga, evitando falsos positivos, ayudando así a precisar la localización del punto exacto de fuga (SerLo, 2014).

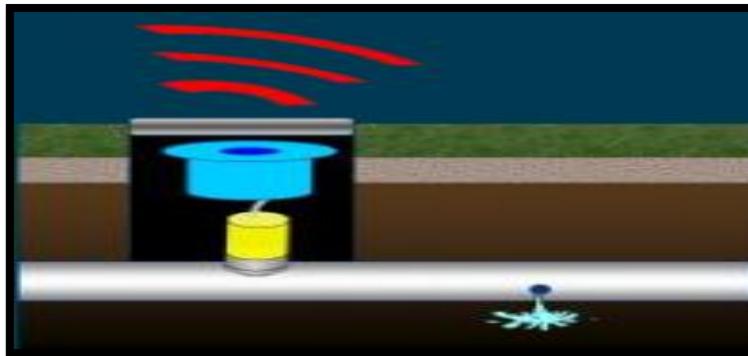


Figura 5. Dispositivo pre localizadores ubicado en la tubería para la detección de fugas de agua. Obtenida de: (SerLo, 2014)

2.3.3 GEORADARES

La interpretación cuantitativa para modelarlo puede variar en función del radar y las características penetrantes de la tierra tal como profundidad, la orientación, el tamaño y la forma de objetos enterrados, de la densidad y del contenido en agua de suelos.

El radar detector se lo puede utilizar para situar:

- Propiedades de la tierra y sistemas geológicos.
- Detección de: Tanques de almacenaje y líneas de servicio subterráneos.

- Desechos de gran peligrosidad
- Tuberías de plástico, cemento, asbesto, arcilla o metal.
- Restos fósiles.
- Minas de metal y plásticas, artillería.

2.3.4 ULTRASONIDOS

Es un instrumento electrónico que amplifica las frecuencias (ondas de sonido) generada por la fuga de agua; este dispositivo permite la máxima sensibilidad a través del audio y señales visuales, que permiten ubicar las fugas desde la superficie (SENSORES DE PRESION, 2015).

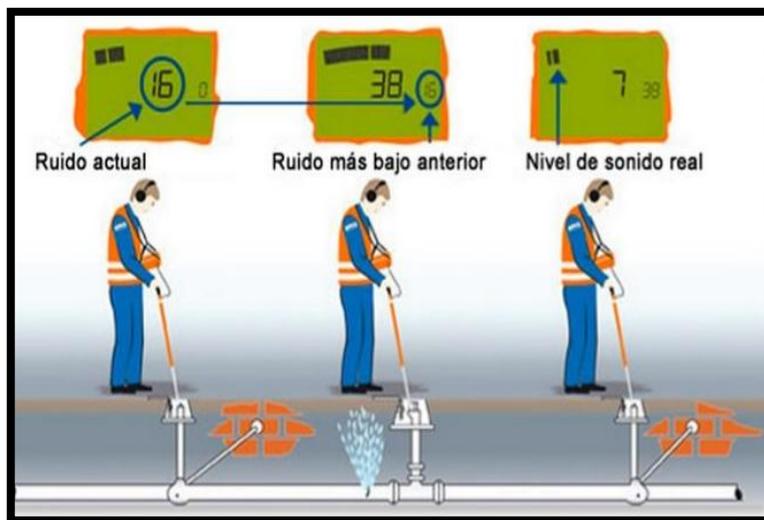


Figura 6. Detector ultrasónico

Obtenida de: (SerLo, 2014)

La resonancia o vibración de la tubería es una fuente que facilita la detección a través del sonido del agua en reposo en las tuberías en el punto exacto en la distancia y ubicación de la falla en la red de cañerías. Este vibrado provocado por el impacto del

agua en el suelo al fugarse de las tuberías rotas no es muy fácil escuchar solamente con el oído humano, para esto se utiliza el geófono detector sobre el suelo detectando así un ruido más fuerte que el normal que es como un arroyo de agua al bajar de montaña. (SubSurface, 2013)

Estos métodos no son muy eficaces ya que no son 100% precisos a la hora de detectar la ubicación exacta de las fallas, además de algunos factores que hacen más complicado la detección de las mismas.

Algunos de los factores que impiden a esta detección son:

- Elementos constituyentes que consta la cañería y diámetro de la misma.
- Tipo de suelo y grado de compactación. Profundidad de la capa de suelo sobre la tubería.
- Cubierta superficial que esta sobre el suelo como: hierba, suelo poco compactado, asfalto, etc.

Conocer los elementos de los cuales están hechas las tuberías es muy vital ya que las cañerías constituidas por materiales metálicos, tales como hierro, cobre o acero transmiten sonidos de frecuencia más alta que las tuberías constituidas por materiales como el PVC o el cemento. (SubSurface, 2013)

Las tuberías de diámetro grande, independientemente del material que están contruidos, transmiten sonidos más bajos debido al tamaño de estos conductos, originados por las fugas de caudal, mientras que las tuberías de diámetro pequeño producen sonidos con mayor frecuencia los cuales son más sencillos de detectar. (SubSurface, 2013)

El revestimiento del suelo también produce una gran diferencia. Las superficies duras producen un sonido más grande con la fuga de agua y el sonido puede ser detectado hasta una distancia de 5 a 10 pies, a ambos lados de la tubería. Sin embargo, las superficies de hierba o de suelo flojo no producen un sonido muy fuerte por lo que la transmisión del ruido es menor. (SubSurface, 2013)

2.4 REPARACIÓN DE UNA RUPTURA DE TUBERÍA EN LA ACTUALIDAD

Las reparaciones en las tuberías se han basado en normas establecidas por el SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN), tanto en lo que se refiere a cañerías como a los accesorios de las mismas.

Las normas que EMAPA-I utiliza para realizar las restauraciones de los conductos son: (EMAAP-Q, 2010)

- NTE INEN 1744 2002-04. Especificaciones del material de las tuberías con que estas deben estar construidas para un mayor beneficio dentro de las redes de agua potable.
- INEN 117, tipo NPT. Especificaciones de tuberías (diámetro, material y resistencia de presión), y accesorios como (codos, collarines y válvulas).
- ASTM A 36. Collarín de acero
- ASTM A 123 e INEN 672. Collarín galvanizado
- ASTM A307 o ASTM F568. Especificaciones de los pernos de acero para evitar la corrosión cumplirán o excederán con los requerimientos de la norma

La mayor parte de los casos, las reparaciones de estos supuestos se los realiza en el lapso de unas pocas horas o días. Sin embargo, las restauraciones de estos deterioros en tuberías principales de transmisión de agua pueden requerir reparaciones complejas lo cual puede ocasionar que estas se demoren mucho más tiempo en completarse como en el caso del cambio de tuberías completas.

2.5 DISPOSITIVOS PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS.

Son herramientas o dispositivos utilizados por el personal técnico para facilitar la detección de los daños por rupturas, aumentos de presión o disminución de las mismas, los cuales son utilizados externamente para proporcionar los recursos indispensables como el de información, y exanimación en el desarrollo del proceso de detección de las necesidades requeridas. (EMAPA-I, 2012)

Son guías que describen factores, dominios y elementos que permiten determinar objetivamente el desempeño de los colaboradores en un área específica del trabajo.

2.5.1 SISTEMA MEDIDOR DE PRESIÓN

Son sistemas o dispositivos los cuales aplican una fuerza sobre una superficie para obtener mediciones indicadas, cuyos valores van a ser utilizados para analizar el sistema actual y las condiciones en las que se encuentran las tuberías.

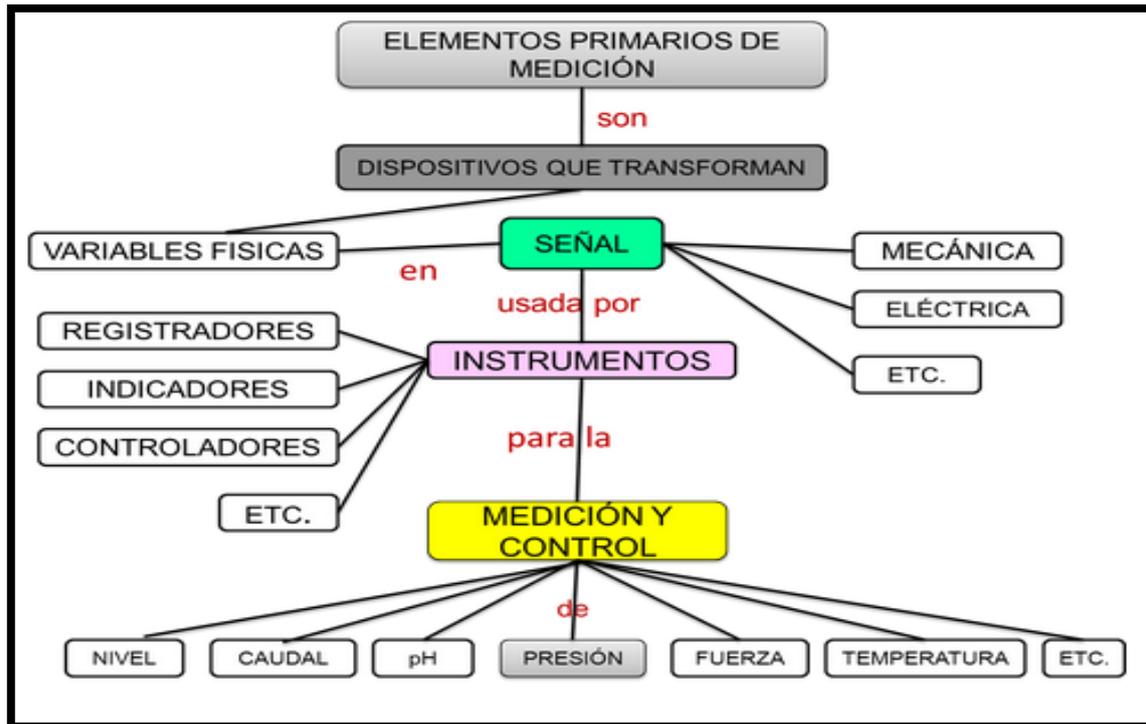


Figura 7. Mapa conceptual sobre los elementos primarios de medición.

Obtenido de: (instrumentacion de control, 2013)

2.5.2 TIPO DE PRESIÓN

Se considera presión a la fuerza que se ejerce sobre una superficie en un área específica. El término presión se limita específicamente a una fuerza que se ejerce por un fluido sobre un área de la superficie que lo encierra. (LTD, 2015)

De esta manera, el cálculo de la presión se lo puede detallar en la ecuación 1 donde la presión (P) de una fuerza (F) distribuida sobre un área (A), se define como:

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación (1)

Presión significa ejercer una fuerza contra una superficie específica. Se puede decir entonces que es una energía que es ejercida sobre algo. La presión equivale a la división de la fuerza normal que es ejercida sobre un cuerpo o superficie. Existen distintos tipos de presión, algunos de ellos son:

- Presión absoluta.- Es la presión de un fluido con referencia al vacío. Es la presión real que se ejerce sobre un punto determinado; la presión absoluta es la suma de la presión manométrica y atmosférica. (LTD, 2015)
- Presión atmosférica.- Es la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, el valor de la presión es cercano a 101,325 kpa. (LTD, 2015)
- Presión manométrica.- Son presiones superiores a las presiones atmosféricas. Principalmente es la que detalla la presión de los fluidos, agua, gases o el aire. (LTD, 2015)
- Presión de vacío.- Se refiere a las presiones menores que la atmósfera. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto. (LTD, 2015)

2.5.3 TIPO DE INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Son elementos de precisión fabricados para medir la presión del agua, o la fuerza que ejerce cualquier otro tipo de líquido dentro de las tuberías o tanques de almacenamiento, además de la presión atmosférica. Teniendo para cada uso diversos equipos disponibles de acuerdo a las necesidades.

Dependiendo de las aplicaciones para las cuales se van a utilizar, los medidores de presión son las herramientas disponibles para sus resultados, además de que algunos reciben nombres diferentes dependiendo también del tipo de presión que van a medir.

- **Mecánicos.-** Miden la presión a través de la deformación por la presión interna de un fluido, o la comparan con densidades y alturas conocidas.
- **Electromecánicos.-** Son dispositivos que un transmisor electrónico que genera una señal en base a la posición de un sensor.
- **Neumáticos.-** Utilizan elementos mecánicos con el desplazamiento de gases, consiste en un tubo neumático aumentado a una presión constante con una reducción en forma de tobera en la salida obstruida por una lámina llamada obturador para obtener la respectiva medición.
- **Electrónicos.-** Trabajan de distinta forma entre la presión atmosférica y de proceso. Pueden estar compensados con relación a las presiones atmosféricas y calibradas en unidades absolutas.

2.5.4 SENSORES UTILIZADOS EN LA MEDICIÓN DE PRESIÓN

Los sensores utilizados para la medición de presión se clasifican según la técnica utilizada y las formas en las cuales vamos a hacer uso de estas herramientas. El objetivo principal de estos sensores es el de transformar la presión aplicada en un sensor en señal electrónica proporcional a la misma, para que pueda ser evaluada de una forma más factible.

Algunos de los sensores más utilizados en la medición de presión son:

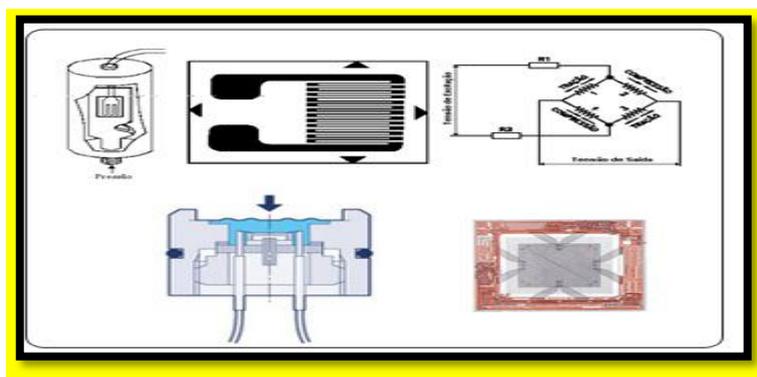
- Capacitancia Variable (Capacitivos)

- Piezo-resistivo (Strain Gauge)
- Potenciométrico
- Piezo-eléctrico
- Reluctancia Variable
- Resonante
- Óptico

2.5.4.1 SENSOR PIEZO-RESISTIVO

Se refiere al cambio de la resistencia eléctrica como resultado de la presión aplicada. En su gran mayoría son formados por elementos cristalinos, interconectados en puente con otros resistores que suministran el ajuste de cero, la sensibilidad y la compensación de temperatura. El material de construcción varía según el fabricante y actualmente son comunes los sensores de estado sólido. (SMAR, 2012)

Una de las desventajas de este sensor es la banda limitante de temperatura operativa, la cual produce una señal muy baja la cual es difícil de reconocer. (SMAR, 2012)



*Figura 8 – Sensor Piezo-Resistivo.
Obtenido de: (SMAR, 2012)*

2.5.4.2 SENSOR PIEZO-ELÉCTRICO

Piezo-eléctrico es un cristal que produce una tensión diferencial proporcional a la presión aplicada a él en sus caras: cuarzo, titanio de bario, turmalina etc. Este componente acumula cargas eléctricas en ciertas áreas de su estructura cristalina, este proceso produce una deformidad física, por acción de una presión.

La relación entre la carga eléctrica y la fuerza ejercida al cristal es prácticamente directo como se lo puede detallar en la ecuación 2.

$$Q = Sq \times Ap$$

Ecuación (2)

p - presión aplicada, A - área del electrodo, Sq – sensibilidad,
q - carga eléctrica, C – capacidad del cristal, Vo - tensión de salida

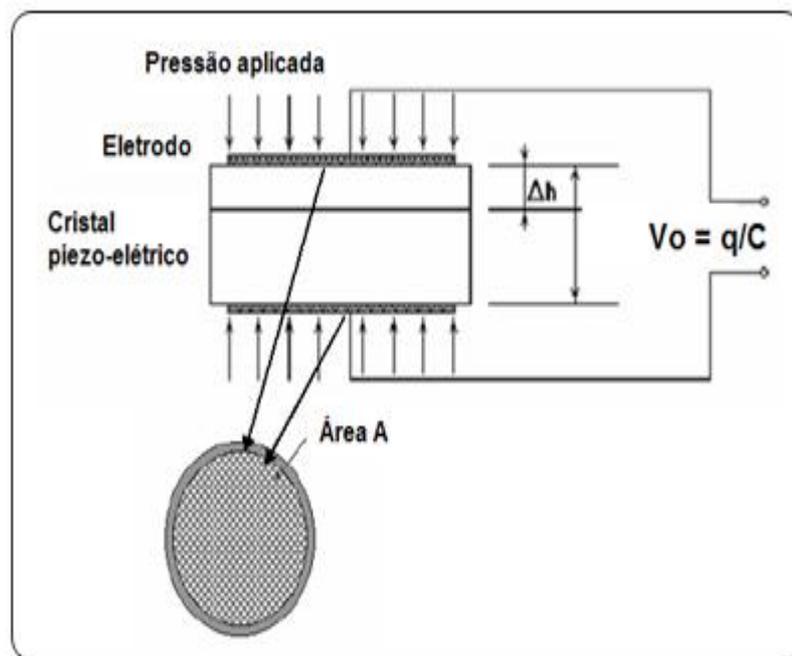


Figura 9 – Sensor de Cristal
Obtenido de: (SMAR, 2012)

2.5.4.3 SENSORES RESONANTES

Poseen en general el principio de la tecnología conocida como “cuerda vibrante”. Es un resorte de hilo magnético, que se une al diafragma que al ser sometido a un campo magnético y ser recorrido empieza a vibrar. La frecuencia de oscilación es proporcional al cuadrado de la tensión (expansión/compresión) del hilo. En el sensor de Silicio Resonante no se usa hilo pero el silicio para resonar con diferentes frecuencias que son funciones del tipo $1/f^2$ de la expansión/compresión. El sensor es formado por una caja o envoltura de silicio ubicada en un diafragma que vibra al ser aplicar un diferencial de presión y la frecuencia de vibración depende de la presión aplicada. Algunos sensores de vibración necesitan técnicas de compensación de temperatura hardware o software complicados, aumentando el número de componentes, lo que significa más placas electrónicas en algunos equipos.

2.5.4.4 SENSORES CAPACITIVOS

Estos son los sensores más confiables que se pueden utilizar en la actualidad, y que son usados en la mayor parte de las aplicaciones desarrolladas. Se basan en transductores donde la presión aplicada a diafragmas sensores produce una variación de la capacitancia entre ellos y un diafragma central.

Esta variación es usada principalmente para variar la frecuencia de un oscilador o usada como elemento de un puente de capacitares. Esta alteración de capacitancia es usada para variar la frecuencia de un oscilador. La frecuencia puede medirse directamente por un micro controlador y así convertirla en presión.

Las respuestas lineales prácticamente no sienten las variaciones de temperatura, siendo los más aptos para la realización control de procesos por su excelente desempeño en estabilidad, temperatura y presión estática.

Algunas de sus ventajas son:

- Ideales para aplicaciones de baja y alta presión.
- Minimizan el Error Total Probable y consecuentemente la variabilidad del proceso.
- Ideales para aplicaciones de flujo.
- Por su respuesta lineal, permite alta flexibilidad y exactitud.



Figura 10. Elementos del sensor capacitivo

Obtenido de: (SMAR, 2012)

2.6 MICROCONTROLADORES

Son circuitos integrados que incluyen en su interior tres unidades básicas y funcionales de una computadora, es un circuito integrado programable, capaz de

ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales como son (Micro, 2014):

2.6.1 UNIDAD CENTRAL

Es el componente base del ordenador y otros dispositivos programables, cuya función principal es interpretar y simplificar las instrucciones contenidas en los programas y procesa los datos mediante operaciones básicas aritméticas lógicas (Micro, 2014).

2.6.2 MEMORIAS DE MICRO CONTROLADOR

Típicamente la memoria es la unidad de almacenamiento de un computador. Existen varios tipos de memoria, pero la memoria principal es la memoria RAM la cual almacena la información a corto plazo, la cual será utilizada por el procesador para realizar cualquier tipo de cálculo, inclusive operaciones lógicas y matemáticas. (Micro, 2014).

Estos tipos de memorias están ubicadas en los registros de trabajo de la unidad de procesamiento y configuración de los distintos periféricos del micro controlador. Es por ello que en la mayoría de los casos, aunque se tenga un espacio de direcciones de un tamaño definido, la cantidad de memoria RAM de que dispone el programador para almacenar sus datos es menor que la que puede direccionar el procesador (Micro, 2014).

2.6.3 ENTRADAS Y SALIDAS DE PROPÓSITO GENERAL

Estos periféricos básicamente sirven para la comunicación del CPU con el medio exterior, proveen el modo por el cual la información es transferida hacia el interior y exterior del computador, además de compaginar esta transferencia a través del equilibrio

de velocidad entre los diferentes medios. Entre estos componentes podemos definir algunos como el teclado, el monitor, el mouse, impresora, el escáner y los auriculares (Micro, 2014).

2.6.4 TIPOS DE MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la arquitectura de un pequeño computador, algunos de estos circuitos electrónicos más avanzados inclusive poseen convertidor análogo digital, temporizadores, contadores y sistemas que permiten la comunicación en serie y en paralelo.

Entre algunos de estos micros avanzados tenemos los siguientes que se detallan a continuación (Micro, 2014).

2.6.4.1 MICROCONTROLADOR ATMEL AVR

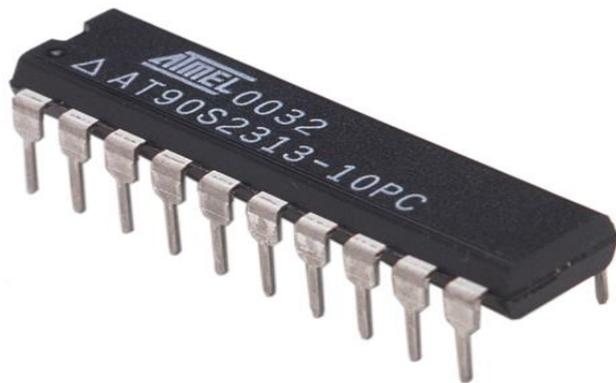


Figura 11. Forma comercial de un Microcontrolador ATMEL

Obtenido de: (ATMEL)

Este micro controlador se caracteriza por la facilidad de uso, bajo consumo de energía y un alto nivel de integración, Atmel AVR son microcontroladores de 8 bits y

32 bits. Estos dispositivos ofrecen una combinación única de rendimiento, eficiencia energética y flexibilidad de diseño. Se pueden programar en lenguaje C++, y es compatible para cualquier tipo de aplicación que deseamos crea (ATMEL)r.

2.6.4.2 MICROCONTROLADOR PIC



Figura 12. Forma comercial de un Microcontrolador PIC

Obtenido de: (Micro, 2014)

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PIC micro, aunque generalmente se utiliza como controlador de interfaz periférico. El circuito electrónico PIC original se diseñó para ser usado con la nueva CPU de 16 bits. PIC utilizaba micro código; se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador (Micro, 2014).

2.7 MÉTODO DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Los métodos de transmisión en las comunicaciones entre dos equipos pueden ocurrir de diferentes maneras. La transmisión está caracterizada por:

2.7.1 CONEXIÓN SIMPLE

Una conexión simple es aquella en la que los datos viajan en una sola dirección desde el transmisor (Tx) hacia el receptor (Rx). Este tipo de conexión es útil si los datos no necesitan transmitirse en ambas direcciones (Martinez, 2012).

2.7.2 UNA CONEXIÓN SEMIDÚPLEX

Es una conexión en la que los datos fluyen en una u otra dirección, pero no los dos al mismo tiempo. Con este tipo de conexión, cada extremo de la conexión transmite uno después del otro. Este tipo de conexión hace posible tener una comunicación bidireccional utilizando toda la capacidad de la línea (Martinez, 2012).

2.7.3 CONEXIÓN DÚPLEX

Una conexión dúplex es una conexión en la que los datos se trasladan al mismo tiempo tanto en transmisión como recepción.

Esto significa que el ancho de banda se divide en la misma cantidad para cada dirección de la transmisión de datos si es que se está utilizando el mismo medio de transmisión para ambas direcciones de la transmisión (Martinez, 2012)..

2.8 TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Los medios de transmisión son los caminos físicos por medio de los cuales viaja la información y en los que usualmente lo hace por medio de ondas por donde viajan los datos. Los medios de transmisión vienen divididas en guiados (por cable) y no guiados (sin cable) (Martinez, 2012)..

Normalmente los medios de transmisión vienen afectados por los factores de fabricación, y encontramos entonces unas características básicas que los diferencian (Martínez, 2012).:

- Ancho de banda: mayor ancho de banda proporciona mayor velocidad de transmisión.
- Problemas de transmisión: se les conoce como atenuación y se define como alta en el cable coaxial y el par trenzado y baja en la fibra óptica.
- Interferencias: tanto en los guiados como en los no guiados y ocasionan la distorsión o destrucción de los datos.
- Espectro electromagnético: que se encuentra definido como el rango en el cual se mueven las señales que llevan los datos en ciertos tipos de medios no guiados.

De estos medios de transmisión de datos los más usados por el usuario para establecer la comunicación son presentados a continuación según su evolución:

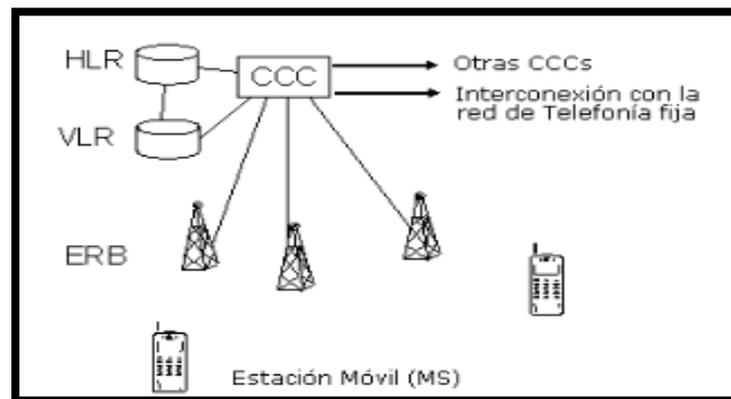
2.8.1 TECNOLOGÍA AMPS (1G)

Esta tecnología fue desarrollada por los laboratorios Bell, esta tecnología se trata básicamente la división de una zona geográfica dividida en celdas, las cuales tienen una cobertura de 10 a 20 Km de diámetro, cada celda tiene un conjunto de frecuencias.

En si se refiere al uso de pequeñas celdas, las cuales reutilizan frecuencias de celdas cercanas pero no adyacentes, lo que produce que se usen celdas cada vez más pequeñas, con las cuales se necesitará menos cantidad de potencia.

El sistema celular AMPS (Advanced Mobile Phone System) usa una banda de 20 MHz compuesta de 666 canales con espacios entre canales de 30KHz, además de esto cada canal opera 45MHz por arriba del transmisor. (Rodriguez, 2007)

2.8.1.1 ARQUITECTURA AMPS



*Figura 13. Arquitectura AMPS
Obtenido de: (TELECO, 2013)*

2.8.2 TECNOLOGÍA CDMA (2G)

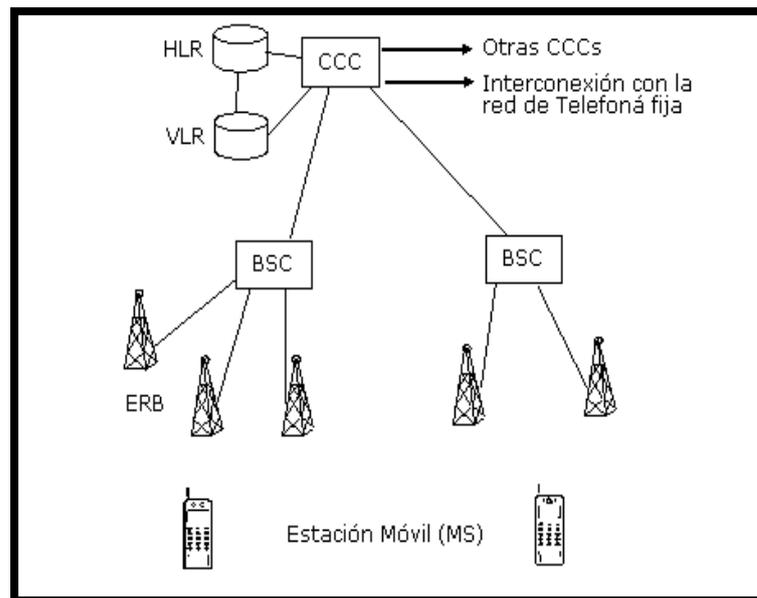
Esta tecnología se refiere al acceso múltiple por división de código, emplea un técnica de espectro expandido y un esquema especial de codificación, por el que cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto al resto; el receptor capta las señales emitidas por todos los transmisores al mismo tiempo, pero gracias al esquema de codificación puede seleccionar la señal de interés si conoce el código empleado.

Una ventaja de CDMA es que múltiples usuarios pueden transmitir al mismo tiempo y con la misma portadora distinguiendo un usuario de otro, utilizando un código para cada uno de ellos.

2.8.2.1 ARQUITECTURA CDMA

El CDMA tiene la estructura básica de los sistemas celulares y ofrece las mismas funcionalidades básicas asociadas a la movilidad como roaming y handover entre células.

La arquitectura básica de un Sistema Celular CDMA es presentada en la figura a continuación.



*Figura 14. Arquitectura CDMA
Obtenido de: (TELECO, 2013)*

2.8.3 TECNOLOGÍA GSM (2G)

Mediante el análisis en relación a costos y tecnologías de envío de datos a largas distancias la más efectiva tecnología es GSM, ya que es la forma más fácil y eficiente para trabajar en el envío y recepción de datos a larga distancia ya sea por medio de (llamadas telefónicas, envío de mensajes de texto o la conexión a internet), además de que se puede establecer conexión de punto a punto o punto a multipunto. (CarPross, 2009) (Martinez, 2012)

2.8.3.1 ARQUITECTURA GSM

El GSM tiene la estructura básica de los sistemas celulares y ofrece las mismas funcionalidades básicas de los demás sistemas celulares asociadas a la movilidad como roaming y handover entre celdas o células.

En la figura 12 se presenta la arquitectura como tal de la tecnología GSM:

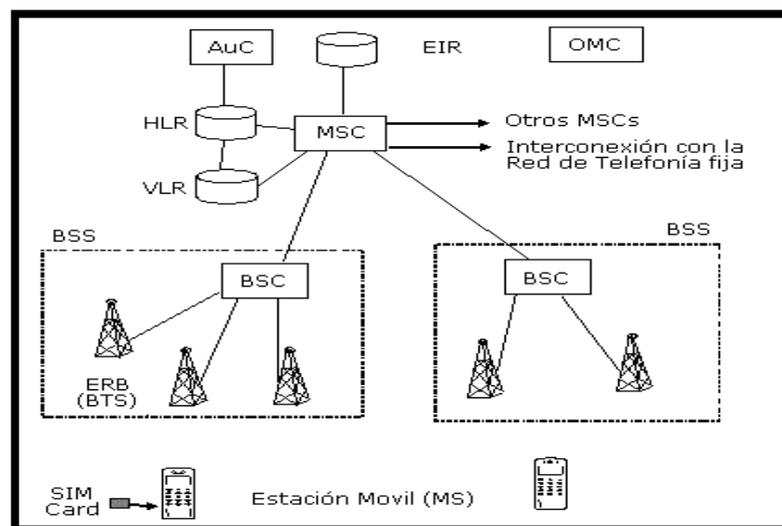


Figura 15. Arquitectura GSM
Obtenido de: (TELECO, 2013)

2.8.4 TECNOLOGÍA GPRS (2,5 G)

Es una evolución del estándar GSM y es por eso que en algunos casos se denomina GSM++ (o GSM 2+). Dado que es un estándar de telefonía de segunda generación que permite una transición hacia la tercera generación (3G), el estándar GPRS por lo general se clasifica como 2.5G. (Martinez, 2012)

GPRS extiende la arquitectura del estándar GSM para permitir la transferencia de datos del paquete con una tasa de datos teóricos de alrededor de 171,2 Kbits/s (hasta 114 Kbits/s en la práctica). Gracias a su modo de transferencia en paquetes, las transmisiones de datos sólo usan la red cuando es necesario. Por lo tanto, el estándar

GPRS permite que el usuario reciba facturas por volumen de datos en lugar de la duración de la conexión, lo que significa especialmente que el usuario puede permanecer conectado sin costo adicional. (Martinez, 2012)

GPRS admite características nuevas que no están disponibles en el estándar GSM y que se pueden clasificar en los siguientes tipos de servicios:

- Servicio de punto a punto (PTP): es la capacidad de conectarse en modo cliente-servidor a un equipo en una red IP.
- Servicio de punto a multipunto (PTMP): constituye la capacidad de enviar paquetes a un grupo de destinatarios (*Multidifusión*).
- Servicio de mensajes cortos (SMS).

2.8.4.1 ARQUITECTURA GPRS

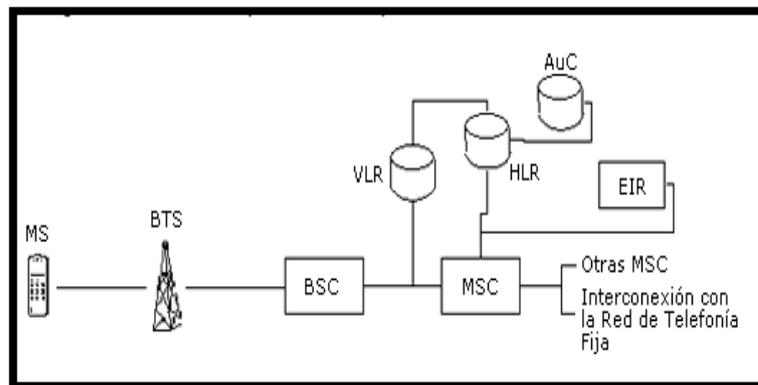


Figura 16. Arquitectura GPRS
Obtenido de: (TELECO, 2013)

2.8.5 TECNOLOGÍA EDGE (2,5G)

Esta tecnología tiene mayores velocidades de datos para el desarrollo de la técnica GSM (EDGE) es una tecnología de datos móviles y acceso a Internet a alta

velocidad (3G), con velocidades pico teóricas de 473 kbps y throughput promedio de 110-130 kbps.

Las velocidades media son suficientemente veloces como para soportar una amplia gama de avanzados servicios de datos, incluso streaming de audio y video, acceso veloz a Internet y descarga de archivos de gran tamaño. EDGE también puede dar soporte a servicios de tipo "push-to-talk". (Martinez, 2012)

EDGE ocasionalmente se denomina GPRS Optimizado, porque incrementa la capacidad y el throughput de datos de GPRS en tres a cuatro veces. Al igual que GPRS, EDGE es un servicio basado en paquetes, que provee a los clientes una conexión de datos constantes. (Martinez, 2012)

2.8.6 TECNOLOGÍA UMTS (3G)

Esta tecnología pertenece a la tercera generación de sistemas para móviles. Esta generación 3G proporciona la posibilidad de transferencia tanto voz y datos, descarga de aplicaciones, y mensajería instantánea; utilizando velocidades de conexión de hasta 2Mbps en condiciones óptimas.

UMTS es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación, permite disponer de banda ancha en telefonía móvil y transmitir un volumen de datos importantes por la red.

2.8.6.1 CARACTERÍSTICAS DE UMTS

- Compatibilidad con GSM
- La frecuencia para UMTS es de 2GHz y es posible transmitir datos a 2Mbps.

- Velocidad adaptable, con lo que se optimiza su uso, al asignar el ancho de banda de forma dinámica.
- Es un sistema global, diseñado para funcionar en todo el mundo, empleando tanto redes terrestres como enlaces por satélites,
- Bajos costos del servicio para asegurar un mercado masivo, con tarifas competitivas.

2.8.6.2 ARQUITECTURA UMTS

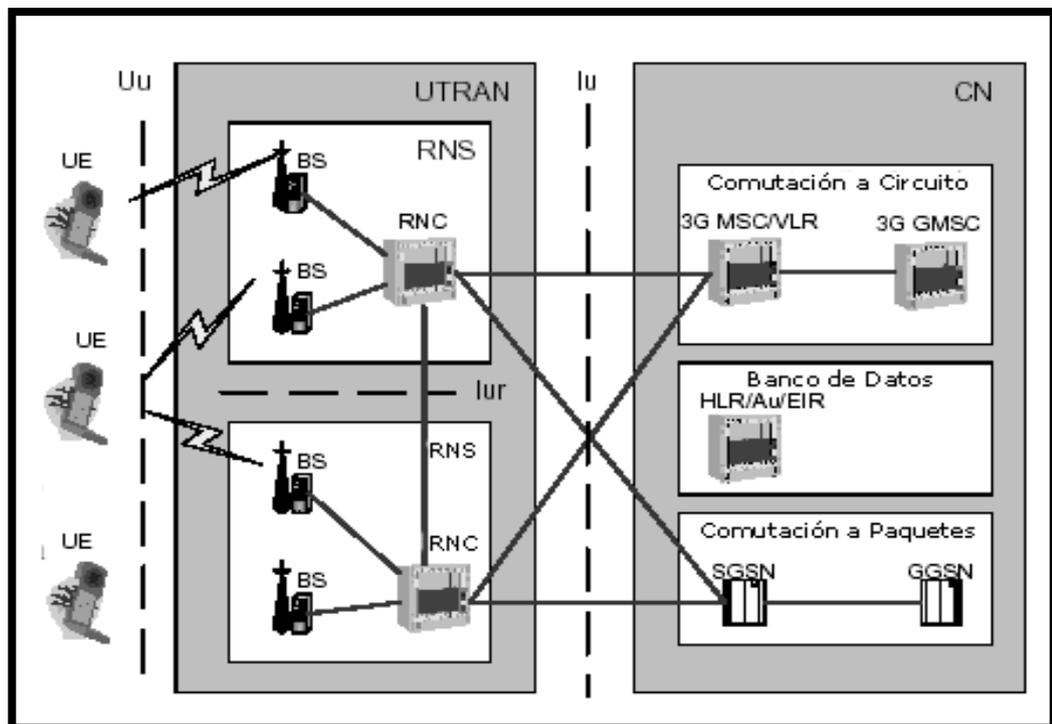


Figura 17. Arquitectura UMTS
 Obtenido de: (TELECO, 2013)

2.8.7 TECNOLOGÍA HSDPA (3,5G)

Esta tecnología es también denominada 3.5G, es la optimización de la tecnología espectral UMTS, consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente, que

mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información alcanzando así tasas hasta 14 Mbps.

HSDPA implementa un nuevo canal de W-CDMA llamado HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel), este canal es compartido entre todos los usuarios brindando altas velocidades de bajada, mejorando así también el uso del espectro.

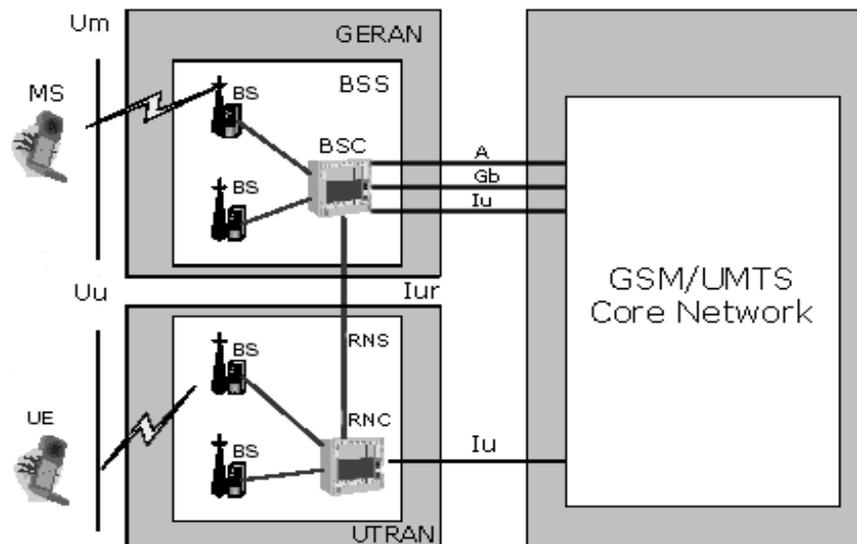
2.8.7.1 CARACTERÍSTICAS HSDPA

- Tiene velocidades similares al ADSL, pero en el móvil. Alcanza 14.4 Mbps.
- Autenticación está basada en una tarjeta SIM, su clave de acceso (PIN) y diferentes algoritmos de autenticación e intercambio de claves.
- Es una conexión ideal para portátiles y netbooks.
- Utiliza modulación de amplitud en cuadratura 16-16QAM. La calidad depende del canal.
- Permite una conexión ininterrumpida entre el panel y el Centro de control de tráfico, de forma que el envío de nuevos mensajes al panel es transparente e inmediato.

2.8.7.2 ARQUITECTURA HSDPA

La figura a continuación presenta la arquitectura de red de una operadora GSM donde conviven la red GSM/EDGE y la red UMTS. Conectados al núcleo de la red están las redes de acceso radio GSM/EDGE y la red terrestre de acceso radio del UMTS

(UTRAN) basada en el Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA). El equipamiento del usuario (UE) es el terminal móvil.



*Figura 18. Arquitectura HSDPA
Obtenido de: (TELECO, 2013)*

2.8.8 TECNOLOGÍA HSUPA (3,75G)

HSUPA (acceso ascendente de paquetes a alta velocidad), es una tecnología móvil conocida como 3,75G que viene a ser una mejora de la tecnología UMTS de tercera generación.

Esencialmente esta tecnología provee velocidades altas en el canal de bajada hasta de 14,4 Mbps y 20 Mbps con antenas MIMO, superando ampliamente a los 384 Kbps de UMTS, y aumentando así su eficiencia espectral, lo que permite brindar mejores tiempos de respuesta en aplicaciones en tiempo real, como videoconferencias y juegos.

2.8.8.1 CARACTERÍSTICAS HSUPA

- Calidad de voz semejante a la red de telefonía fija

- Velocidades de 2Mbps a baja movilidad o en área local, 384 Kbps áreas geográficas pequeñas, y 144 Kbps usuarios en vehículos en movimiento a una velocidad 120 Km/h en el exterior.
- Cobertura mundial, emplea redes terrestres, inalámbricas y enlaces por satélite.
- Soporta conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.
- Mayor capacidad y calidad en la transmisión, incremento de eficiencia espectral.
- Compatible con redes actuales
- Qos, tecnología, usuarios, recursos.
- Terminal móvil con capacidad multimedia y multiservicios

2.8.8.2 ARQUITECTURA HSUPA

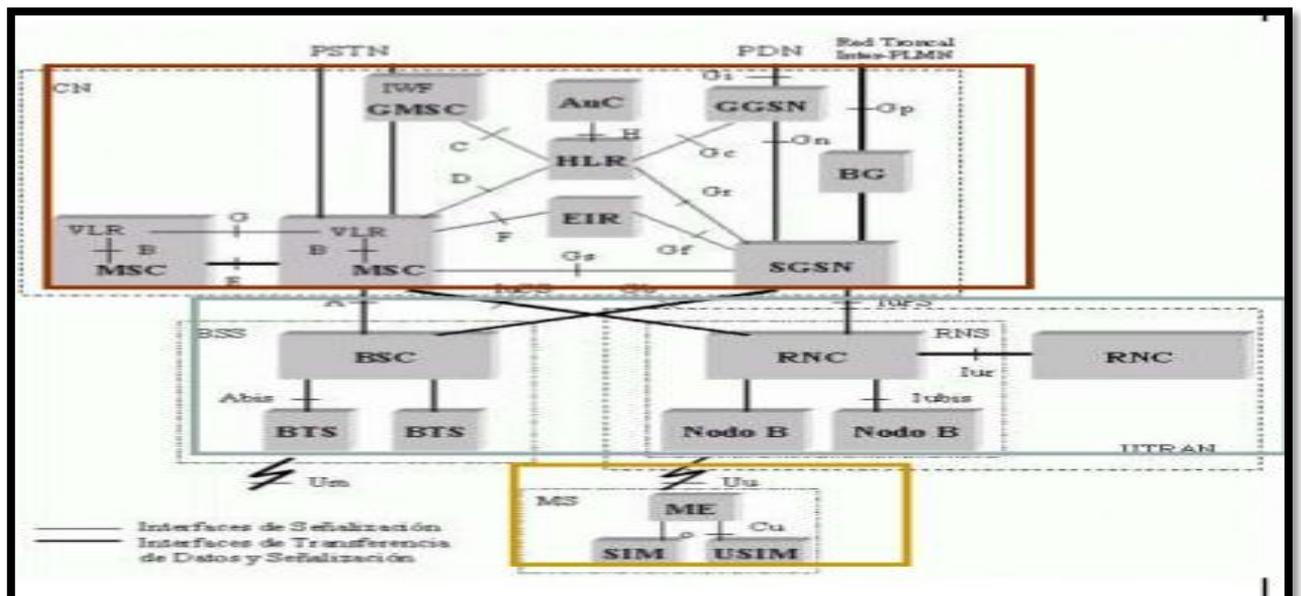


Figura 19. Canales HSUPA
Obtenido de: (TELECO, 2013)

2.8.9 TECNOLOGÍA LTE

LTE es una red toda IP, lo que facilita la transición de IPV4 a IPV6, solucionando los problemas entre la relación tráfico de datos e ingresos que por este concepto obtienen las operadoras móviles; provee seguridad a cada transmisión IP, a través de Protocolo Security (IPsec), que encripta y autentica cada paquete dentro de una sesión.

LTE es una tecnología de transmisión de datos de banda ancha inalámbrica que está principalmente diseñada para poder dar soporte al constante acceso de teléfonos móviles y de dispositivos portátiles a internet. Usar un Smartphone 4G significa que puedes descargar archivos de Internet a velocidades 10 veces más rápidas que en 3G.

La tecnología LTE puede proporcionar subidas de datos de entre 1 y 50 Mb por segundo y de entre 1 y 20 Mb por segundo en descargas (bajada). Estas velocidades son 10 veces mayores que la anterior tecnología la 3g o el típico ADSL.

2.8.9.1 SERVICIOS Y CARACTERÍSTICAS DE LTE

- Ancho De Banda Adaptativo: 1.4, 3, 5, 10, 15 Y 20 MHz
- Compatibilidad Con Otras Tecnologías De 3GPP.
- Inter funcionamiento Con Otros Sistemas Como Cdma2000.
- TE Propone La Técnica De Conmutación De Paquetes Ip (Ps) Al Igual Que 3g (Excluyendo Las Comunicaciones De Voz).
- Las Operadoras UMTS Pueden Usar Más Espectro, Hasta 20 MHz.

- Mejora Y Flexibilidad Del Uso Del Espectro (FDD Y TDD) Haciendo Una Gestión Más Eficiente Del Mismo, Lo Que Incluiría Servicios Unicast Y Broadcast. Reducción En TCO (Coste De Análisis E Implementación) Y Alta Fidelidad Para Redes De Banda Ancha Móvil.

2.9 SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

Son dispositivos electrónicos que nos ayudan para la visualización de caracteres; capaces de imprimir, mostrar o emitir señales que sean fácilmente interpretables por el usuario. Básicamente, un periférico de salida tiene la función de mostrarle al usuario operador de la computadora el resultado de las operaciones realizadas o procesadas por la misma. (PCE, 2015)

Estos dispositivos comúnmente son controlados por un micro controlador el cual regula todos los parámetros de presentación de las imágenes, símbolos o números que se representan en él.

Es decir que mediante la utilización del periférico de salida la computadora se comunica y nos muestra los resultados obtenidos, pudiendo observarlos fácilmente por intermedio del monitor o los dos periféricos de salida más utilizados.

Un sistema de visualización puede ser tanto software como hardware.

2.9.1 HERRAMIENTAS PARA LA VISUALIZACIÓN DE DATOS

Son programas de los cuales son utilizados por medio de un computador para visualizar cierto tipo de símbolos, gráficos o cualquier tipo de necesidades que

tengamos que observar, como alarmas o resultados los cuales vamos a estar monitoreando constantemente.

Cuando se trata de hacer una visualización de muchos datos las cosas no son tan sencillas. A parte de analizar los datos, saber interpretarlos, contrastarlos con otros datos y estudiarlos, hay que saber comunicarlos. Y sobre todo es fundamental poner los datos dentro de un contexto y compararlos con otros datos anteriores.

A continuación existen algunos tipos de herramientas de visualización para la ayuda del análisis de datos obtenidos:

- **Tableau.**- Es una de las mejores herramientas que hay actualmente, tanto por la facilidad de uso como por sus funcionalidades. La versión de pago es bastante cara pero con la versión gratuita que os comparto se pueden hacer cosas muy profesionales, el único problema es que no nos permite trabajar con tantos datos (PCE, 2015).
- **Weave.**- Es una herramienta muy potente y con mucha proyección de futuro. Permite graficar cualquier tipo de dato prácticamente de cualquier manera que necesitéis. Un ejemplo de uso para que se vea su potencial puede ser el de esta visualización dinámica de la obesidad en Estados Unidos (PCE, 2015).
- **Gephi.**- Quizá es la que mejor plataforma de visualización de nodos que permite hacer grafos dinámicos y jerárquicos de la forma más sencilla. Es de tipo escritorio y funciona en Windows, Linux y MacOS X (PCE, 2015).

2.10 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL AREA DE DETECCIÓN DE FUGAS DE AGUA EN EL CENTRO DE IBARRA.

En el estudio de la situación actual sobre el área de detección de fugas de agua potable en el centro de Ibarra, se analiza la estructura física de la red de abastecimiento, características y forma obtención de datos de presión de los equipos actuales de medición; además se determinara las insolvencias al actual proceso de obtención de información sobre la presión ejercida en las tuberías.

2.10.1 ESTRUCTURA FÍSICA DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

En la actualidad EMAPA-I cuenta con un tanque principal de abastecimiento de agua potable para el área urbana de la ciudad, cuya planta se encuentra ubicado en la zona de Caranqui perteneciente al cantón de Ibarra, este tanque brinda el servicio de agua potable aproximadamente a 131.856 usuarios, y 46.493 hogares (EMAPA-I, DEPARTAMENTO DE AGUA NO CONTABILIZADA, 2012).

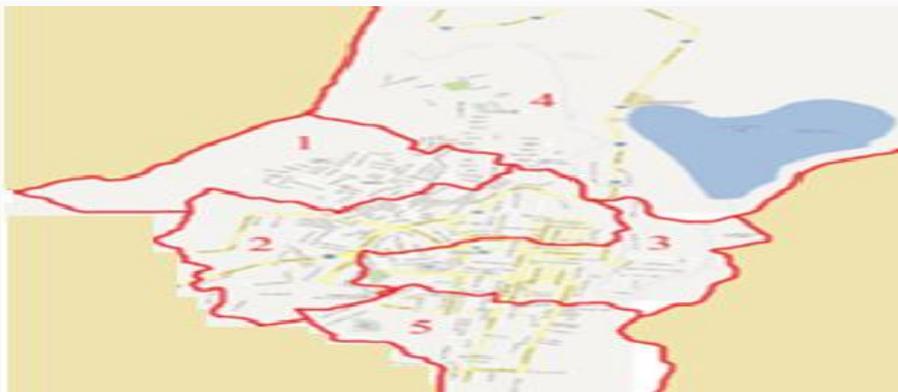
PARROQUIAS URBANAS DE IBARRA	
	1. Alpachaca
	2. San Francisco
	3. El Sagrario
	4. Priorato
	5. Caranqui

Figura 20. Mapa de los lugares centrales de Ibarra donde se abastece de agua potable.

Obtenido de: (EMAPA-I, 2012)

En EMAPA-I la distribución del agua se realiza apoyada de válvulas principales de abastecimiento, las cuales están elaboradas a base de hierro fundido; están ubicadas en los diferentes barrios de la ciudad, las mismas que de acuerdo al número de usuarios cada una de estas válvulas ayudan abastecer un promedio de cuatro cuadras a la redonda cuando el consumo de agua es normal, y si hay mayor número de usuarios que consuman este recurso en mayor cantidad se ubican las válvulas más cercana una de la otras para evitar así la pérdida de presión y las molestias en los abonados; teniendo un número aproximado de 74 válvulas, de las cuales 48 de ellas se encuentran en funcionamiento como se puede detallar a continuación en la Figura 5.

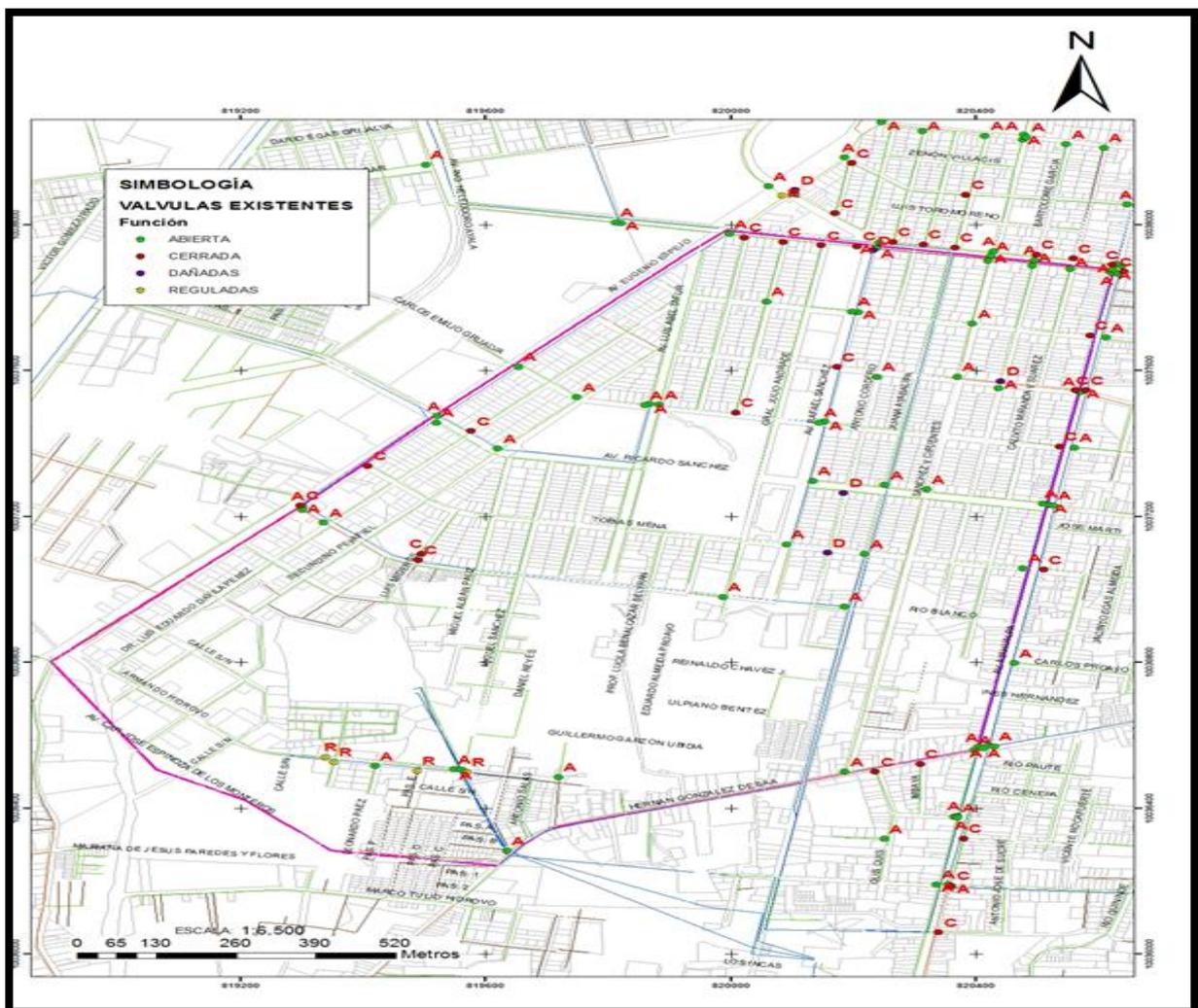


Figura 21. Croquis de identificación de las válvulas existentes
 Obtenido de: (EMAPA-I, 2012)



Figura 22. Válvula principal del sector de Juana Atabalipa
Obtenido de: EMAPA-I

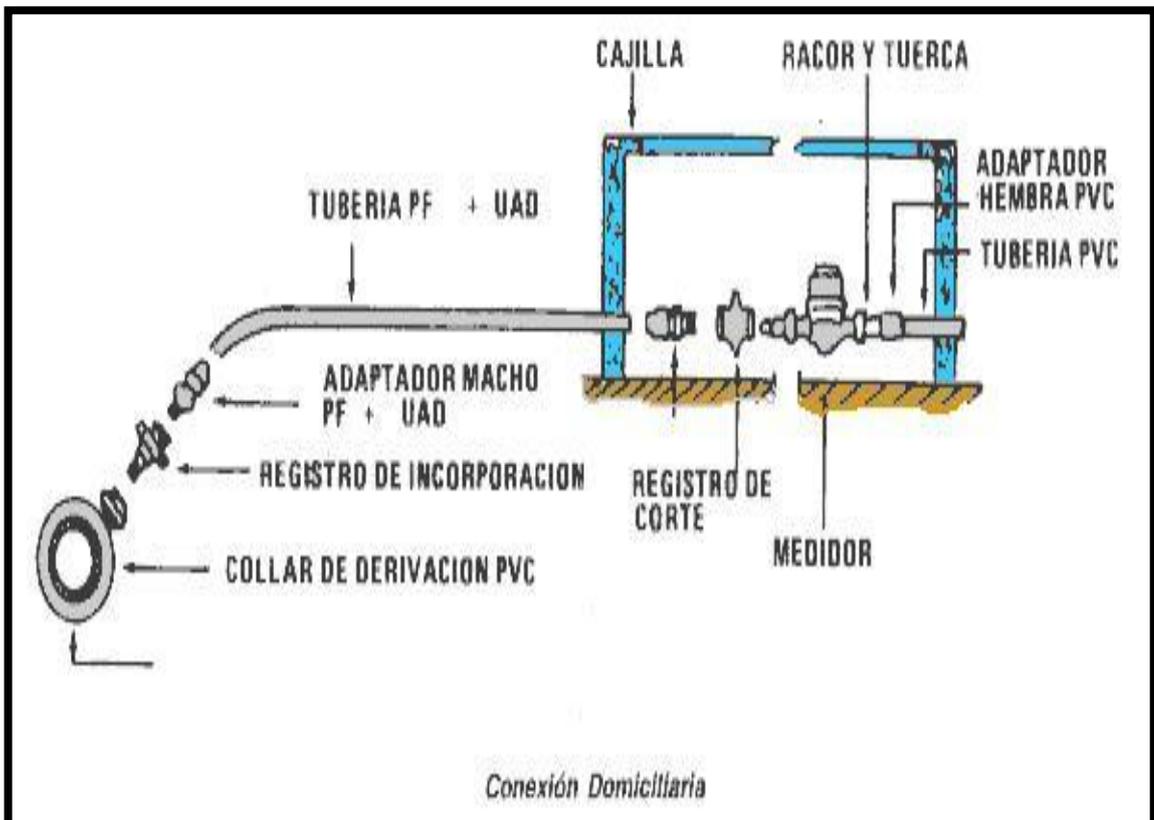


Figura 23. Detalle de las partes de la válvula principal
Obtenido de: (EMAAP-Q, 2010)

Es necesario destacar que la red conductora del agua potable para cubrir toda el área del sector urbano de Ibarra, está compuesto por aproximadamente 400 km de tubería de hormigón que tienen un tiempo estimado de 25 años de vida útil, estos tubos tienen una longitud de 6 m, los cuales se van empinando entre sí para formar una verdadera red vial conductora del agua potable a lo largo y ancho de la ciudad, diámetro de este conducto varía entre 0,80 m y 1,20 m según la norma NTE INEN 499, los mismos que son enterrados en una zanja a 1.20 m de profundidad más el diámetro del exterior del tubo, y el ancho de la zanja tiene que ser 0,80 m más que el diámetro del exterior del tubo. (EMAPA-I, DEPARTAMENTO DE AGUA NO CONTABILIZADA, 2012)



*Figura 24. Instalación de tubería de abastecimiento de agua potable
Obtenido de: EMAPA-I*

2.10.2 EQUIPOS ACTUALES DE EMAPA-I, UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL EN LAS VARIACIONES DE PRESION DEL AGUA POTABLE

Uno de los principales elementos de medición con que la empresa cuenta son los manómetros, los cuales se encuentran condiciones excelentes de funcionamiento ubicadas en cada punto fijo de las válvulas principales, en cuyo lugar tienen que cada técnico encargado del sector ir hasta dicho lugar para poder extraer los datos de presión actual de dicho sector en donde se encuentra esa válvula.

Este manómetro se puede verificar el estado de la presión en tiempo real, solo verificando en el momento en el cual se produjo la variación de la presión.

Esta es una herramienta que permite medir presiones por encima (psig) y por debajo (en pulgadas de mercurio) de la presión atmosférica. Se utiliza para realizar mediciones de presiones de funcionamiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, y para transferencias de refrigerante y evacuaciones de sistemas. El juego de manómetro múltiple debe contar con un indicador de vacío.

La mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Si se obtiene una medida negativa es porque hay un vacío parcial.

A continuación se en la figura 4 se detalla brevemente las partes de los manómetros de alta y baja presión.

Manómetro azul: baja presión (de -1 a +10 bar)

Manómetro rojo: alta presión (0 a 35 bar)

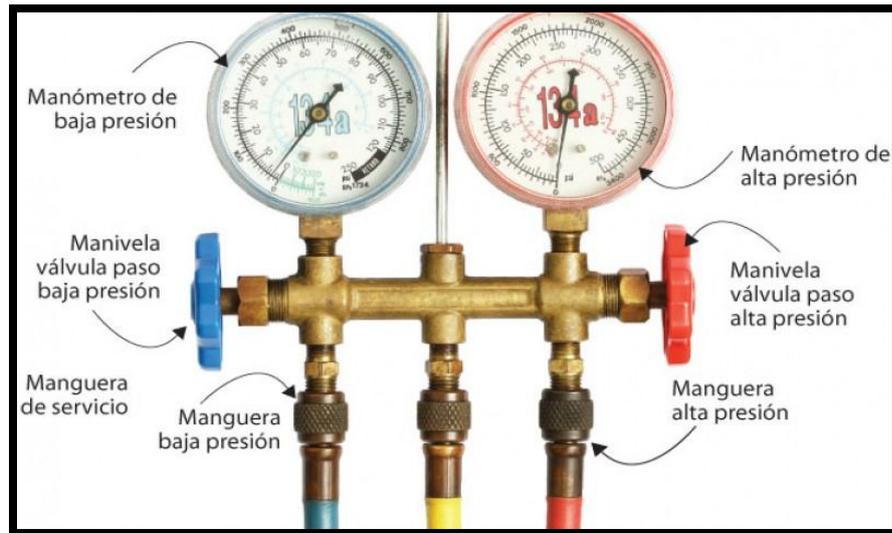


Figura 25. Descripción de las partes del manómetro
Obtenido de: (Nieto, 2013)

EMAPA-I también cuenta con Hydrometer cuyos instrumentos de medida de la humedad por lo general se basan en las mediciones de alguna otra magnitud como la temperatura, la presión, la masa o un cambio mecánico o eléctrico en una sustancia.

Este dispositivo permanece sumergido todo el tiempo, es así como se obtiene la densidad del agua en esa válvula, para así determinar el nivel de caudal que existe en determinada zona que se realiza la medición.



Figura 26. Hydrometer ubicado en la válvula principal de la calle Juana Atabalipa.
Obtenido de: EMAPA-I

Otra herramienta principal para la obtención actual de datos es el Data Logger, esta es una de las más costosas que tiene la empresa, ya que su valor aproximado esta entre los 100 dólares, este dispositivo se lo puede ubicar en la red de tuberías, ya que tiene una estructura hermética es apta para ello, además de eso la extracción de datos también se lo realiza físicamente con este dispositivo, ya que este tiene una base de datos en la cual almacena todos las variaciones de precio durante el tiempo que se dejó instalado esta herramienta; tiene una vida útil de 5 años, además de eso cuenta con una batería interna de litio de alta.

El data logger es muy útil para ayudarnos a tener conocimiento de las presiones que acontecen en determinado lugar, y mediante este saber los lugares con mayor índice de problemas en la red de distribución de agua potable.



Figura 27. Data logger .
Obtenido de: EMAPA-I

2.10.3 FACTORES PRINCIPALES QUE PRODUCEN PROBLEMAS A LAS TUBERIAS DE AGUA POTABLE

Los problemas que ocasionan daños en la tubería que conduce el agua potable a lo largo y ancho de la ciudad se debe principalmente a factores como el tiempo de vida útil de la tubería y la excesiva presión del agua que en ocasiones se producen en las tuberías conductoras del líquido vital.

Muchos daños ocasionados en las tuberías actualmente se producen principalmente por el tiempo de vida útil de cada conducto, ya que algunas de estas tuberías ya han excedido este tiempo de vida útil razón por la cual se ocasionan rupturas en las mismas, de las cuales al momento de reparar solo se lo hace en la parte afectada y no se las cambia completamente a menos de que ya no tengan forma de restauración, se procede a cambiar la tubería afectada.

Otro de los factores que producen daños en las tuberías es la presión que se ejerce por la excesiva acumulación de agua en diferentes puntos de la red conductora del líquido vital, debido a que en determinadas horas y dependiendo de los sectores de Ibarra no hay el flujo normal de agua, no existen muchos usuarios consumiendo este servicio, lo que produce un incremento en el caudal y posterior incremento en la presión, la cual se ejerce sobre las paredes de las tuberías que puedan producir ruptura y fugas de agua.

Las presiones que las tuberías por las que circula el agua tienen dos tipos de presión que se ejercen sobre ella las cuales son:

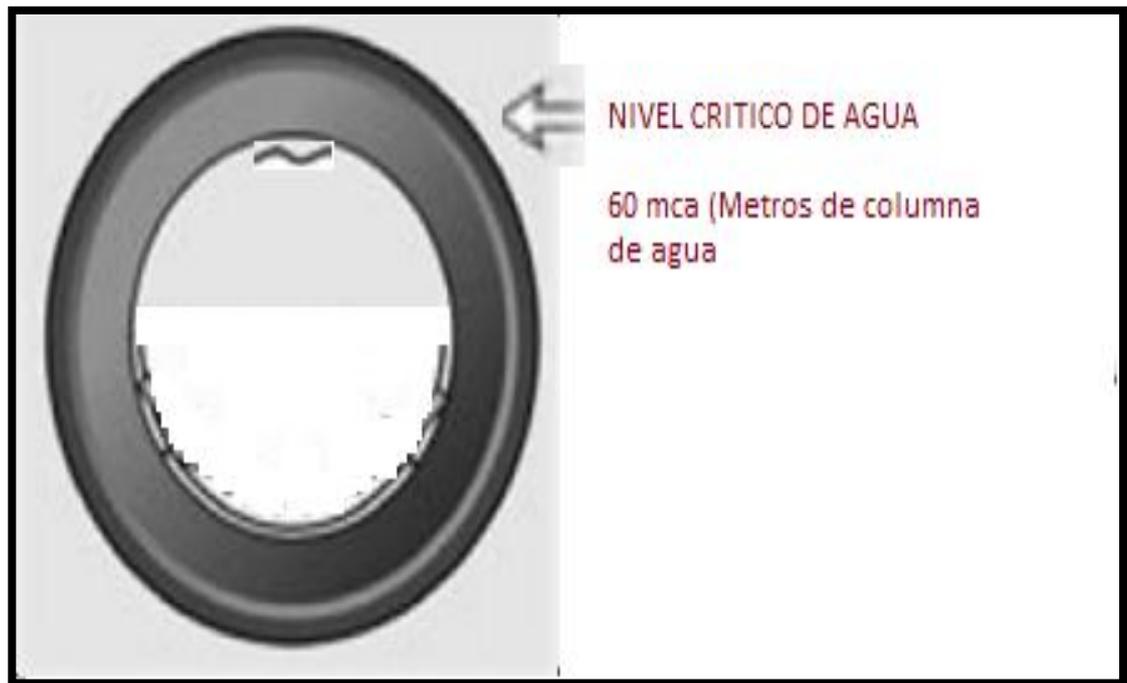


Figura 28. Tubería de hormigón y la máxima presión que soporta según NTE INEN-ISO 1167-1
Obtenido de: (EMAPA-I, 2012)



Figura 29. Tubería de hormigón y la mínima presión según la norma NTE INEN-ISO 1167-1
Obtenido de: (EMAPA-I, 2012)

2.10.4 FORMAS ACTUALES DE DETECCION DE PROBLEMAS EN LAS TUBERIAS DE AGUA, POR PARTE DEL PERSONAL TECNICO DE EMAPA-I

Actualmente no existe ningún método técnico que detecte inmediatamente los daños ocasionados en las tuberías conductoras del agua potable, ya que de forma tardía llega a conocimiento del personal técnico de EMAPA-I daños ocasionados por los dos favores anterior mente descritos en el numeral 2.3.3.

Generalmente los problemas que se suscitan en las tuberías son advertidos al personal de EMAPA-I por medio de notificaciones de los usuarios al personal técnico de la empresa, los cuales en ocasiones se lo hace en forma tardía porque no siempre los usuarios dan aviso en forma oportuna para que no se desperdició el líquido vial derramado por los conductos de agua hacia la parte externa de la calzada. Y de igual manera los abonados proceden a dar aviso cuando en sus respectivos domicilios a disminuido el caudal o fuerza de agua que normalmente se tiene en cada hogar.



Figura 30. Forma de ruptura de la tubería de agua potable por la presión de agua ejercida

2.10.5 NORMAS TÉCNICAS ECUATORIANAS PARA EL ALCANTARILLADO Y RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En la actualidad a nivel nacional existen normas técnicas tanto para implementación y reparación de tuberías, en lo que se refiere a materiales, dimensiones, temperatura, y presión, de las cuales no se las cumple a cabalidad todas ellas por los que en Ibarra se tiene muchos problemas en la red de abastecimiento. (Rivadeneira G. , 2015)

Las normas establecidas para para la red de abastecimiento de agua potable de EMAPA-I son:

Algunas de las normas explícitas para las configuraciones e instalación para el abastecimiento del agua según el Servicio Ecuatoriano De Normalización (INEN) son.

- NTE INEN 1333 Tubería plástica. Tubería de cloruro de polivinilo. Terminología.
- NTE INEN 503 Tubería plástica. Determinación de la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida.
- NTE INEM 1598: Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia hidrostática de tubos de hormigón.
- NTE INEN 504 Tubería plástica. Determinación de la resistencia al impacto.
- NTE INEN 507 Tubería plástica. Determinación de la fusión adecuada en tubería extruida y accesorios moldeados de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) Por inmersión en acetona.

- NTE INEN 499 Tubería plástica. Determinación de las dimensiones
- NTE INEN 1372 Tubos y accesorios plásticos para conducir agua potable. Requisitos bromatológicos y organolépticos.
- NTE INEN 117 Roscas ASA (American Standards Association) para tuberías y accesorios. Especificaciones.
- NTE INEN-ISO 2859-1 Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote.
- NTE INEN-ISO 2507-1 Tuberías y accesorios termoplásticos. Temperatura de ablandamiento VICAT.

2.10.6 ANÁLISIS DEL ACTUAL METODO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA PRESIÓN EN LAS TUBERIAS

En la actualidad en la provincia de Imbabura no existe ningún dispositivo que me genere algún tipo de alerta remota, para poder actuar a tiempo contra las variaciones de presión en las tuberías, sobre todo cuando el nivel de la presión es alta, las cuales son muy perjudiciales para las tuberías ya que muchas de estas pueden producir daños en los conductos.

Esta inexistencia de un dispositivo de control de presiones, produce pérdida en economía de la empresa, ya que al no saber a tiempo sobre estos desperfectos, no se realiza un mantenimiento oportuno a las tuberías, las cuales al romperse ocasionan el desperdicio innecesario de mucho líquido vital.

Actualmente la única forma de saber de estos desperfectos es de forma visual, al ver el agua fluir sobre el exterior de la calzada, o por la baja presión del agua, la cual ocasiona molestias en los usuarios de este recurso, los mismos que optan por notificar de este daño a la empresa pública de EMAPA-I.

Para este análisis se puede evidenciar la falta de equipos hidráulicos que puedan ayudar y notificar a tiempo ante los desperfectos en las tuberías, para así poder actuar a tiempo para evitar todas estas molestias a los usuarios del recurso y evitar el desperdicio del agua.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL PRESIONES

3.1 INTRODUCCIÓN:

Una vez que se tiene claro los estándares, dispositivos (sensores de presión), conceptos fundamentales descritos en el capítulo dos sobre los dispositivos de control de presión en las redes de agua potable, así como también los niveles de caudal, abastecimiento por cuadra y nivel de presión; se iniciará con el diseño del sistema de control de fugas basado en el control de la presión del agua en las redes de agua potable de la ciudad.

3.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIONES

Este sistema está diseñado para ayudar a controlar las presiones de la tubería de agua potable de EMAPA-I, este control se lo realizara en la cámara de macro medición de la calle Juana Atabalipa; una vez obtenidos los datos de control en esta cámara de medición de la válvula principal, envía los datos inalámbricamente hasta la central de EMAPA-I, mostrando estos datos en un display de 16x2, indicando el estado que se encuentre monitoreando ya sea estado (Normal, Bajo o Critico), según el campo de presión que se encuentre. Para el desarrollo de este sistema se requiere:

- Sensor de presión hidráulico
- Dos Microcontroladores
- Dos Módulos de transmisión inalámbrica
- Un Display 16x2

3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIONES

El detector de fugas se lo ha desarrollado en distintos módulos de acuerdo a la función que realizan, esto nos permite un análisis más detallado además de una mejor verificación de operación, como se muestra en la figura 31, los criterios de planteamiento de los módulos del sistema de control de presiones se obtuvo en base a la tesis ya desarrollada de Henry Cervantes (Cervantes, 2012).

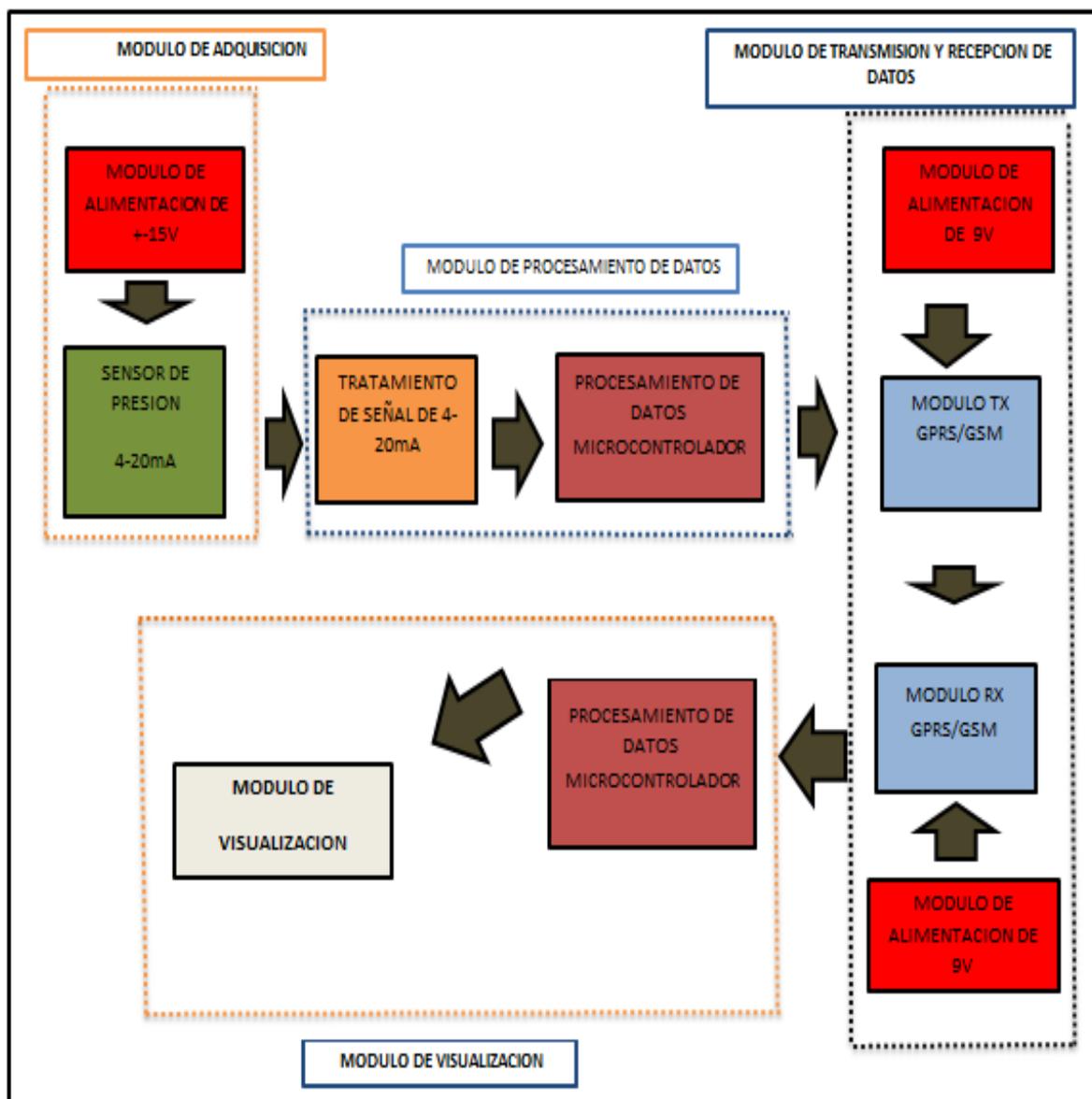


Figura 31. División de módulos del sistema detector de fugas.

El sensor de presión se encuentra alimentado por una fuente de $\pm 15\text{v}$, este envía los datos recibidos a un módulo de tratamiento de la señal, para que pueda ser entendido y configurado a través del microcontrolador, este envía las instrucciones al módulo GSM de transmisión, que se enlazará y enviará a otro módulo GSM de recepción, el cual captará los datos del sensor, y por medio de un microcontrolador traducirá esta información para finalmente ser visualizados y nos pueda mostrar la información requerida.

A continuación se realizará una descripción de cada módulo que se encuentra en la descripción de bloques, su función y los dispositivos de los que están compuestas cada una:

3.4 DESCRIPCIÓN DE CADA BLOQUE DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIONES

Se empezará a describir cada uno de los bloques del sistema en forma ordenada de cada uno de ellos, describiendo para cada módulo cuales son los requerimientos, realizando comparaciones entre los elementos electrónicos y seleccionando los más eficientes o los más aptos para la realización del proyecto según las necesidades y requerimientos del mismo.

3.4.1 MÓDULO DE ADQUISICIÓN

Este módulo es aquel que nos va a ayudar en la adquisición de los datos referente a las presiones establecidas por el agua potable dentro de la tubería, teniendo en cuenta los rangos mínimos y máximos a detectar, además de una fuente de alimentación, la cual ayudará en el funcionamiento del sensor.

Para esto vamos a necesitar de un sensor de presión hidrostático que capte un rango mínimo de 85 psi según la norma de máximas presiones en las tuberías NTE INEM 1588, rango mínimo establecido en la presión de las tuberías de agua potable de EMAPA-I.

Estos sensores industriales requieren de una fuente de alimentación externa para poder cubrir con los requerimientos específicos para su correcta función, esta fuente, se la conectará única y directamente al sensor para que pueda funcionar.

3.4.1.1 SENSOR DE PRESIÓN

Los sensores aptos para la obtención de información de presión hidrostática tienen que ser confiables y que fueran usados en muchas de aplicaciones, que posean respuestas lineales prácticamente insensibles a variaciones de temperatura, siendo los más indicados a instrumentación y control de procesos por su excelente performance en estabilidad, temperatura y presión estática. Algunas de sus ventajas son:

- Ideales para aplicaciones de baja presión mínimo 0 Psi y alta presión de 150 Psi o mayor.
- Que sea de acero inoxidable para que tenga larga duración
- Que soporte temperaturas de 10 a 25 °C que son requerimientos de EMAPA-I.
- Tiempos de respuesta rápidas
- Ideales para aplicaciones de hidráulicas.
- Por su respuesta lineal, permite alta flexibilidad y exactitud.

La selección del sensor de presión debe ser dependiendo de las características de presión que se debe soportar en las cañerías, tanto como el materia del que están construidas estas, así como máximas temperaturas que soportan y las dimensiones de las mismas.

Las tuberías de la ciudad de Ibarra están diseñadas para resistir 85 Psi de acuerdo con el fabricante, sin embargo la presión manométrica máxima observada a la salida de las bombas en los tanques de abastecimiento es aproximadamente 150 Psi que es la presión con la que trabajan.

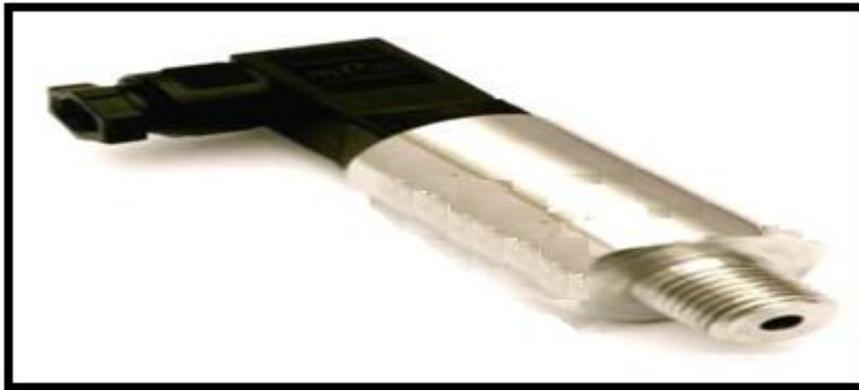
3.4.1.1.1 COMPARACIONES PARA LA SELECCIÓN DE DIFERENTES SENSORES DE PRESION

➤ TRANSMISOR DE PRESIÓN CS-PT 1000

Este transmisor es adecuado para la mayoría de las aplicaciones de instrumentación de presión industrial. Estos se destacan por su alta precisión, su construcción robusta y compacta y su flexibilidad para su adaptación a variadas tareas de medición. La gran variedad de conexiones mecánicas y eléctricas permite ofertar una amplia gama de variantes.; sus principales características son:

- Rango de medición 0 a 60 MPa
- Forma Presión: Presión relativa o la presión absoluta
- Precisión 0,5 % (incluyendo linealidad, receptibilidad)
- Compensación de temperatura: 0 a 70
- Temperatura de funcionamiento: -40 a 100 °C

- Tiempo de respuesta: 10 ms
- Señal de salida de 4 a 20 mA (tipo de dos hilos)
- Fuente de alimentación: de 10 a 36 V.



*Figura 32. Transmisor de presión CS-PT 1000
Obtenido de: (Cervantes, 2012)*

➤ MANOMETRO

Estos instrumentos son empleados para la medida de presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica; dichos aparatos reciben el nombre de manómetros y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de mercurio y los aneroides. La presión manométrica se expresa ya sea por encima, o bien por debajo de la presión atmosférica. Los aparatos que sirven exclusivamente para medir presiones inferiores a la atmosférica, o negativas; sus principales características son:

- Diámetro nominal 40, 50
- Precisión de 2,5

- Precisión de alarma de +/-4%
- Rango de medición de 0 a 400 bar
- Voltaje de conmutación de 4,5 a 24 V DC/ V AC
- Corriente de conmutación de 100 mA
- Conexión eléctrica
- Salida de cable



*Figura 33. Manometro
Obtenido de: (Hdz, 2013)*

➤ **SENSOR DE PRESIÓN RESONANTE DE SILICIO RPS/DPS 8000 SERIES**

El sensor resonante de la presión del silicio de RPS/DPS 8000 era el primer sensor de la presión para incorporar la plataforma de la tecnología de GEs TERPS. TERPS ofrece una orden de las tecnologías actuales del mayor excedente del funcionamiento de la magnitud para proporcionar el sensor más alto de la exactitud y de la estabilidad disponible. También amplía perceptiblemente la capacidad de la gama de la presión asociada convencionalmente a los sensores de resonancia de la tecnología de

la presión (RPT) y permite el empaquetado robusto, conveniente para los ambientes ásperos (Hdz, 2013); y sus principales características son:

- Tipo: resonante
- Tecnología: de silicio
- Tipo de protección: para entorno agresivo
- De alta precisión
- Temperatura de proceso:
- Mín.: -40 °C (-40 °F)
- Máx.: 85 °C (185 °F)
- Rango de presión:
- Mín.: 1 bar (14.5 psi)
- Máx.: 3.5 bar (50.76 psi)



*Figura 34. Sensor de presión resonante de silicio RPS/DPS 8000 series
Obtenido de: (Hdz, 2013)*

3.4.1.1.2 TABLA COMPARATIVA DE LOS SENSORES DE PRESION

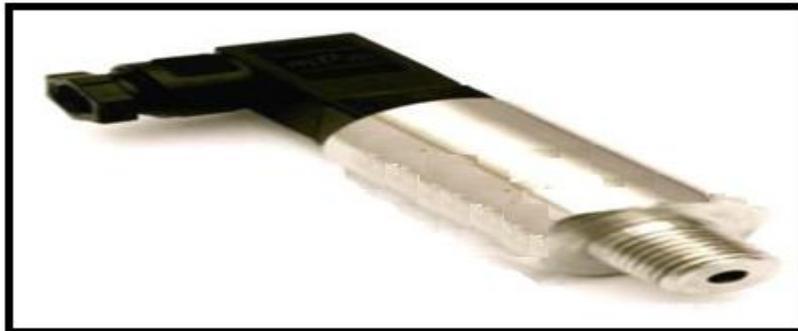
Observando todos estos sensores propuestos vemos las funciones que cumplen y sus características esenciales, y procedemos a seleccionar el mejor de los tres, el cual debe cumplir con la mayoría o las características más indispensables para el desarrollo del proyecto.

Tabla 1: Tabla comparativa de las características de distintos tipos de sensores de presión

CARACTERISTICAS										
SENSORES DE PRESION	PRESIONES DE 0 A 150 PSI O MÁS	ACERO INOXIDABLE	SOPORTE TEMPERATURAS DE 0 A 25°C	TIEMPOS DE RESPUESTA RÁPIDAS	USO PARA APLICACIONES HIDRÁULICAS	ALTA FLEXIBILIDAD Y EXACTITUD	PRECISIÓN	POSICION DE FUNCIONAMIENTO	CONEXIÓN HIDRÁULICA	CONEXIÓN ELÉCTRICA
CS-PT 1000	SI	SI	SI	<5%	SI	SI	SI	VARIABLE	NO	SI
MANOMETRO	SI	NO	SI	<5%	SI	SI	SI	FIJA	SI	NO
SENSOR RESONANTE RPS/DPS	NO	NO	SI	<5%	SI	SI	SI	VARIABLE	NO	SI

3.4.1.1.3 ELECCION DEL SENSOR DE PRESION

El sensor seleccionado por cumplir las características ideales de funcionamiento resistencia a temperatura y rápida respuesta de reacción, distintas posiciones de funcionamiento, así como también fácil de conseguir en el mercado y de un costo económico; el sensor seleccionado es el CS-PT 1000.



*Figura 35. Transmisor de presión CS-PT 1000 seleccionado
Obtenido de: (Cervantes, 2012)*

El transmisor de presión como se ve en la Figura 35 comprende de 4 pines de conexión los cuales se configuran de la siguiente manera para poder obtener la corriente de salida de 0 a 4mA.

	2 hilos	3 hilos
UB	1	1
0V	2	2
S+	-	3

UB	Alimentación positiva
0V	Conexión de alimentación negativa
S+	Salida analógica

*Figura 36. Pines de conexión del Transmisor de presión (dos hilos)
Obtenido de: (Carner, 2011)*

3.4.2 MÓDULO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

El módulo de procesamiento de datos capta las señales recibidas por el sensor, estas son convertidas de análogas a digitales para así con el microcontrolador pueda entender la información recibida por medio de los captadores, para así poder configurar e interpretar las ordenes que se desea hacer con esta información y enviarla de vuelta para entregar al usuario en un lenguaje de fácil interpretación para las personas.

El valor de corriente de 4-20mA es uno de las características de salida de datos en el sensor de presión seleccionado según las características dadas en el datasheet (SENSORES DE PRESION, 2015), fue adoptado como norma en 1975 y existen numerosos transmisores comerciales que se ajustan a esta norma.

Este amperaje permite distinguir las situaciones de variaciones que se producen en el caso de (0 mA – 4mA), además permite obtener tensiones en el rango 1 a 5V, con ayuda de un conversor de corriente a voltaje, los cuales hacen una manera más efectiva al momento del procesamiento de datos dentro de la programación del circuito electrónico “Microcontrolador”. (Cervantes, 2012)

Para esto necesitamos un circuito integrado para el tratamiento de la señal, el cual ayude en la conversión digital para la fácil comprensión de procesador y un microcontrolador que ayudará en el procesamiento y almacenamiento de la información.

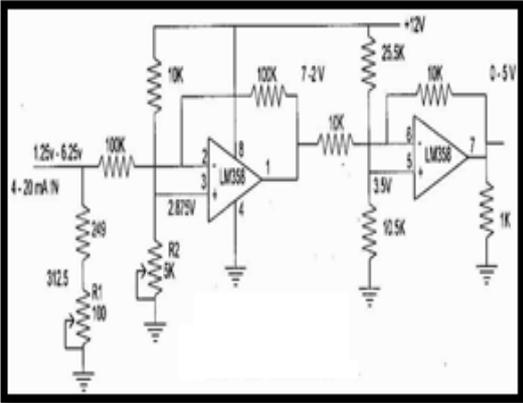
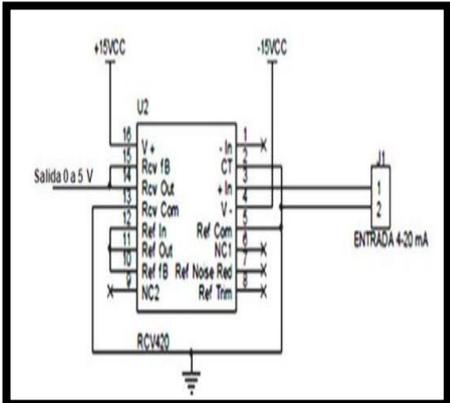
3.4.2.1 MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL

Existen varias formas de crear nuestro propio circuito electrónico para convertir la corriente eléctrica en voltaje, una de las formas es con las compuertas lógicas LM

358, pero para esto se necesita el diseño de un circuito electrónico, el cual debe ser exacto para para nuestra buena función en el proyecto, en el mercado ya existe una única compuerta lógica la cual realiza este trabajo en un solo chip este es el RCV420.

3.4.2.1.1 COMPARACION Y SELECCIÓN ENTRE LOS DOS CONVERTORES DE CORRIENTE DE 4-20mA A VOLTAJE DE 0-5V.

Tabla 2: Comparación entre Circuito con LM358 y RCV420

CIRCUITO CON LM358	RCV420
	
<ul style="list-style-type: none"> • Es más costoso por la cantidad de materiales para desarrollar el circuito • Utiliza más espacio y cantidad de elementos • Es más sencillo de conseguir los elementos del circuito • La función con RCV420 es la misma 	<ul style="list-style-type: none"> • Su costo es más económico • Utiliza menos cantidad de componentes electrónicos en un mismo comprimido o chip • Es más complejo de conseguir la compuerta electrónica • La función con el diseño de conversor con LM358 es la misma • Ahorramos componentes como baquelita, resistencias, estaño, etc.

Después de haber hecho una tabla comparativa entre los dos circuitos conversores de corriente a voltaje, se decidió escoger el RCV420, ya que es mucho más económico, utiliza menos cantidad de elementos electrónicos y la función es la misma, la única dificultad es que no en todas las tiendas electrónicas se lo puede conseguir.

El circuito integrado RCV420 es un receptor de lazo de corriente de precisión de 4 a 20mA, este integrado convierte la señal de corriente de 4 a 20mA a una señal digital la cual hace posible que el receptor o microcontrolador le sea fácil reconocer el tipo de instrucción y procesar sus datos, para poder ejecutar las ordenes de programación.

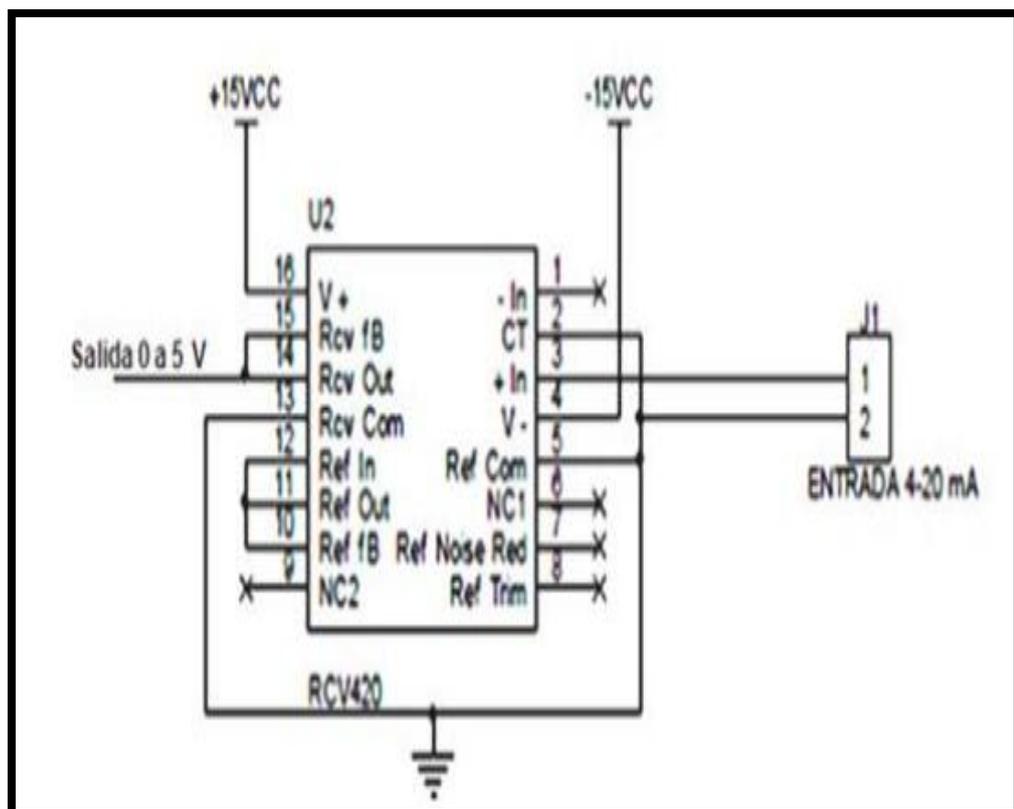


Figura 37. Circuito electrónico del módulo de tratamiento de señal. Obtenido de: (Cervantes, 2012)

3.4.2.2 MICROCONTROLADOR

Es básicamente el cerebro del detector de fugas, es el microcontrolador con sus circuitos necesarios, aquí configuraremos a través de lenguaje de programación C++, las instrucciones y ordenes necesarias para la obtención de los datos deseados.

Además para tener una mejor eficiencia y un mejor desempeño en el desarrollo del proyecto se debe tener en cuenta y considerar las siguientes características del microcontrolador:

- Bajo costo, circuito de fácil construcción.
- Hasta 8 entradas, 8 salidas y 4 canales analógicos.
- Rápida operación de descarga mediante el cable serial.
- Software "Editor de Programación" gratuito y de fácil uso.
- Lenguaje BASIC simple y fácil de aprender.
- Extenso número de manuales gratuitos y foro de apoyo en línea.
- Tutoriales incluidos.

Tanto el microcontrolador PIC como ATMEL tienen las mismas características, el mismo lenguaje de programación y su costo no tiene mayor diferencia, solo que se ha seleccionado es microcontrolador ATMEGA ya que este es compatible y trabaja con la plataforma Arduino, con la cual se va a desarrollar este proyecto.

3.4.2.3 MODULOS ARDUINO

Arduino es una plataforma de código abierto con la cual un entusiasta de la electrónica puede crear proyectos de electrónica digital, domótica, robótica , etc. de forma rápida y sencilla además de económica, es decir tiene las tres “B” Bueno Bonito y Barato, y es que los cientos de proyectos que andan circulando por la red son realmente increíbles. Su placa más popular el Arduino UNO, se basa en el microcontrolador Atmega328 de Atmel.

➤ ARDUINO UNO

Tiene 14 Entradas/Salidas digitales (6 de las cuáles pueden ser usadas como salidas PWM), 6 entradas analógicas, velocidad de reloj de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación y un botón de reset.

Contiene todos los componentes necesarios para que el microcontrolador funcione correctamente; Simplemente conéctalo a una computadora con un cable USB o alimentado con el adaptador AC-DC o una batería para comenzar.

El Arduino Uno es el modelo de referencia para la plataforma Arduino y es compatible con la gran mayoría de los shields existentes.

- Microcontrolador: ATmega328. Voltaje: 5V
- Terminal de referencia analógica (naranja) Tierra digital (verde claro)
- Serial: 0 (RX) y 1 (TX). ...
- Interruptores externos: 2 y 3. ...
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, y 11. ...

- Reset BT: 7.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). ...
- LED: 13

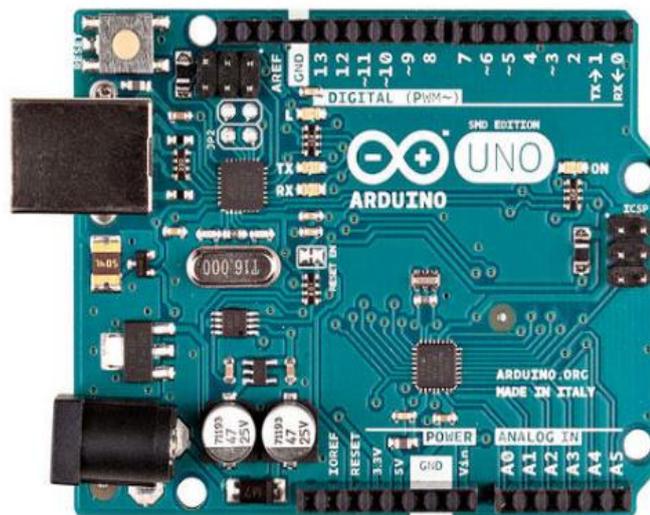


Figura 38. Arduino UNO
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

➤ ARDUINO ETHERNET

Ésta tarjeta está basada en el microcontrolador ATmega328, al igual que el Arduino Uno, pero cuenta además con capacidad de conectarse a una red vía su puerto Ethernet. Cuenta además con un slot para tarjetas uSD por lo que podrás guardar una gran cantidad de información y utilizarla cuando lo requieras, aún después de haber reseteado la tarjeta.

Se requieren de los pines 10 – 13 para la comunicación Ethernet, por lo que no deberán usarse para otros propósitos y el número de pines digitales disponibles se reduce a 9, contando con 4 salidas PWM.

- Requiere una placa Arduino (no incluido)
- 5V Tensión de funcionamiento (suministrado por la placa Arduino)
- Ethernet Controller: W5100 con buffer interno de 16K
- La velocidad de conexión: 10 / 100Mb
- La conexión con Arduino en el puerto SPI

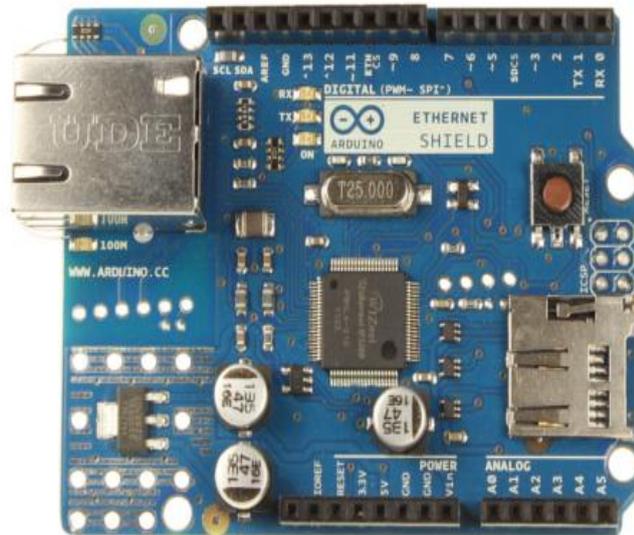


Figura 39. Arduino Ethernet
 Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

➤ ARDUINO LEONARDO

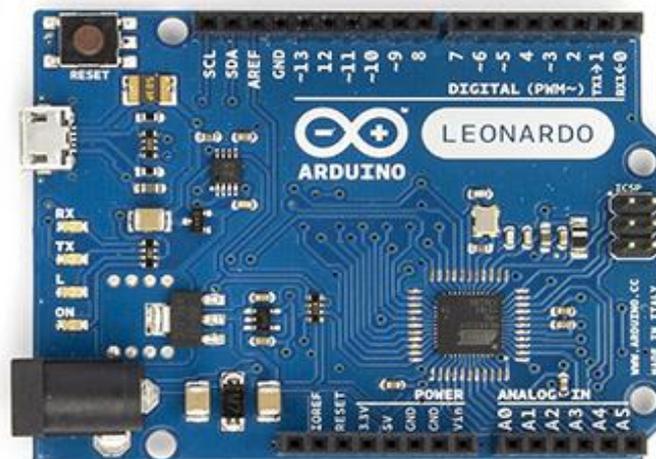
Esta tarjeta tiene una forma muy similar a la tarjeta Uno, así que es compatible con todos los Shields (a excepción de algunos por incompatibilidad de ciertos pines).

La gran ventaja de esta tarjeta es que está basada en el procesador ATmega32u4, el cual tiene comunicación USB integrada, por lo que no requiere de un convertidor

Serial-USB ni de un cable FTDI para programarse, además de ser un poco más económico que el Arduino Uno por requerir menos componentes.

Gracias a sus capacidades USB puede emular las funciones de un mouse y un teclado, permitiéndote dar clic, doble clic, scroll o escribir texto de una manera muy sencilla; sus principales características son:

- Microcontrolador: ATmega32u4. Voltage: 5V.
- Terminal de referencia analógica (naranja) Tierra digital (verde claro)
- Serial: 0 (RX) y 1 (TX).
- Interruptores externos: 2 y 3.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, y 11.
- Reset BT: 7.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).
- LED: 13



*Figura 40. Arduino Leonardo
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)*

3.4.2.3.1 TABLA COMPARATIVA DE DIFERENTES VERSIONES DE ARDUINO

Tabla 3: Comparación entre Módulos Arduino

	Arduino Uno	Ethernet	Leonardo
			
Microcontroller	ATmega328	ATmega328	ATmega32U4
Clock	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Flash Memory	32 KB	32 KB	32 KB
SRAM	2 KB	2 KB	3.3 KB
Digital I/O Pins	14	14 (10)	14
Analog Pins	6	6	6

3.4.2.3.2 ANALISIS Y SELECCIÓN DEL MÓDULO ARDUINO

Se puede observar que tanto el Arduino UNO como LEONARDO tienen casi exactamente las mismas características, la diferencia del LEONARDO es que tiene mayor capacidad en memoria SRAM, por lo que sería favorable este Arduino para el proyecto, pero se lo descarta ya que tiene conflicto en la compatibilidad de algunos shields que existen, por cierta incompatibilidad de algunos pines.

Módulo Arduino Ethernet también tiene excelentes características y capacidad, pero también se lo descarta ya que decidimos trabajar con tecnología GSM, ya que en el lugar donde va a ir este sistema de presión es en una cámara en el interior de la calzada

(alcantarilla), por lo que no se hace factible la instalación de internet, ya que para algunos proveedores requieren la instalación de línea telefónica, y para otros la instalación de antenas de gran tamaño, las cuales no habría donde ubicarlas.

Entonces la plataforma designada para el desarrollo de este proyecto es el módulo Arduino UNO, porque es compatible con los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux, además de ser compatible con la mayoría de shield que existen en el mercado electrónico. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows, tiene un entorno de programación simple y directa, Hardware ampliable y de Código abierto ya que está basado en los microcontroladores ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280; lo que hace que arduino sea mucho más interactivo para los usuarios y de mayor comprensión en su configuración.

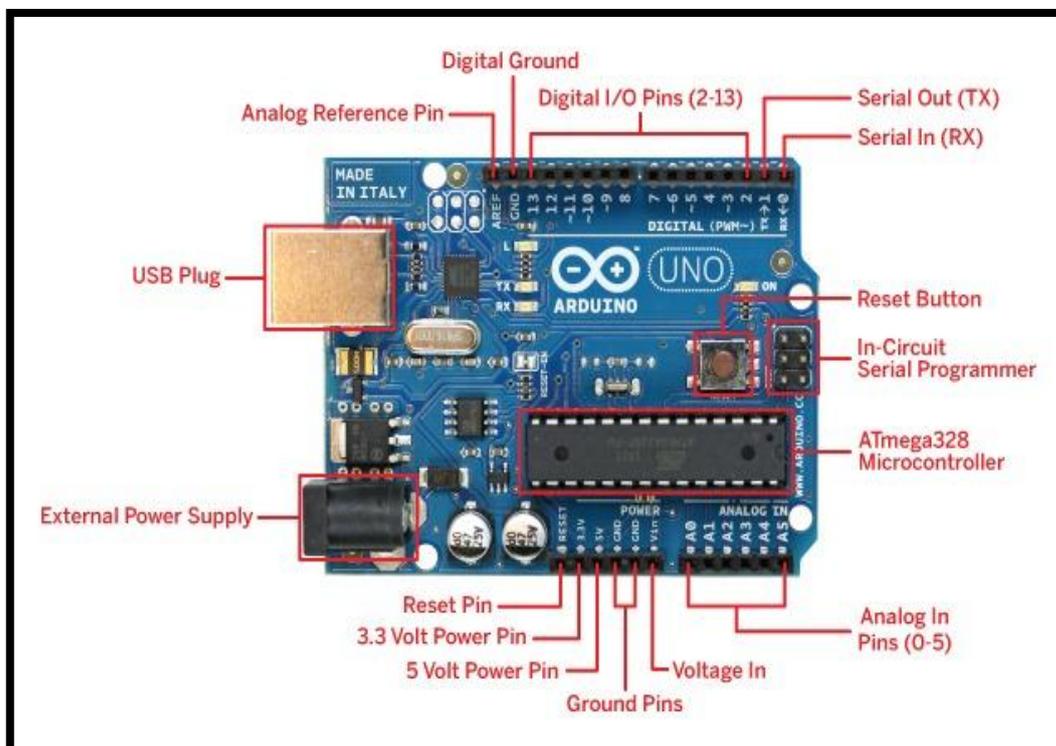


Figura 41. Módulo de procesamiento de datos (Arduino UNO)
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

3.4.3 MÓDULO DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS

Este módulo debe transmitir inalámbricamente las ordenes previamente analizadas y procesadas del módulo arduino mediante lenguaje de programación; esta transmisión las recepta otro modulo inalámbrico que debe tener las mismas características del primero para evitar problemas de compatibilidad, esta información receptada las analiza y procesa otro módulo arduino y visualiza mediante un display para poder ser entregado la información al usuario.

3.4.3.1 ANALISIS PARA LA SELECCIÓN DE MODULO INALAMBRICO

Para elegir el módulo de transmisión que ayudara al desarrollo del proyecto se requiere módulos que envíen datos a largas distancias de forma inalámbrica, a una velocidad de transmisión aceptable y que no tenga conflictos con línea de vista, que sea compatible con el módulo arduino seleccionado anteriormente, y trabaje en varios tipos de frecuencia del espectro radio eléctrico para no tener problemas con la señal de transmisión y recepción.

Debemos tener en cuenta además que este módulo debe tener buena recepción de señal, y una buena frecuencia de transmisión en la el lugar que se lo va a instalar; considerando principalmente que este dispositivo se lo va a instalar en la parte subterránea de la calzada, donde no existe conexión eléctrica ni señal de recepción.

Se ha analizado la posibilidad de utilizar un módulo de transmisión inalámbrica vía wi.fi, pero para esto se debe contratar un operador de servicios de internet; algunas operadoras de internet se debe instalar primeramente una línea telefónica, otros requieren de la instalación de antenas satelitales o antenas de gran tamaño por lo que no

se hace lo más factible para utilizar estos tipos de dispositivos, siendo que es muy factible el uso de internet para la transmisión de datos ya que las operadoras que ofrecen internet en Imbabura ofrecen velocidades de transmisión hasta de 15 Mbps, siendo esa mucho más costosa que la tecnología GSM, , por este motivo escogimos la tecnología GSM por el motivo de no necesitar tanta infraestructura, y su plan de activación es mucho más económica ofreciendo velocidad de transmisión hasta de 2Mbps

3.4.3.2 DESCRIPCION Y COMPARACION DE MODULOS GSM/GPRS

A continuación se detallara cada uno de los módulos GSM de mayor uso en el mercado electrónico y se dará las características de cada uno de ellos para poder seleccionar el modulo que tenga los requerimientos que necesitamos.

➤ MODULO SIM808



Figura 42. Módulo SIM808
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

SIM808 es un módulo GSM y GPS dos-en-un módulo de función. Se basa en la última GSM/GPS módulo SIM808 de SIMCOM, soporta GSM/GPRS cuatribanda y combina la tecnología GPS para la navegación por satélite (ARDUINO, 2014).

Cuenta con ultra-bajo consumo de energía en modo de espera e integrado con circuito de carga para Li-ion, Que hacen llegar un tiempo de espera largo estupendo y conveniente para los proyectos que utilizan recargable de ion de litio. Tiene GPS de alta sensibilidad de recepción con 22 Seguimiento y 66 adquisiciones canales de recepción. Además, también admite A-GPS localización que disponible para interiores (ARDUINO, 2014).

El módulo es controlado por comandos AT a través de UART y es compatible con 3.3 V y 5 V nivel lógico (ARDUINO, 2014); sus principales características son:

- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz
- GPRS class12 múltiples ranuras Conectividad:. MAX 85.6 kbps (por carga/carga)
- GPRS clase de estación móvil B
- Controlado por comandos AT
- Soporta control de carga para la batería de iones
- Soporta reloj en tiempo real
- Rango de tensión de alimentación 3.4 V ~ 4.4 V
- GPS integrado/CNSS y compatible con A-GPS

- Bajo consumo de energía, 1mA en modo de suspensión
- Soporta GPS NMEA protocolo
- Tarjeta SIM estándar

➤ MODULO SIM900



Figura 43. Módulo SIM900
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

Esta es una tarjeta GSM/GPRS ultra compacta de comunicación inalámbrica. La tarjeta es compatible con todos los modelos de Arduino con el formato UNO, además puedes controlarla con otros microcontroladores también. La tarjeta está basada en el módulo SIM900 4 (ARDUINO, 2014).

La tarjeta GPRS está configurada y controlada por vía UART usando comandos AT. Solo conecta la tarjeta al microcontrolador, Arduino y comienza a comunicarse a través de comandos AT. Ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc. (ARDUINO, 2014), sus principales características son:

- Totalmente compatible con Arduino
- Conexión con el puerto serial
- Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 Mhz
- GPRS mobile station clase B
- Compatible GSM fase 2/2+
- Clase 4 (2 W (AT) 850 / 900 MHz)
- Clase 1 (1 W (AT) 1800 / 1900MHz)
- TCP/UP embebido
- Soporta RTC
- Consumo de 1.5 mA (susp)

➤ MODULO SIM908



Figura 44. Módulo SIM908)
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

El módulo SIM908 es un módulo completo GSM/GPRS que combina la tecnología del GPS para la navegación basada en los satélites.

Ofreciendo un interfaz industry-standard y la función del GPS, permite que los activos variables sean seguidos inconstante en cualquier localización y en cualquier momento con cobertura de la señal (ARDUINO, 2014), sus principales características son:

- Trabaja en frecuencias 850/900/1800/1900MHz
- Tiene GPRS multi-ranura
- Clase de estación móvil de GPRS B
- Gama del voltaje de fuente:
 - GPRS: 3.2 ~ 4.8 V
 - GPS: 3.0 ~ 4.5V
- Temperatura de la operación de -40 ° C a +85 ° C
- Bajo consumo de energía, 1mA en modo de suspensión
- Tarjeta SIM estándar
- Controlado por comandos AT

Tabla 4: Tabla comparativa sobre las características de los módulos inalámbricos según los requerimientos

CARACTERISTICAS MODULOS INALAMBRICOS SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS

MODULOS	Soporta Tecnología GSM	Soporta Tecnología GPRS	Bajo consumo de energía	Instalación de Tarjeta SIM estándar	Controlado por comandos AT	Trabaja con frecuencias 850/900/1800/1900M Hz	Costo de los módulos	Completa compatibilidad con Arduino
SIM 808	Si	Si	Si	Si	Si	Si	\$ 84	No
SIM900	Si	Si	Si	Si	Si	Si	\$ 55	Si
SIM908	Si	Si	Si	Si	Si	Si	\$ 90	No

3.4.3.3 ANALISIS Y SELECCION DEL MODULO INALAMBRICO

Los módulos SIM900 cubren la necesidad según los requerimientos del proyecto planteado, ya que estos son de fácil adquisición y no son muy costosos, funcionan con la tecnología GSM/GPRS, además de que es completamente compatible con la plataforma Arduino, especialmente con Arduino UNO, además permite el envío de la información mediante texto, llamadas o mensaje multimedia, sin necesidad de línea directa de vista.

Este módulo es la parte esencial del proyecto ya que este nos ayudará en la transmisión de información a grandes distancias ya que utiliza el sistema GSM y GPRS, cuya tecnología el cual va se usa para el envío de información a grandes distancias sin necesidad de línea de vista del punto de origen con el destino, por la cual se va a enviar información ya sea por mensaje de texto o llamada telefónica.

EL módulo GPRS/GSM compatible con Arduino muy útil para introducirnos en el mundo de las conexiones remotas para nuestros proyectos.



*Figura 45. Módulo GSM
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)*

Para entenderlo, este módulo es lo que llevan los smartphones para poder conectarse a internet por 2G, 3G, hacer llamadas y enviar mensajes SMS. GPRS y GSM son servicios de transmisión de datos inalámbricos. Cada uno de ellos es un protocolo de comunicación y son controlados a través de los comandos Hayes o comandos AT.

Estos comandos son los encargados de conectarse a nuestro módulo SIM900 para conocer el estado de su conectividad, permitir acceso de datos al usuario a través de su tarjeta SIM y otras muchas cosas más. Este módulo lo que hace es comunicar el sistema operativo que ofrece una interfaz con este módulo que es el encargado de establecer la comunicación a través de comandos AT que proporciona una capa de abstracción de bajo nivel.

Hay dos modos de conexión de este dispositivo. Uno que funciona con (TTL) y otro que es el (RS232).



Figura 46. Modos de conexión del módulo GSM
Obtenido de: (ARDUINO, 2014)

3.4.4 MÓDULO DE VISUALIZACIÓN

Este módulo es la parte final del proyecto ya que esta corresponde a la entrega de la información ya sea de forma gráfica, textual, o llamada telefónica al usuario de una forma clara y comprensible que las personas puedan comprender con mayor facilidad los datos ya procesados.

Este módulo se lo conecta al módulo arduino, el cual se va a configurar de la forma en la que se va a entregar la información para al final visualizarla, y para la visualización se va a utilizar una pantalla LCD.

3.4.4.1 DISPLAY DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

Este dispositivo ayudará a la visualización de los datos obtenidos del sensor de presión para esto se necesitara cualquier tipo de display electrónico que muestre la información con un contraste claro y buena definición.

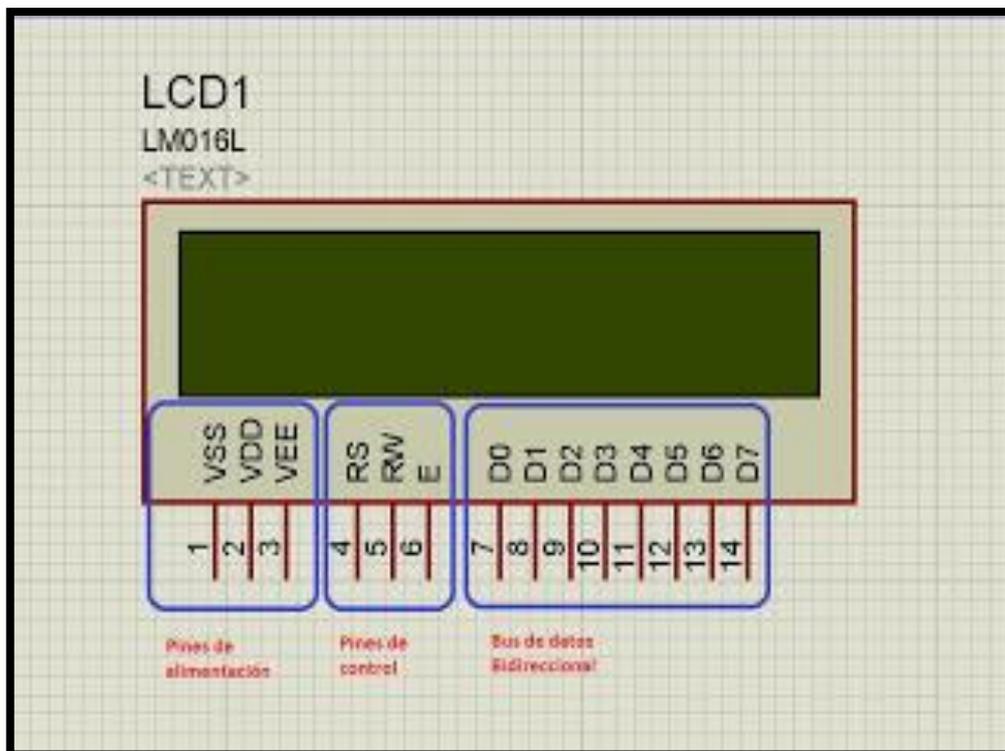


Figura 47. Pines de LCD

3.4.4.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LCD

Tabla 5: Distribución de Pines de LCD 16X2

PIN No	NOMBRE	DESCRIPCION
1	Vss	GND
2	Vdd	+5v
3	Vo	Control de contraste
4	Rs	Selección de registro
5	R/W	Read/write
6	E	Enable (Strobe)
7	D0	Datos LSB
8	D1	Datos
9	D2	Datos
10	D3	Datos
11	D4	Datos
12	D5	Datos
13	D6	Datos
14	D7	Datos

Obtenida de: (Donate, 2014)

3.4.5 MÓDULO DE ALIMENTACIÓN

Para poder desarrollar de una manera efectiva las diferentes fuentes de alimentación de nuestro proyecto, debemos tener en cuenta primeramente los rangos de voltaje en los que trabajan los dispositivos con los que vamos a trabajar:

Tabla 6: Voltajes óptimos de los dispositivos electrónicos

DISPOSITIVO	VOLTAJE OPTIMO
SENSOR DE PRESION	12 a 36 v
MICROCONTROLADOR	5V
ARDUINO	5 a 9V
MODULO SIM900	4,5 a 5 v

La fuente regulada de voltaje es el primer paso del circuito, y el proceso de construcción, se pudo aprender en las clases impartidas en la UTN, el primer paso es transformar el voltaje alterno que suministra la empresa eléctrica de 220/60Hz, a un

voltaje alterno más bajo de la misma frecuencia, esto se logra a través de un transformador reductor de voltaje, que obtiene el voltaje deseado mediante la ecuación 2, que relaciona el número de vueltas del núcleo primario y el secundario más el voltaje de entrada, como se lo detalla a continuación.

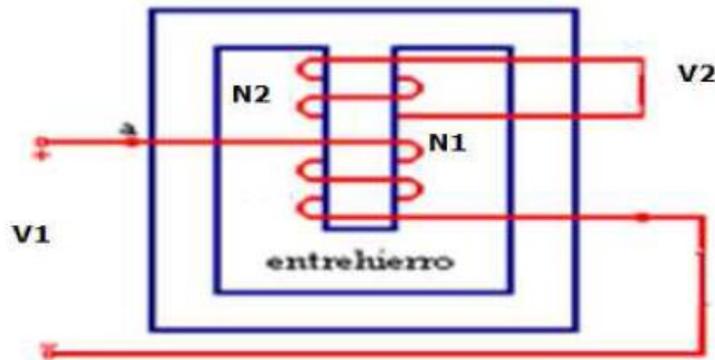


Figura 48. Diagrama físico de un transformador eléctrico

A continuación se detalla el cálculo de la potencia en un transformador de 2A y 12, como se indica en la ecuación 3.

$$P = I \times V$$

$$P = 2A \times 12v = 24 W$$

Ecuación (3)

A continuación se detalla el cálculo del Área del transformador como se detalla en la ecuación 4.

$$\text{Area} = 1x(\sqrt{\text{pot}})$$

$$\text{Area} = 1x(\sqrt{24})$$

$$\text{Area} = 4,89$$

Ecuación (4)

Para obtener la relación de vueltas (espiras) por voltio se realiza los siguientes cálculos como se detalla en la ecuación 5.

$$A \times 0.02112 \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$\begin{aligned} A &= \text{Área del núcleo del transformador} \\ 4,89 \times 0.02112 &= 0.13 \text{ Relación de vueltas} = 0.13 \end{aligned}$$

Calculo de vueltas en el primario y secundario como se ve en la ecuación 6.

$$\text{Ecuación (6)}$$

$$\begin{aligned} 220V / 0.13 &= 29 \text{ vueltas en el primario} \\ 12V / 0.13 &= 2 \text{ vueltas en el secundario} \end{aligned}$$

Debido a las características y requerimientos del sensor de presión CS-PT 1000 necesitamos una fuente externa de alimentación fija de 10v a 38v de alimentación, la fuente de energía eléctrica de este dispositivo “sensor” es alimentada con 110 V usando un transformador de 2 Amperios, el cual se rectifica para obtener corriente continua y se regula para obtener +15V y -15V.

El módulo de alimentación proporciona los voltajes óptimos para el correcto funcionamiento del microcontrolador y de los demás circuitos empleados en el proyecto. En este módulo, los elementos principales son los reguladores de voltaje LM7815, LM7915. Los mismos que permiten una corriente máxima de 1 A, por lo que también se incluye un transistor de potencia el cual permite incrementar la corriente de salida, además tienen protección térmica.

3.4.5.1 CALCULOS DE LA FUENTE 1

La Tensión antes del puente rectificador se la detalla en la ecuación 7 a continuación.

$$V_{\text{máxima}} = V_{\text{transformador}} * \sqrt{2} = V_{\text{antes del puente rectificador}}$$

Ecuación (7)

$$V_{\text{máxima}} = 12V * \sqrt{2} = 16.97V$$

La Tensión después del puente rectificador se la obtiene en la siguiente ecuación 8.

En esta parte se ven los diodos y se restan 1V por cada diodo que haya (en este caso). Por tanto el voltaje es:

$$16,97V - 1 = 15,97$$

Ecuación (8)

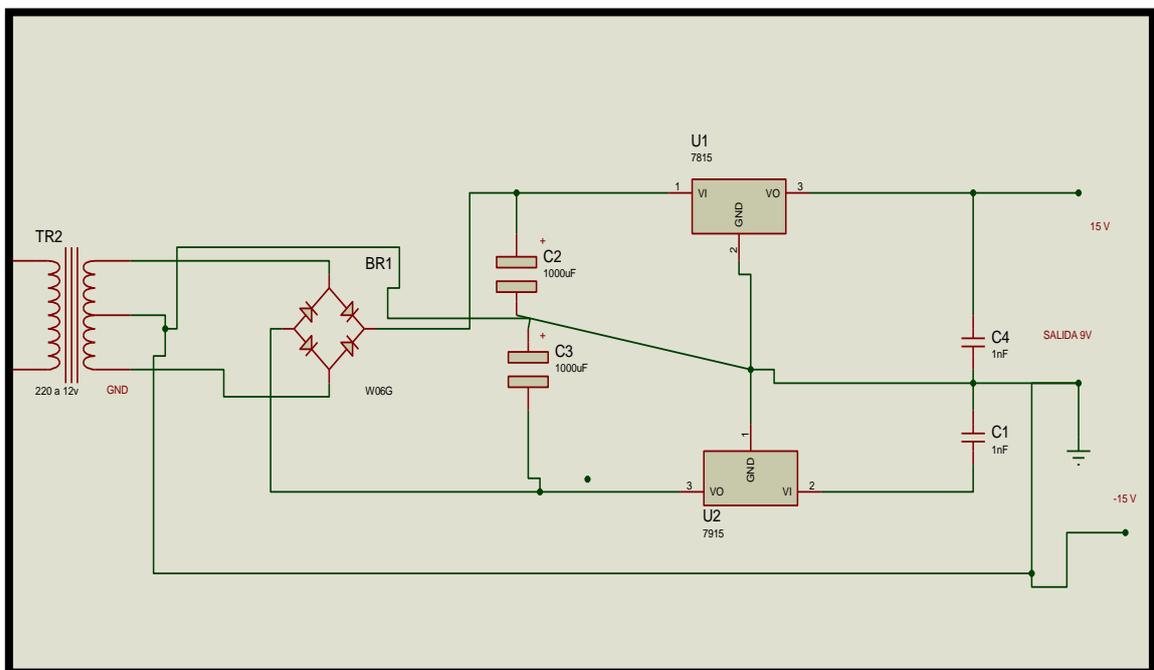


Figura 49. Circuito electrónico de fuente de alimentación del sensor de presión
Obtenido de: (Cervantes, 2012)

A continuación se realiza el diseño de la segunda fuente de voltaje la cual va a ser utilizada para abastecer de la energía necesaria a los módulos utilizados en el proyecto, para esto hemos desarrollado una fuente de voltaje variable, para así poder proveer el voltaje necesario según la necesidad de los componentes electrónicos como arduino y módulo GSM/GPRS, para su correcta función, como se muestra en la Figura39.

3.4.5.2 CALCULOS DE LA FUENTE 2

La Tensión antes del puente rectificadose la obtiene de la ecuacion 9.

$$V \text{ máxima} = 12V * \sqrt{2} = 16.97V \quad \text{Ecuación (9)}$$

La Tensión máxima la obtenemos de la ecuación 10 a continuación detallada.

$$V \text{ Max} = (V_p - 1,4) \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$V \text{ Máx} = 15,6V$$

A continuación se calcula los Capacitores en la ecuación 11.

$$\frac{I}{F * C} = 10\% (V_p - 1,4) \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$C = \frac{10 * 1A}{F * (V_p - 1,4)}$$

$$C = 6410 \text{ Uf}$$

El Voltaje de rizado, (tensión rectificadada) se lo puede observar en la ecuación 12.

$$V_{ppr} = 10\% V_{max}$$

$$V_{ppr} = 1,56 \text{ V}$$

Ecuación (12)

Voltaje entrada en el regulador calculado en la ecuación 13.

$$V_{entrada} = V_{max} - V_{ppr}$$

$$V_{entrada} = 14 \text{ V}$$

Ecuación (13)

El Voltaje salida en regulador Lm7809 se lo obtiene en la ecuación 13.

$$V_{salida} = V_{entrada} - V_{drop}$$

Ecuación (14)

$$V_{salida} = 14 \text{ V} - 5 \text{ V}$$

$$V_{salida} = 9 \text{ V}$$

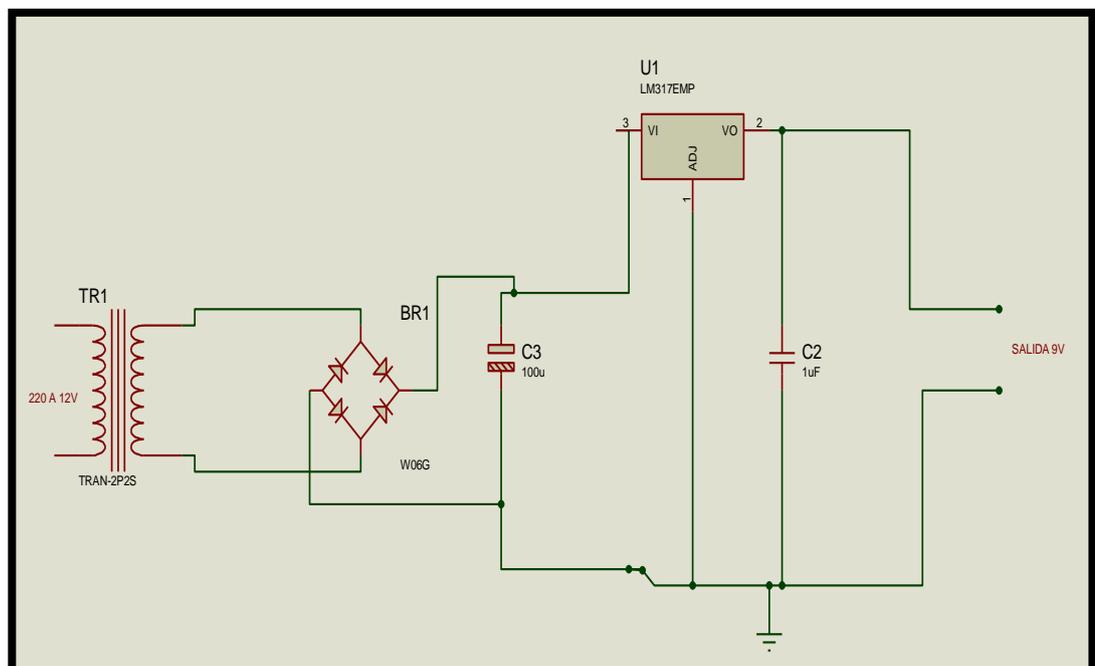


Figura 50. Diagrama esquemático de la fuente de voltaje variable.

Obtenido de: ISIS Proteus

3.5 DISEÑO Y FORMA DE CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.

A continuación se detallará cada una de las conexiones, así como cada una de las configuraciones, tanto de los diseños de los circuitos electrónicos impresos con cada uno de los módulos que realizan las funciones requeridas en el sistema medidor de presión

3.5.1 CONEXIÓN DE MÓDULO GSM/GPRS CON EL MÓDULO ARDUINO.

Para realizar las pertinentes conexiones y configuraciones en la primera parte del proyecto, la cual consta de la placa Arduino UNO y el módulo SIM900 con sus respectivos elementos que conforman un circuito electrónico.

Estos elementos que conforman el circuito electrónico suelen estar encapsulados generalmente de material cerámico, metálico o plástico y están diseñados para ser conectados entre ellos normalmente por soldadura.

Una vez elegido el componente principal para el desarrollo del sistema electrónico módulo SIM900, se procede a realizar la interconexión entre la placa Arduino uno y el módulo anteriormente mencionado donde se realiza el establecimiento de la comunicación SPI entre los dos módulos electrónicos. El SPI es un protocolo síncrono que trabaja en modo full dúplex para recibir y transmitir información, permitiendo que dos dispositivos pueden comunicarse entre sí al mismo tiempo utilizando canales diferentes o líneas diferentes en el mismo cable.

Dentro de este protocolo se define un maestro que será aquel dispositivo encargado de transmitir información a sus esclavos. Los esclavos serán aquellos dispositivos que se encarguen de recibir y enviar información al maestro.

De esta manera la placa Arduino UNO y el módulo quedan interconectados de la siguiente manera mediante la distribución de pines que se indica en la siguiente figura:

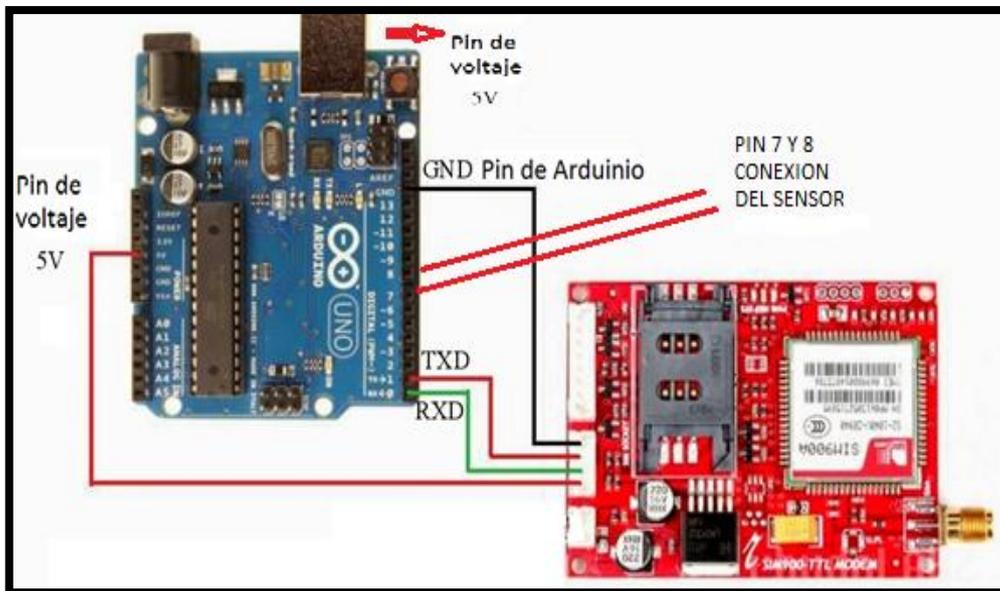


Figura 51. Diagrama de conexión mediante Módulo Sim900 y Arduino uno.
Obtenido de: Diseño de ingeniería del proyecto

Tabla 7. Distribución de Pines entre Arduino UNO y Sim900

ARDUINO UNO	SIM900
PIN 23 O 24 GND	GND
PIN 25 Vcc	5V
PIN 0 RX	TX
PIN 1 TX	RX

Obtenida de: **Fuente:** (Donate, 2014)

3.5.1.1 CALCULO DE RESISTENCIAS PARA LOS DIODOS LEDS INDICATIVOS.

El diodo emisor de luz (led) es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando se polariza directamente la unión P-N, y circula por él una corriente comprendida entre los 10 y 50 mA y el voltaje desde 1.8V hasta los 5V (datasheet); los valores de corriente y voltaje dependen del color del led.

Para realizar la integración de los diodos leds en la placa electrónica es necesario realizar el cálculo de la resistencia que cada uno de ellos debe tener, para lo cual se aplica la ley de Ohm como se indica a continuación.

3.5.1.1.1 RESISTENCIA PARA UN DIODO LED VERDE

Ley de Ohm. Obtenido en la ecuacion 15.

$$V = I * R \quad \text{Ecuación (15)}$$

$$V = V_{\text{fuente}} - V_{\text{diodo}}$$

$$R = \frac{V_{\text{fuente}} - V_{\text{diodo}}}{I}$$

El V_{fuente} es el voltaje que emite la placa Arduino uno y el V_{diodo} es el voltaje que necesita el diodo led para ser encendido.

Para realizar el cálculo de la resistencia se procede a despejar el valor de R

El valor de I se obtiene de la hoja de datos (datasheet) del diodo led verde que en este caso es de 20 mA.

Para el Cálculo de resistencia.se obtiene de la ecuacion 16.

$$R = \frac{(5v - 1.7v)}{20mA}$$

Ecuación (16)

$$R = 165 \Omega$$

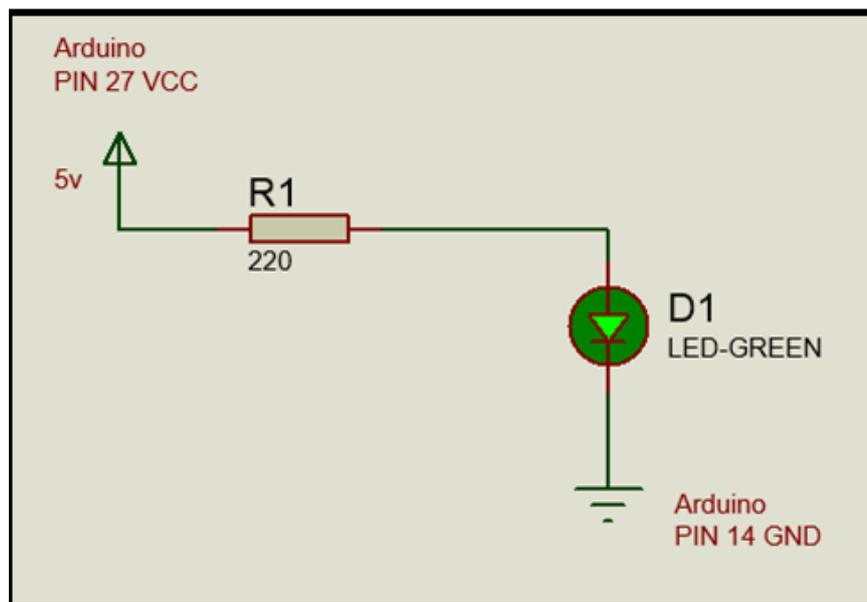
El valor de la resistencia es de 165 debido a que en el mercado no existe dicho valor se aproxima a poner una resistencia de 220 Ω la cual se adapta al voltaje de salida de la placa Arduino uno.

Para el Cálculo de potencia.se obtiene de la ecuacion 17.

$$Pot=1,7v * 20Ma$$

Ecuación (17)

$$Pot= 0,034w$$



*Figura 52. Conexión del led verde en la placa Arduino uno.
Obtenido de: Software de simulación Proteus.*

3.5.1.1.2 RESISTENCIA PARA UN DIODO LED AZUL

Para el Cálculo de resistencia.se obtiene de la ecuacion 16 anteriormente propuesta.

$$R = 165 \Omega$$

El valor de la resistencia es de 165 debido a que en el mercado no existe dicho valor se aproxima a poner una resistencia de 220 Ω la cual se adapta al voltaje de salida de la placa Arduino uno.

Calculo de la potencia del Led.se obtiene realizando la ecuación 18.

$$\text{Pot} = V_{\text{diodo}} * I$$

Ecuación (18)

$$\text{Pot} = 1,7\text{v} * 20\text{mA}$$

$$\text{Pot} = 0,034\text{w}$$

En la figura 53, se indica que el diodo led azul está conectado al PIN 7 y al PIN 14 GND de la placa Arduino con una resistencia calculada de 220 ohm.

Este criterio de diseño se aplica ya que el led azul indica que la lectura del Sim900 se ha realizado con éxito, es por tal razón que se decide colocar en el PIN 7 y PIN 14 GND de la placa Arduino uno con una resistencia calculada de 220 ohm como se indica en la figura 53.

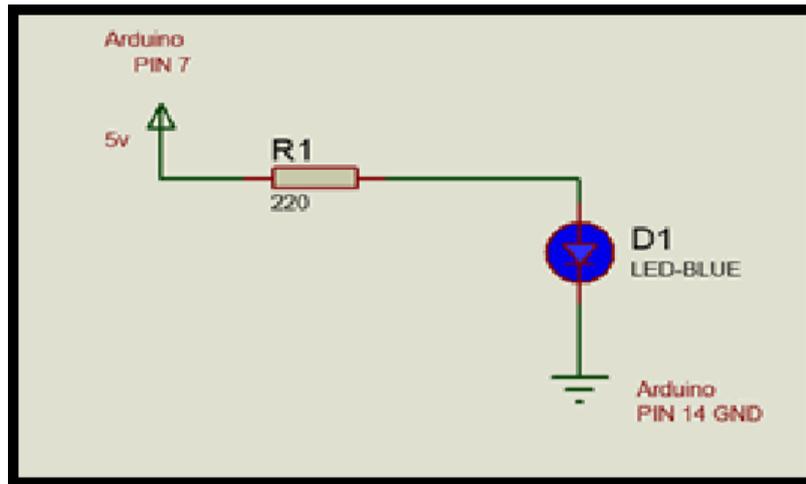


Figura 53. Conexión del led azul en la placa Arduino uno.
Obtenido de: Software de simulación Proteus

3.5.2 CONEXIÓN DEL MÓDULO DE SALIDA ANÁLOGA DE DATOS

En este módulo la señal proviene del sensor de presión CS-PT1000, es una señal de corriente de 4 a 20 mA, gracias al uso del circuito integrado receptor convertidor del lazo de corriente RCV 420 que se utilizó, la señal análoga se la convierte a una señal de 0 a 5V y se la toma paralelamente a la entrada análoga del microcontrolador (ver Figura 54), sin causar alteraciones ni pérdidas de información, para ser transmitida a la oficina central por el sistema de comunicaciones complementario a este proyecto.

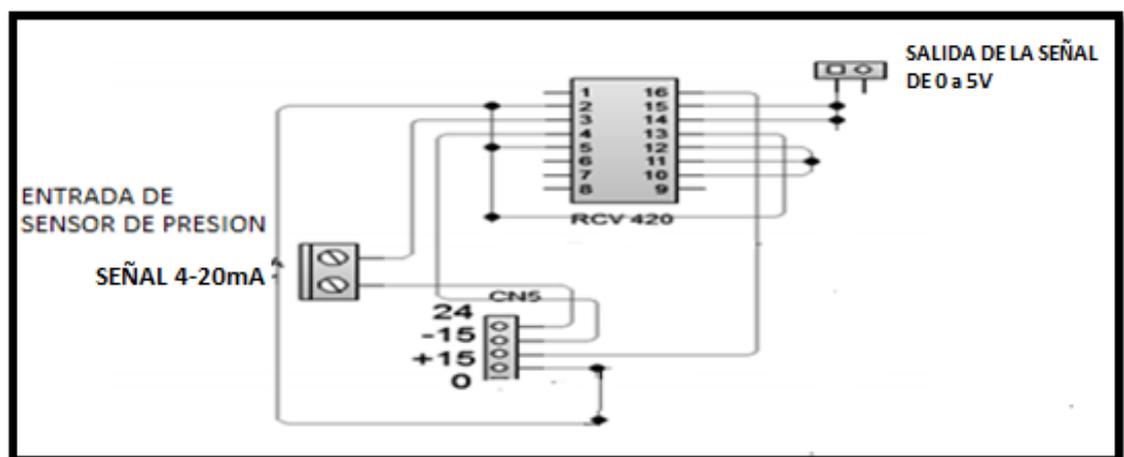


Figura 54. Circuito electrónico de salida análoga de datos
Obtenido de: (Cervantes, 2012)

3.5.2.1 CONEXIÓN DE LA PANTALLA LCD 16X2 CON EL MODULO ARDUINO.

La pantalla LCD es un dispositivo electrónico que sirve para la representación de caracteres, símbolos e incluso dibujos, el entrenador contiene una LCD de 16x2 es decir dieciséis columnas, dos filas y cuenta con las siguientes características.

- Permite visualizar mensajes alfanuméricos y ASCII.
- Alimentación de 5V DC.
- Desplazamiento de caracteres a la izquierda o derecha.

En la siguiente Tabla 8 se indica los pines de conexión de la pantalla LCD con la placa Arduino uno

Tabla 8. Forma de conexión de pines de Arduino UNO con LCD 16x2

ARDUINO UNO	LCD 16x2
PIN 12	RS
PIN 11	EN
PIN 8	D4
PIN 6	D5
PIN 5	D6
PIN 4	D7
PIN 27 (5v)	Vcc

Obtenido de.: Arduino, 2014 Recuperado de: <http://www.arduino.cc/en/Main/Arduino>

En la figura 55, se indica la pantalla LCD con sus respectivos pines.

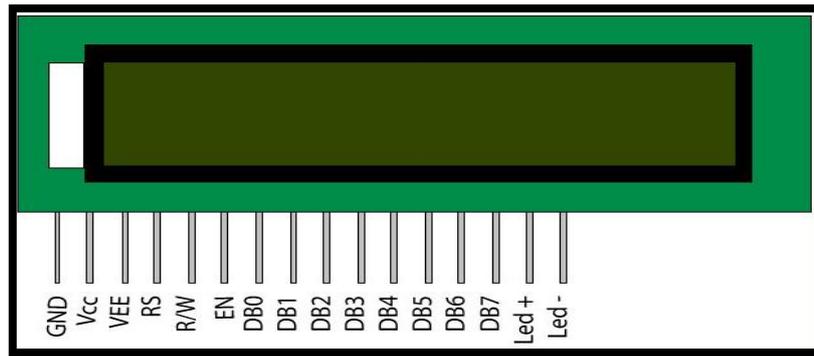


Figura 55. Pantalla LCD 16x2.

Obtenido de:

http://gerdslab.com/sites/default/files/pictures/fotos_arduino/LCD_bb_0.png.

3.5.3 CONEXIÓN DE LA PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO

El detector de fugas dispone de una pantalla de cristal líquido (LCD) de 16 caracteres x 2 líneas, que sirve para visualizar los datos obtenidos del sensor.

En la figura 56, se observa el diagrama de interconexión de la pantalla LCD 16x2 con la placa Arduino uno en el software de simulación Proteus.

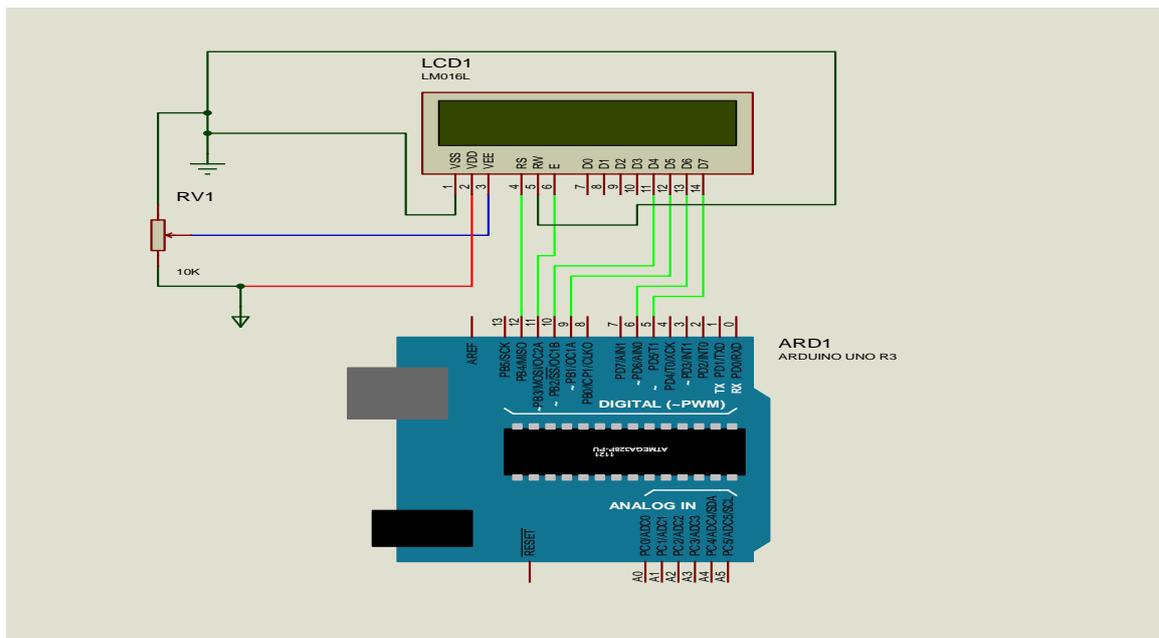


Figura 56. Conexión de la LCD con la placa Arduino uno.

Obtenido de: Software de simulación Proteus.

3.5.4 DIAGRAMA COMPLETO DEL SISTEMA MEDIDOR DE PRESION

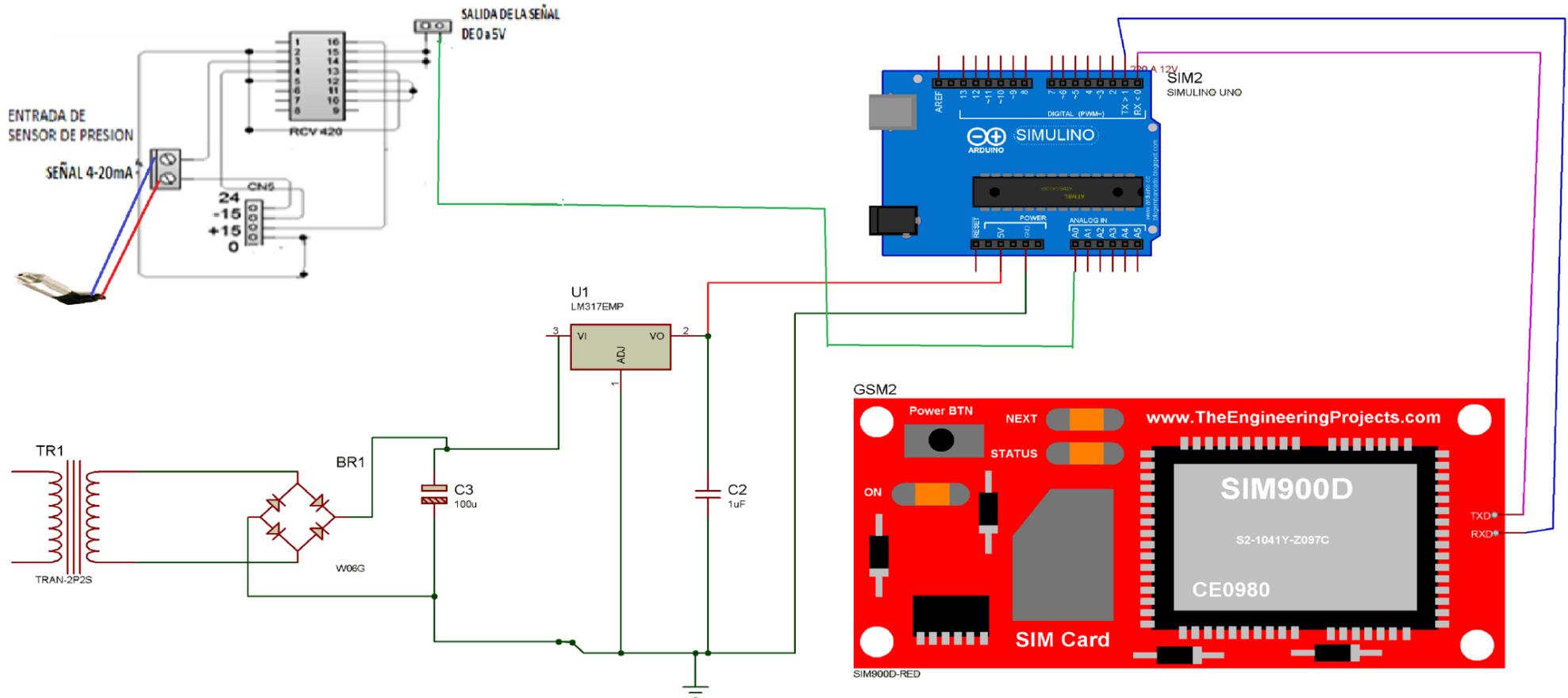
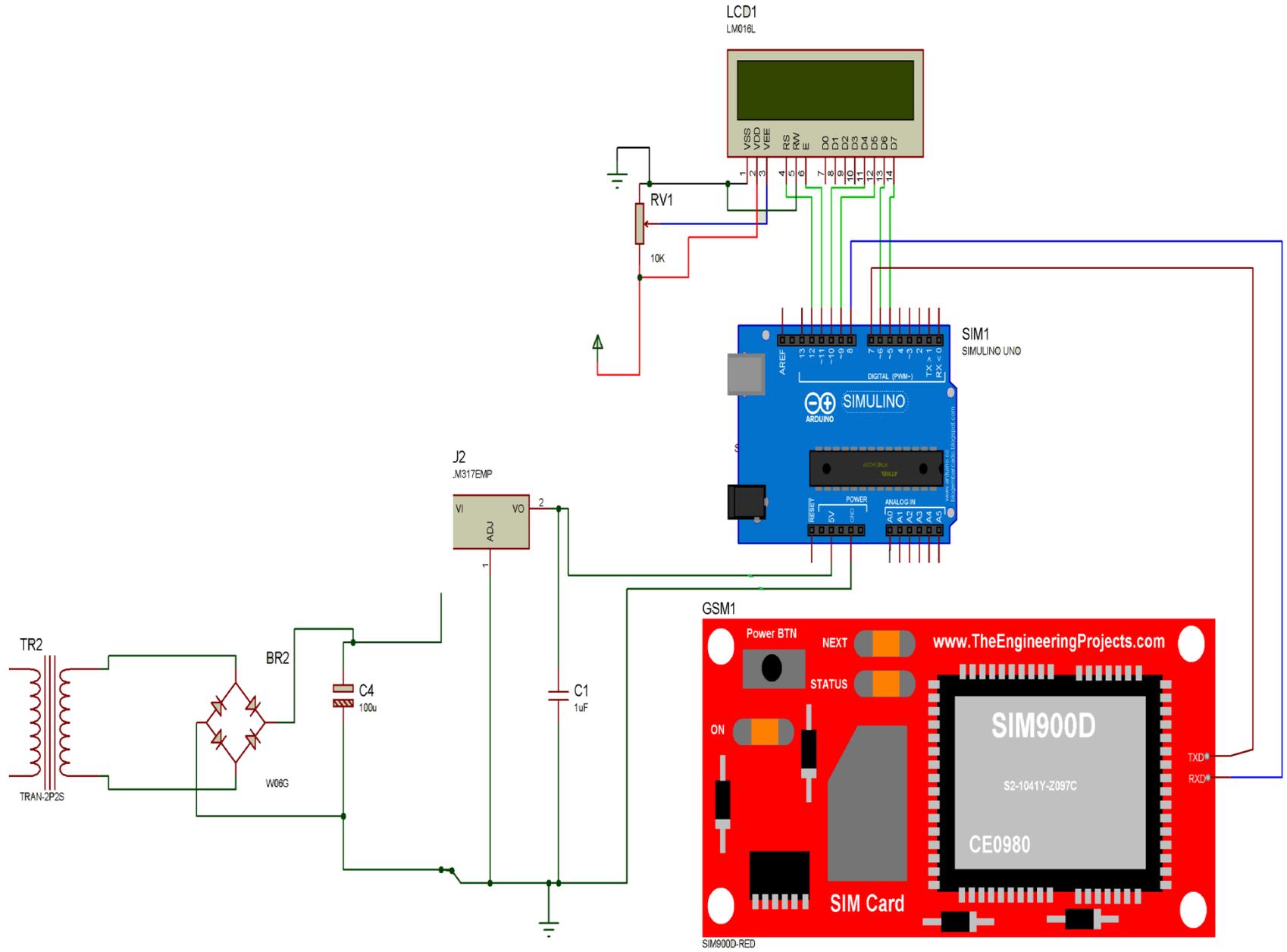
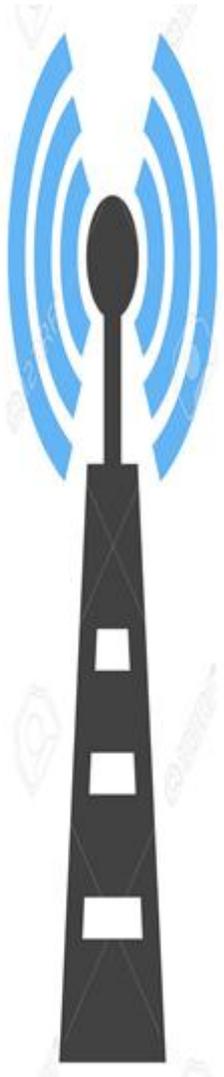


Figura 57. Diagrama esquemático del proyecto completo.



3.6 DISEÑO DE LAS TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO

Después de verificar el funcionamiento de los circuitos electrónicos por medio de pruebas de funcionamiento en el programa Proteus, se fabrican las placas de circuito impreso a partir de los diseños esquemáticos, estas se realizan con ayuda del software PCB Wizard, todas las tarjetas se realizan en baquelitas de una cara pudiendo así elegir la baquelita que nos guste tanto en forma como diseño.

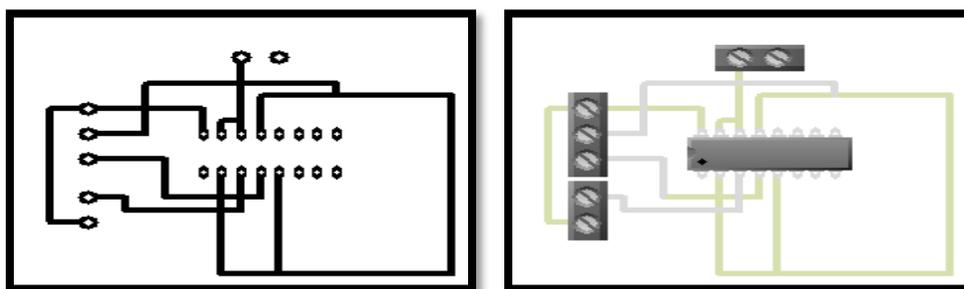


Figura 58. Circuito impreso del conversor análogo digital RCV 420

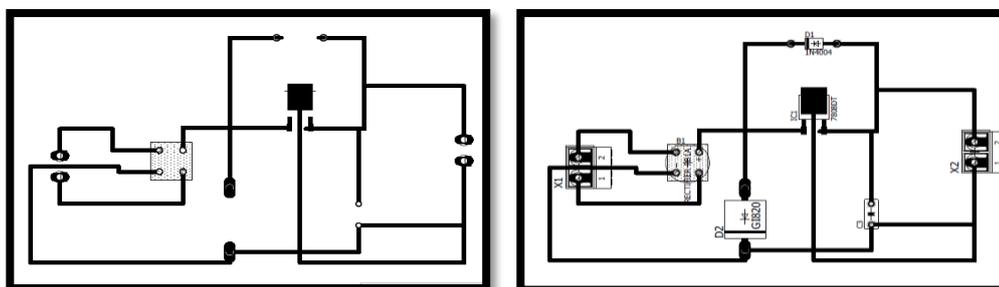


Figura 59. Circuito impreso de la fuente fija de 9v

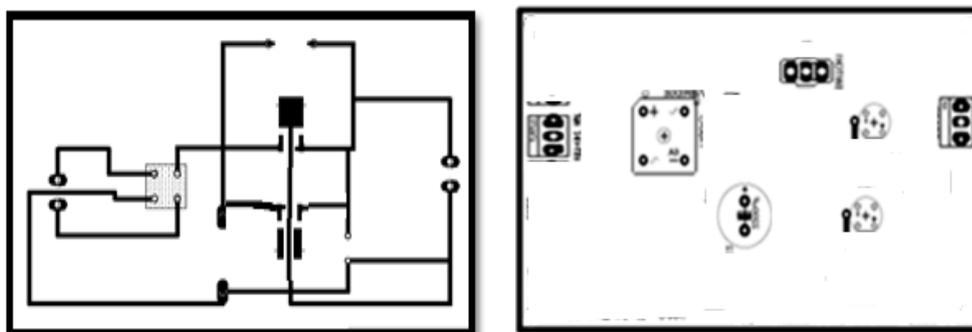


Figura 60. Diseño Circuito impreso Fuente de +15 y -15v

3.7 CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS E IMPLEMENTACIÓN

A continuación se describe el proceso de fabricación de las placas electrónicas diseñadas, la construcción de los tableros industriales, luego se describe las pruebas realizadas a cada uno de los módulos antes de ser instalados, por último se detalla la manera de implementación de las partes del dispositivo.

3.7.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS

Para el desarrollo de las tarjetas electrónicas: primeramente se imprime el diseño obtenido en PCB Wizard en papel couché, la cual se debe imprimir en una impresora láser, se recorta la baquelita del tamaño ya definido, luego se traspasa el diseño por contacto aplicando calor sobre el papel hacia la placa, se lava la placa para quitar el exceso de papel quedando en la baquelita únicamente las pistas dibujadas, luego se sumerge la baquelita en agua mezclado con cloruro férrico, en donde se corroe el cobre no impreso. Una vez que la solución realizó su trabajo, se lava la placa, se comprueba continuidad en las pistas y se procede a perforar y soldar los componentes electrónicos.

Las tarjetas fabricadas son:



Figura 61. Fuente de voltaje variable para módulo SIM900 De transmisión y recepción



Figura 62. Fuente de voltaje fijo de 9v para el módulo arduino



Figura 63. Fuente de voltaje de +/-15 v para el sensor de presión

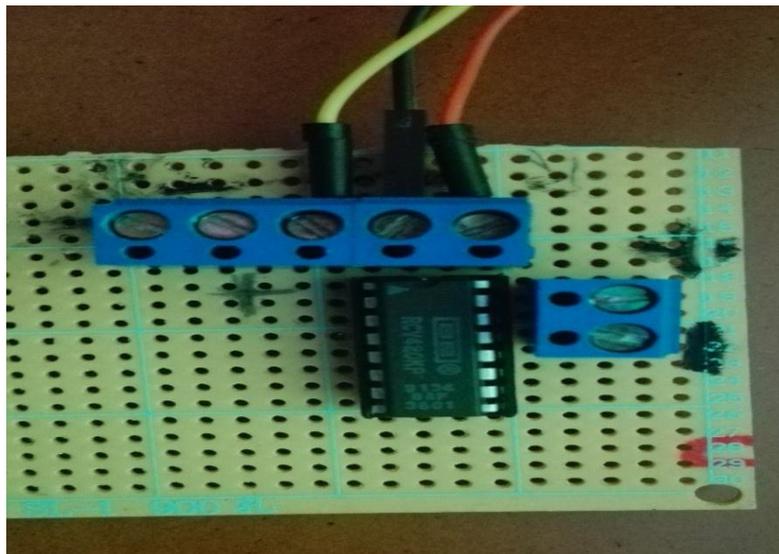


Figura 64. Circuito para la conversión de corriente con el RCV420

Las tarjetas respectivas a cada estación se montaron en una caja metálica de uso industrial en la que se adicionaron tarjetas electrónicas del sistema de comunicación, la fuente de alimentación y los módulos GPRS/GSM y módulo Arduino, (Ver Figura 65 y Figura 66)

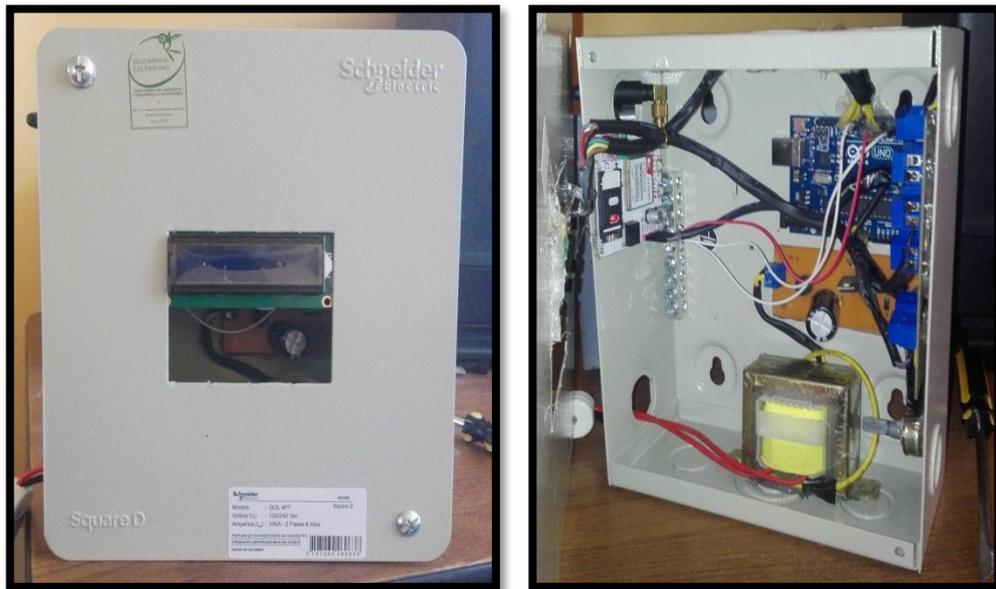


Figura 65. Tablero industrial #1 sistema de recepción



Figura 66 Tablero industrial #2 sistema de transmisión



Figura 67 Tablero industrial #3 sistema de transformación de corriente a voltaje para la obtención de datos del sensor de presión

3.8 SELECCIÓN DE LA OPERADORA MOVIL PARA EL MODULO SIM900

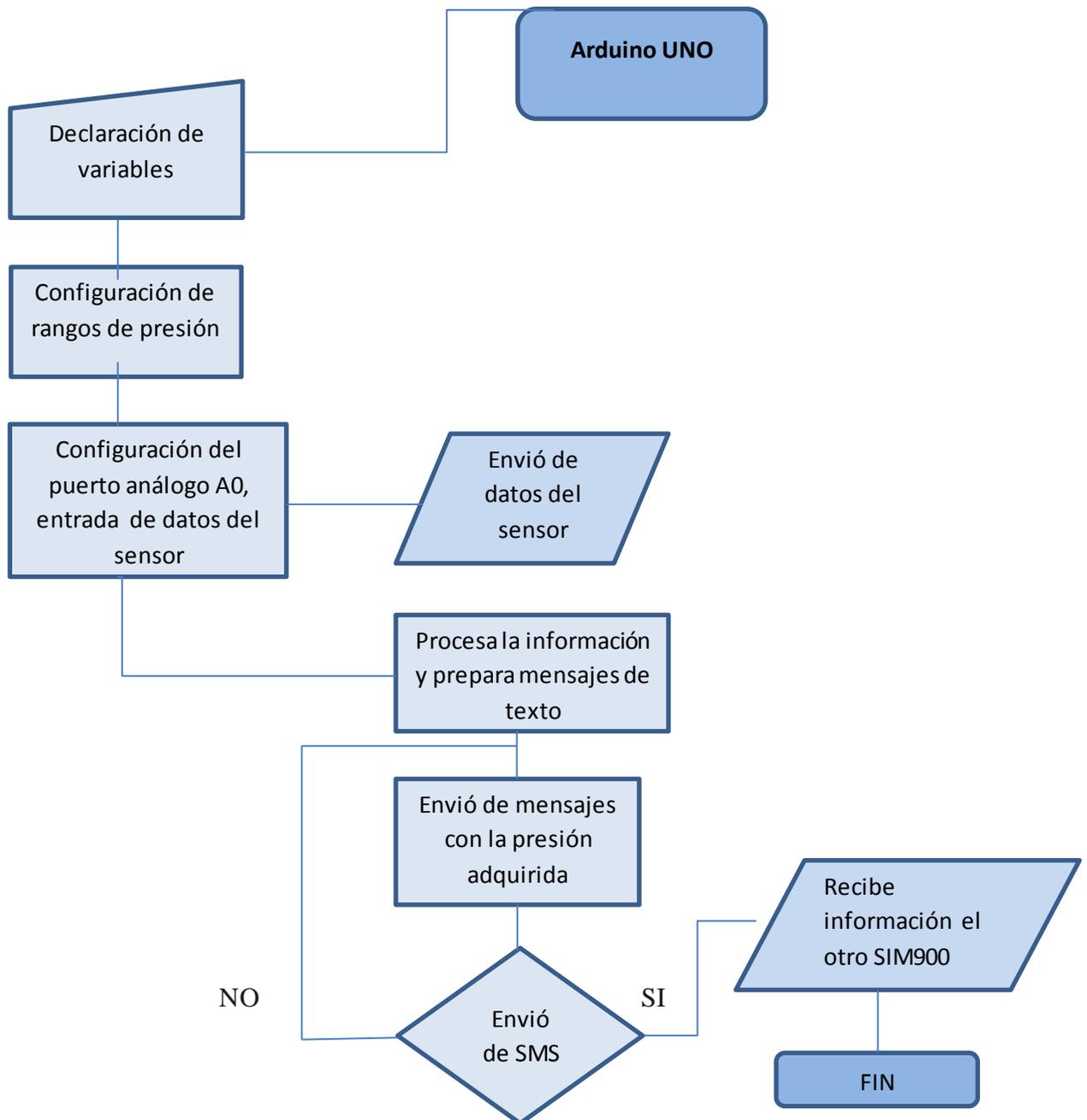
Se pudo decidir la operadora de acuerdo al plan que necesitamos para beneficio de este proyecto, ya que para que este funcione se requiere un plan el cual tenga de envío de un paquete de SMS de gran cantidad, ya que el control de la presión y el envío de la información se lo hace a través de este servicio.

Por tal motivo investigando que operadora me ofrece el mejor servicio tanto a nivel de requerimiento como de costo se determinó que la única operadora que puede ofrecerme este servicio y a un costo muy económico es CNT.

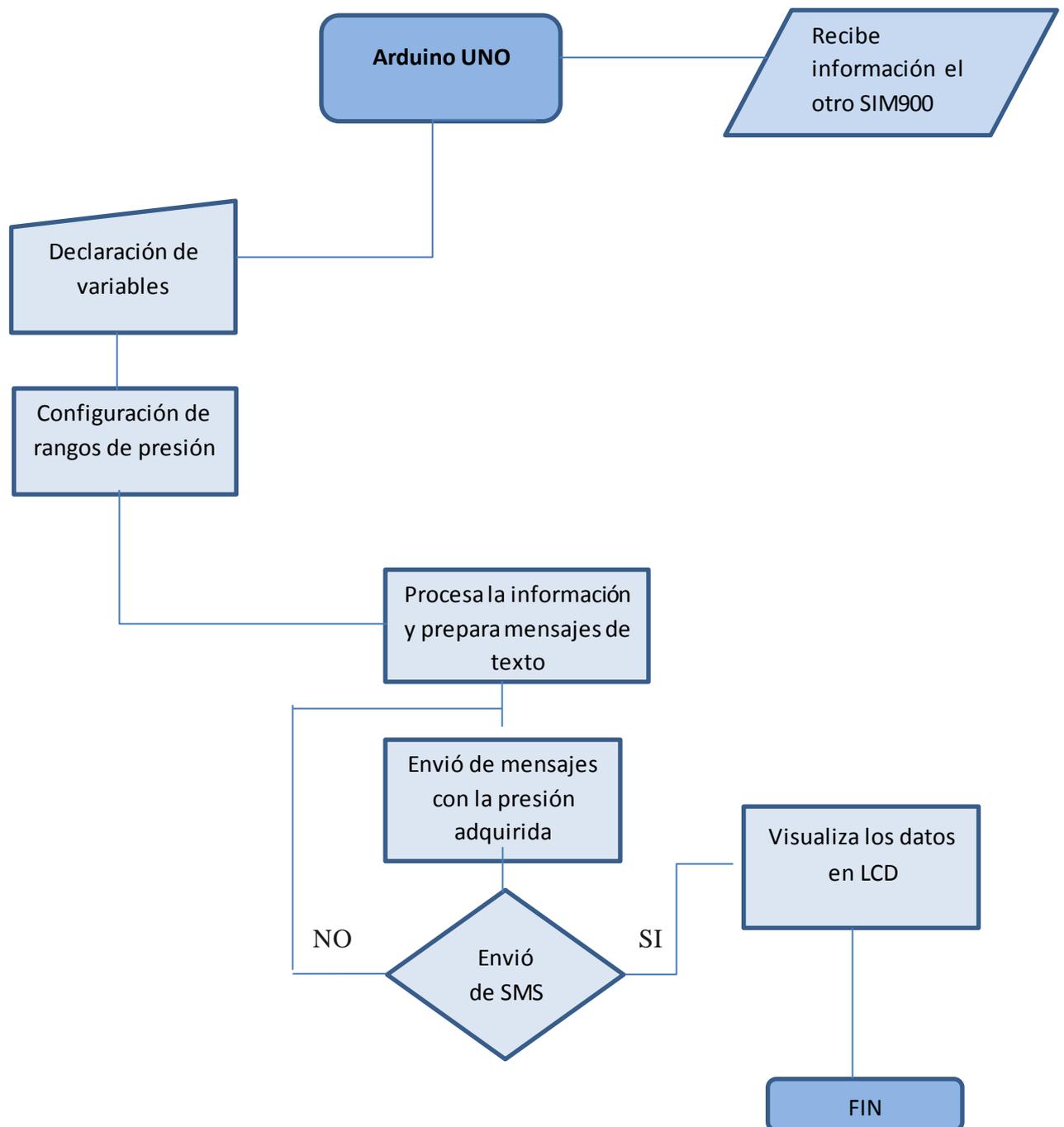
Además de eso se pudo determinar que si hay cobertura 2 y 3,5G, con el software de CNT de cobertura CNT-EP obtenido de: <http://gis.cnt.com.ec/apppublico/>.

3.9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIONES

PARTE 1: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE TRANSMISION



PARTE 2: DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA E RECEPCION Y VISUALIZACION



3.10 PRUEBA DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para el funcionamiento del Arduino durante estas pruebas se grabó el programa original del dispositivo detector de fugas. Una vez ensamblado, se procede a energizar el tablero y simular condiciones necesarias obteniendo los siguientes datos:

3.10.1 FUENTE DE SENSOR DE PRESIÓN

Se energizó con 110V y se midieron voltajes en las salidas, comprobando que estén en los rangos deseados, en este caso rangos de 15v y -15v, rangos en los cuales son necesarios debido a las entradas de estos valores según el datasheet del chip el cual se encargará de convertir la señal de entrada del sensor, a un voltaje de 0 a 5v en los pines de salida del RCV 420; se dejó funcionando por el lapso de 24 horas continuas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, y verificar que los componentes del mismo funcionen normalmente y no exista ningún tipo de sobrecalentamiento en los reguladores u otros problemas.

3.10.2 FUENTE DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

Se energizó con 110V y se midieron voltajes en las salidas, comprobando que estén en los rangos deseados, se dejó funcionando 1 horas continua para comprobar sobrecalentamiento en los reguladores u otros problemas

3.11 PRUEBA DEL MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL

En esta prueba se verificó la linealidad del receptor de corriente RCV 420 el cual genera señales desde 4 hasta 20 mA, los cuales fueron medidos con un multímetro; obteniendo los siguientes datos como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Prueba de linealidad RCV 420

Entrada (mA)	Salida (V)
4	0.01
6	0.63
8	1.33
10	1.80
12	2.52
14	3.17
16	3.80
18	4.58
20	5.04

La salida en voltaje muestra que por cada 2mA de incremento el voltaje incrementa un promedio de 0.63V linealmente por lo que este módulo funciona correctamente.

3.12 PRUEBA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento se basa en la digitalización de los datos obtenidos por la entrada analógica del Arduino, para eso la programación en el microcontrolador es según la siguiente fórmula obtenida en la ecuación 19:

$$\text{Presión mínima} = \frac{1023}{X} \times \frac{105 \text{ psi}}{10 \text{ Psi}} = 97 \text{ bytes,}$$

Ecuación (19)

$$\text{Presión Normal} = \frac{1023}{X} \times \frac{105 \text{ psi}}{60 \text{ Psi}} = 586 \text{ bytes}$$

De donde 1023 bytes es tomada como la máxima presión establecida por la EMAPA-I que equivale a 105 Psi y 10 Psi es la mínima presión establecida por la misma entidad.

Esta fórmula se da debido a que las entradas de los pines análogos de la placa Arduino realiza una conversión análoga a digital de 10 bits; esto quiere decir que mapeara valores de entrada, entre 0 y 5v a valores enteros comprendidos entre 0 y 1023.

Para comprobar que el procesamiento sea correcto se ingresan valores de voltaje que varían de 0V a 5V medidos con un multímetro y observamos los datos en la LCD para saber el cambio de estado según la presión del agua ejercida; datos registrados a través del sensor de presión (Ver Tabla 10 prueba de digitalización).

Tabla 10: Prueba de contraste de LCD

Entrada (V)	Lectura LCD (V)
0	0.1
1	1
2	1.99
3	2.99
4	4.00
5	4.98

Los datos de salida en la LCD se puede visualizar según el voltaje de entrada que se recibió (Ver Tabla.11 salida de datos en la LCD)

Tabla 11: Prueba de los datos en la forma que se van a Visualización

Entrada (V)	Visualización LCD
0 a 0,5 V	Presión Nula
0,6 a 2.9 V	Presión Normal
3 a 5 V	Presión Crítica

Estos datos se pudieron obtener por medio de los cálculos anteriores que se realizaron en la Ecuación 18 utilizando una regla de tres simple para poder obtener los mismos.

3.13 PRUEBA DE TRANSMISOR DE PRESIÓN

El Transmisor de presión se lo conecto con una tensión de 15V a una distancia de 50cm con cable UTP, para probar el transmisor, se montó en la tubería de agua través de una válvula de control de presión, ubicada en la cámara de medición del agua potable en la parte interior de la calzada, , para probar que el transmisor esta enviando los datos se energizo la tarjeta electrónica para observar en la LCD el valor de presión medido por el transmisor y comparado con un manómetro obteniendo los datos los cuales son comparados entre si para poder determinar la precisión del señor, cuyos datos son mostrados a continuación en la figura 68.

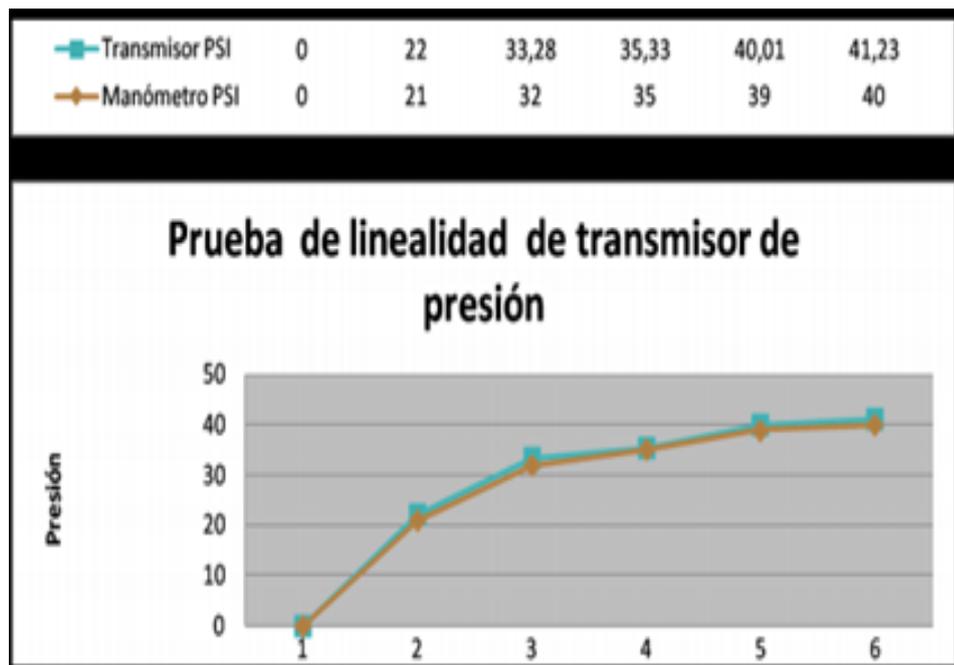


Figura 68. Prueba de Transmisor de Presión
Obtenido: Excel

De acuerdo a los datos obtenidos y teniendo en cuenta que la precisión del manómetro de presión está sujeta al error humano, el error máximo que se muestra en los datos es de 1,28 PSI, los resultados son satisfactorios y suficientes para nuestro requerimientos.

3.14 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRESIÓN

La caja metálica donde se encuentra los módulos electrónicos del dispositivo, se instaló en la cámara de macro medición, el cual se la fijó a la pared con pernos de rosca fina, el transmisor de presión se instaló sobre la tubería de agua, a 50m del tablero, para lo cual se coloca un adaptador bushing plástico de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " , y finalmente el transmisor de presión, para la conexión del transmisor como ya se indicó en la fase de pruebas se usa cable UTP el cual va enterrado a través de tubería conduit.

Para la alimentación eléctrica se consultó en EMELNORTE, los cuales nos pueden brindar un punto eléctrico por el costo de \$5 dólares mensuales, el cual ayudara a abastecer de energía eléctrica a los dispositivos que compone el sistema de control de presión, ya que EMAPA-I no cuenta en este cuarto vacío con instalaciones eléctricas. Los requerimientos del servicio ocasional de energía eléctrica están dados en la página principal de la empresa eléctrica (EMELNORTE, 2016)

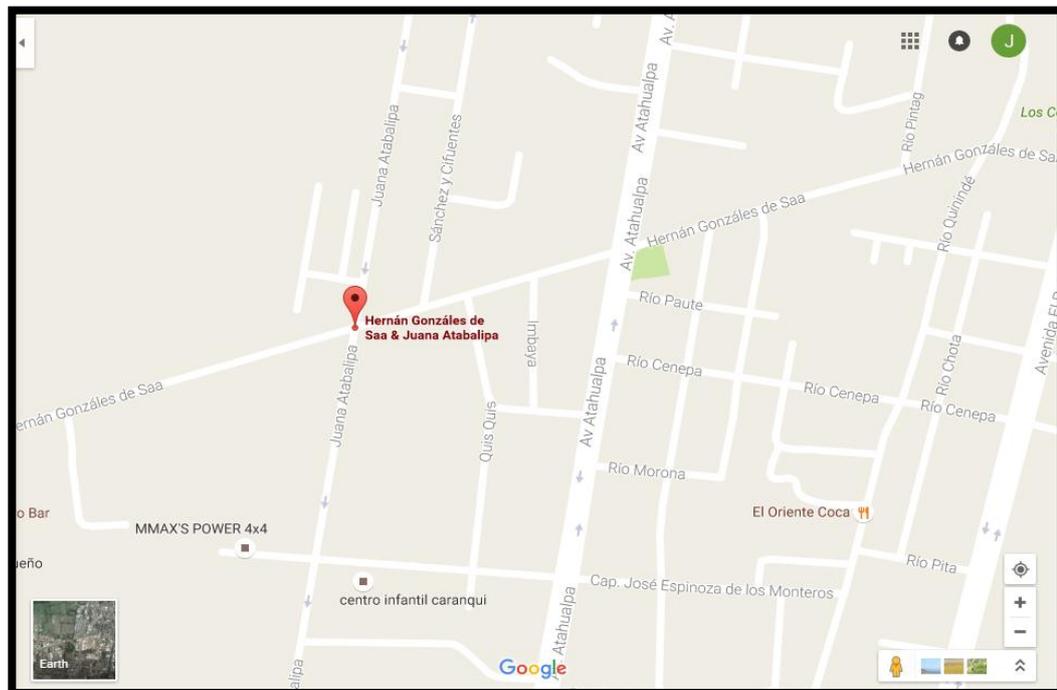


Figura 69. Ubicación de la cámara de medición
Obtenida de: Google Maps



Figura 70. Vista externa de la cámara de medición



Figura 71. Entrada al cuarto de tuberías de agua potable

En Figura 72 se puede observar la tubería de hierro fundido la cual se encuentra en la cámara de macro medición en la parte inferior de la calzada, en esta tubería se encuentran alojadas la válvula de control de presión y el medidor manométrico el cual ayuda a la medición de la densidad del agua.



Figura 72. Tubería principal de agua potable de la calle Juana Atabalipa

En la Figura 73 se puede ver la forma de conexión del sensor de presión conectado directamente en la tubería por donde circula el agua potable, esta conexión sirve para poder medir mediante este dispositivo la variación de presión que se produce en este conducto por el líquido vital.



Figura 73. Conexión del sensor de presión en la tubería principal de agua potable

En la Figura 74 podemos ver el manómetro alojado en la tubería de la cámara de medición, en este instrumento se puede medir la densidad del flujo q que circula en las tuberías, esto depende de la temperatura del agua en ese instante.



Figura 74. Lector de presión actual

CAPÍTULO IV

4. COSTO BENEFICIO

4.1 INTRODUCCIÓN.

En esta sección se realizara un análisis económico que nos permitirá analizar los ingresos y egresos presentes en el proyecto, para así poder determinar el costo beneficio del mismo no únicamente en el sentido económico sino también el beneficio a nivel social.

Por un lado para la realización de este análisis se tendrá en cuenta los diferentes tipos de sistemas de control de presiones, que existen actualmente así como sus costos, mientras que por otro lado se tendrá en cuenta las inversiones realizadas para el presente diseño.

Una vez definido la situación actual de la empresa EMAPA-I es necesario realizar un análisis económico de la misma, con el fin de determinar la viabilidad de implementación y operación del sistema a desarrollarse.

El análisis costo-beneficio, se usa para determinar la factibilidad de emplear un proyecto dentro de una entidad, ya que no solo se tiene en cuenta los costos y beneficios económicos, sino también los costos y beneficios sociales que posee el proyecto.

En este punto se va a detallar los costos que se requieren en el trayecto de implementación del proyecto; además se refiere al equipamiento de implementación escalable y flexible, es decir, se hace un presupuesto referencial del diseño.

EL análisis económico del proyecto comprende en principio los ingresos y egresos.

➤ **INGRESOS.**

- **Ahorro de mano de obra**

Se estima que con la implementación de este dispositivo el cual aleta de los cambios constantes de presión, ya no sería necesario realizar frecuentes visitas de mantenimiento mensuales, ya que se obtiene estos cambios constantes en la presión hidráulica de forma remota.

- **Ahorro en mantenimiento**

Normalmente EMAPA-I realiza chequeos de mantenimiento de 2 a 3 veces al año, dependiendo de la zona geográfica, esto se debe a que el uso de agua no es el mismo en todo el sector de Ibarra. Se estima que al instalar este sensor de presión se reduzca al mínimo la contratación de personal que realicen mantenimiento continuo gracias al conocimiento constante de la variación que se da en el lugar que este implementado este proyecto.

➤ **EGRESOS.**

- Inversión en materiales del proyecto
- Inversión inicial en volúmenes de obra.
- Sueldos
- Gastos movilidad entre otros.

Al final de esta sección se analizará la factibilidad del proyecto con el cálculo de los indicadores de rentabilidad VAN (Valor actual Neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

4.2 INVERSIÓN INICIAL Y COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos de implementación del sistema de control propuesto incluye los costos estimados de equipamiento y el sistema de monitoreo que son necesarios para la implementación y funcionamiento del sistema de propuesto, dando como resultado una cifra aproximada de la inversión del proyecto como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Costos de componentes electrónicos del módulo de adquisición de variables adquiridos en APM.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Arduino uno	2	34	68
Módulo GSM/GPRS	2	55	110
Sensor de Presión hidráulica	1	120	120
Regulador de voltaje LM317T	2	0,8	1,6
Regulador de voltaje LM7805	2	0,8	1,6
Conector DB9	1	0,7	0,7
Transformadores	3	6	18
Convertor de amperaje-voltaje RCV420	3	35	75
Elementos de soldadura		5	5
Elementos varios (resistencias, capacitores y diodos)		15	15
TOTAL (USD)		272,3	414,9

4.3 COSTOS DE INGENIERÍA E INSTALACIÓN

- **Mano de obra indirecta**

Los costos por el diseño del dispositivo son de 414,90 \$, ya que hay que tener en cuenta el valor de la hora de trabajo realizado, tanto la programación del microcontrolador como la configuración y desarrollo de las demás circuitos electrónicos del sensor de presión, y la cantidad de horas que se tomó para desarrollar el dispositivo; una vez determinado esto se puede obtener el valor de la ingeniería del proyecto.

Estos costos corresponden a los salarios que la empresa debe cancelar por motivo de la instalación y la ingeniería que se aplica, tanto en el diseño como en la configuración de los mismos., como se detalla en la Tabla13.

Tabla 13. Mano de obra indirecta. (Elaborado a partir de los costos estimados para el diseño

	DESCRIPCIÓN	Valor de la hora de trabajo	Cantidad en horas	VALOR TOTAL
INGENIERIA	Diseño del dispositivo	\$ 5,37	80	\$ 429,43
	SUBTOTAL			\$ 429,43
	Sistema de visualización de datos	\$ 5,37	1	\$ 5,37
INSTALACIÓN	Sistema de transmisión de datos	\$ 5,37	1	\$ 5,37
	sistema de recepción de datos	\$ 5,37	1	\$ 5,37
	Mantenimiento del sistema	\$ 5,37	2	\$10,74
	SUBTOTAL			\$ 26,84
	TOTAL DEL DISEÑO DE LA OBRA INDIRECTA			\$ 456,26

- **Mano de obra directa**

La mano indirecta incluye la operación del sistema y el constante mantenimiento que tendrá el mismo en caso de que algún componente electrónico requiera ser remplazado o según las necesidades presentadas, como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14. Mano de obra directa

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE HORAS DE TRABAJO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Operación del sistema anual	13	\$ 5,37	\$ 69,78
Mantenimiento del sistema anual	13	\$ 5,37	\$ 69,78
TOTAL DEL DISEÑO (MANO DE OBRA DIRECTA)			\$ 139,56

4.4 DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS

Según las tablas de depreciación del SRI se debe estimar el 33% de depreciación anual de los equipos tecnológicos. (SRI, 2016)

La depreciación se realiza para todos los dispositivos utilizados en el desarrollo del sistema a implementar, como se indica en la Tabla 15.

Tabla 15. Depreciación de equipos actuales

DEPRECIACIÓN	EQUIPO	PRECIO	TASA DE DEPRECIACIÓN	VALOR DEPRECIACIÓN
EQUIPOS ACTUALES	Sensor de presión hidráulica	120	33,00%	39,60
	2 módulos arduino	68	33,00%	22,44
	2 módulos GSM/GPRS	110	33,00%	36,30
	sistema de visualización	16	33,00%	5,28
VALOR TOTAL DE DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS POR AÑO				103,62

4.5 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Para el análisis de los costos de implementación se toma en cuenta la mano de obra directa, indirecta y los gastos de fabricación, como se indica en la Tabla 16.

Tabla 16. Análisis de costos de implementación

ANALISIS DE COSTOS	
	MANO DE OBRA INDIRECTA
Ingeniería	\$ 429,43
Instalación	\$ 37,47
Total de mano de obra indirecta	\$ 466,90
	GASTOS DE FABRICACION
Depreciación de equipos utilizados anualmente	\$ 103,62
	MANO DE OBRA DIRECTA
Operación del sistema anual	\$ 69,7815625
Mantenimiento del sistema anual	\$ 69,7815625
Total de mano de obra directa	\$ 139,563125
TOTAL	\$ 710,08

4.6 FLUJO DE CAJA

Son los ingresos y egresos que tiene una empresa al momento de instalar o poner en producción un servicio como se puede observar en la Tabla 17.

El ahorro tanto en mano de obra como en mantenimiento se pudo determinar un valor estimado al gasto mensual que la empresa tiene sin utilizar este dispositivo, por lo cual se estipula que el sistema detector de control de presiones ayude a minimizar a la mitad estos gastos, en un solo punto de la ciudad. (Rivadeneira G. , 2015)

Tabla 17. Flujo de caja

FLUJO DE CAJA						
Tasa de inflación	3%	Anual				
AÑO	0	1	2	3	4	5
ENTRADAS DE EFECTIVO						
Ahorro en mano de obra		500,00	515,00	530,45	546,36	562,75
Ahorro en mantenimiento		400,00	412,00	424,36	437,09	450,20
Total entradas	-	900,00	927,00	954,81	983,45	1.012,96
SALIDAS DE EFECTIVO						
Inversiones	881,80					
Mano de obra directa		139,56	140,59	141,62	142,65	143,68
Mano de obra indirecta						
Materiales						
Total salidas	881,80	139,56	140,59	141,62	142,65	143,68
Flujo neto	(881,80)	760,44	786,41	813,19	840,80	869,27
Flujo descontado	(881,80)	730,49	725,68	720,84	715,96	711,06

4.7 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Para conocer sobre la rentabilidad esperada del proyecto se analizan los siguientes indicadores para determinar su factibilidad:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Relación Beneficio Costo (B/C)
- Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

4.7.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Es la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos.

Para el cálculo de la rentabilidad del proyecto se ha considerado un periodo de 5 años con una tasa de interés de 4,10% según los datos estadísticas del Banco Central del Ecuador.

Calculo del VAN se lo obtiene de la ecuacion 19.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{Fn}{(1+i)^n} \right) \quad \text{Ecuación (20)}$$

Dónde se obtiene los datos de la Tabla 17:

I_0 = inversión inicial

F_n = Flujos netos

n = número de periodos considerados

i = tasa de interés

$$VAN = -881,80 + \frac{760,44}{(1+0,041)^1} + \frac{786,41}{(1+0,041)^2} + \frac{813,49}{(1+0,041)^3} + \frac{840,80}{(1+0,041)^4} + \frac{1.012,96}{(1+0,041)^5}$$

$$\mathbf{VAN= 2.839,78 \text{ USD}}$$

El cálculo del VAN se puede observar la rentabilidad del proyecto con un tiempo propuesto de 5 años, aquí podremos evidenciar si se pudo recuperar el monto invertido y si se obtiene alguna ganancia.

4.7.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Un proyecto es rentable cuando el TIR es mayor que la tasa de interés mínima vigente en el mercado.

Calculo del TIR se lo obtiene de la ecuacion 20.

$$-I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+r)^n} = 0$$

Ecuación (21)

Dónde se obtiene los datos de la Tabla 17:

I_0 = inversión inicial

F_n = Flujos netos

n = número de periodos considerados

r = tasa interna de retorno

$$\begin{aligned} \text{TIR} = & -881,80 + \frac{760,44}{(1+0,041)^1} + \frac{786,41}{(1+0,041)^2} + \frac{813,49}{(1+0,041)^3} + \frac{840,80}{(1+0,041)^4} \\ & + \frac{1.012,96}{(1+0,041)^5} \end{aligned}$$

TIR= 85,63%

Con esta fórmula se puede determinar si el proyecto es factible o no siempre que el TIR obtenido sea mayor que la tasa de 4,10% actual propuesta.

4.7.3 RELACIÓN BENEFICIO COSTO (B/C)

Determina la rentabilidad del proyecto en términos generales; el resultado expresa el dinero ganado en cada dólar que se invierte en el proyecto.

Calculo de la relacion costo beneficio obtenido de la ecuacion 21.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_1^n VANn}{I_0} \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{2.839,78}{881,80} = 3,22\text{USD}$$

4.7.4 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

Este período indica el tiempo necesario para recuperar el capital invertido; entre más corto sea el periodo más viable es el proyecto. Para determinar el PRI con mayor exactitud se escoge el flujo neto del año 1 donde aún no se cubre la inversión y se lo resta de la inversión.

Calculo del periodo de recuperacion PRI se lo detalla en la ecuacion 22.

$$Fn1 - I_0 = \quad \text{Ecuación (23)}$$

Se divide el valor no recuperado en el año 1 para el flujo neto del año 2 y se tiene:

$$\frac{121,36}{786,41} = 0.15$$

Este valor se lo suma al número de años a partir de la inversión que sería de un año.

$$\text{PRI} = 1 + 0.15$$

$$\text{Meses: } 12 * 0,15 = 1,8$$

Por lo tanto el PRI es $\dot{\text{c}} \text{ Días: } 30 \times 0,8 = 24$, es decir la inversión se recupera en aproximadamente 1 año y 2 meses.

4.8 BENEFICIOS

La institución cuenta con un gran beneficio ya que podrá minimizar los costos en el mantenimiento de red constante de las redes de agua potable, además de eso se podrá conocer un punto cercano a las posibles fallas ya sea antes o después de que estas se produzcan, alertando en niveles de presión para tomar acciones pertinentes, y así minimizar costos de materiales de remplazo por daños, además de minimizar en la contratación de personal para la realización de mantenimiento frecuente.

EMAPA-I además de otros ventajas tiene muchos beneficios sociales los cuales permiten que los operarios tengan mayor productividad en tareas asignadas, ya que la implementación del sistema de monitoreo presenta las siguientes ventajas.

- Se pueden hacer informes con los datos en tiempo real obtenidos en el instante que se produce la variación de presión.

- Evita el desperdicio de agua innecesario, ya que en el momento en que la presión disminuya, se sabe que algún problema en el sector ocurrió, tanto como la ruptura de una tubería o algún tipo de problema de obstrucción.
- Evita que los operarios acudan innecesariamente a cada tubería principal de la ciudad para llevar el registro diario de la presión y volumen hidráulico.
- Favorece a que las personas que hacen uso del agua en dichos sectores, no permanezcan mucho tiempo sin este recurso, gracias a la alerta en tiempo real, y la rápida reacción ante estos maliciosos eventos en las tuberías.

Mediante las tablas de costo y beneficio se pudo verificar que el proyecto si es factible, ya que mediante el cálculo del VAN y el TIR se pudo determinar los ingresos y las perdidas probables que pueda tener este diseño de dispositivo implementado, y el tiempo de retorno del presupuesto gastado en este, en un tiempo estipulado según la tabla del flujo de caja. Después de haber realizado todos estos cálculos pertinentes se pudo determinar que el periodo de recuperación del capital invertido es de 1 año y 2 meses, con lo cual se pudo determinar que los ingresos son mayores que los egresos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES:

- Existen sistemas de detección de fugas comerciales que pueden ser muy precisos para encontrar el lugar de la fuga, estos dispositivos son muy costosos, además de que se tiene que estar permanentemente extrayendo los datos desde el lugar donde se encuentra estos tipos de dispositivos; por este motivo viendo las necesidades de EMAPA-I se ha desarrollado este actual proyecto de tesis, el cual es muy beneficioso ya que es de mucho más bajo costo, y no requiere realizar una inspección visual, para extraer los datos en caso de detectarse fugas, ya que este sistema está constantemente censando y en caso de haber algún tipo de cambio en la presión, envía los datos hasta el lugar donde está el personal técnico, o a su vez se puede recibir estos por medio de mensaje de texto al celular del personal encargado del lugar.
- Se puede colocar un sensor por cada sector destinado, ya que en un aproximado de cada 4 cuadras se encuentra un válvula principal de flujo de agua en donde se puede realizar el control de presión.
- Se utilizó el sistema de comunicaciones GSM ya que es de una mayor accesibilidad a dispositivos con esta tecnología, y una mayor facilidad de manipulación, así como para poder transmitir datos necesitamos que no haya línea de vista y que tenga una buena calidad de señal, este es el estándar en telecomunicaciones móviles más extendido cobertura en Ibarra. Las operadoras celulares cuentan con una cobertura GSM en el

Ecuador de miles de dispositivos, siendo la tecnología con mayor presencia en el medio y por ende garantizando la cobertura para que el dispositivo diseñado funcione en las diferentes zonas de la ciudad de Ibarra.

- La función de este dispositivo es el de informar los cambios de estado de presión, sin necesidad de ir hasta el lugar de la red de tuberías para poder obtener los datos. Obteniendo toda esta información a través de mensajes de texto por medio de la tecnología GSM a cualquier lugar de la ciudad, para su posterior análisis e intervención en caso de que se requiera.
- Se estima que con este sistema el mayor de los beneficios sea el reducir un 50% los gastos en mano de obra correspondiente al mantenimiento de la red, minimizando el pago de contratistas que realizan los mantenimientos anuales en EMAPA.I.

5.2. RECOMENDACIONES:

- Al momento de la implementación del dispositivo electrónico diseñado, es recomendable tener en cuenta que en los pozos en donde se los va a instalar, no cuentan con fuentes de alimentación eléctrica; para esto se debe buscar métodos para poder alimentar a los dispositivos electrónicos, ya sean con baterías de litio, paneles solares, o en el mejor de los casos hacer un convenio entre la empresa eléctrica y EMAPA-I, para poder abastecer de corriente eléctrica a estas zonas donde se van a instalar los sistemas medidores de presión.
- Este sistema diseñado utiliza tecnología GSM, por ende utiliza una operadora específica de libre opción según conveniencia del beneficiario, ya que este sistema envía los datos a través de mensajes de texto; es recomendable tener un paquete ilimitado o mensual de mensajes, para que este dispositivo funcione correctamente en el envío de datos del sensor.
- Tratar de al momento de la implementación en los dispositivos electrónicos en el tablero industrial, agregar ventiladores para evitar posibles daños en los sistemas implementados.
- Buscar la manera o el lugar idóneo de ubicación del módulo GSM/GPRS, para que tenga buena recepción de señal, para que pueda enviar información correctamente.

GLOSARIO

- **Corrosión.-**
Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos
- **Explicita.-** Que expresa con claridad una cosa
- **INEN.-** Instituto Ecuatoriano de Normalización, encargado de formular las Normas Técnicas Ecuatorianas teniendo como concepto básico satisfacer las necesidades locales y facilitar el comercio nacional e internacional.
- **Polivinilo.-** Material sintético obtenido por polimerización del vinilo que se emplea en la fabricación de tejidos y como revestimiento en cables, tubos o mangueras.
- **Extruida.-** Proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.
- **Inmersión.-** Introducción completa de un cuerpo en un líquido.
- **Organolépticos.-** Descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos
- **Empírica.-** Que está basado en la experiencia y en la observación de los hechos.

- **Anaerobios.-** Son los organismos que no utilizan oxígeno (O_2) en su metabolismo, más exactamente que el aceptor final de electrones es otra sustancia diferente del oxígeno anacrónica.
- **Geófono.-** Los geófonos son transductores de desplazamiento, velocidad o aceleración que convierten el movimiento del suelo en una señal eléctrica. Casi todos los geófonos empleados para la prospección sísmica en la superficie terrestre son del tipo electromagnético.
- **Correladores.-** Son poderosos dispositivos electrónicos de localización de fugas en tuberías a presión, donde la ubicación aproximada de la fuga se desconoce y las distancias son relativamente altas.
- **Presión Manométrica.-** Diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica. Se aplica tan solo en aquellos casos en los que la presión es superior a la presión atmosférica, pues cuando esta cantidad es negativa se llama presión de vacío.
- **Densidad.-** Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
- **Tobera.-** Es un dispositivo que convierte la energía térmica y de presión de un fluido en energía cinética.
- **Obturador.-** El obturador es el dispositivo que controla el tiempo durante el que llega la luz al dispositivo fotosensible (película en la Fotografía química o sensor en la fotografía digital).

- **Turmalina.-** Turmalina es un mineral de la clase VIII (silicatos), según la clasificación de Strunz, grupo de los ciclosilicatos.
- **Strunz.-** La clasificación de Strunz es un sistema de clasificación, usado universalmente en mineralogía que se basa en la composición química de los minerales.
- **Resonantes.-** La resonancia eléctrica es un fenómeno que se produce en un circuito en el que existen elementos reactivos cuando es recorrido por una corriente alterna de una frecuencia tal que hace que la reactancia se anule, en caso de estar ambos en serie,
- **Oscilación.-** Se denomina **oscilación** a una variación, perturbación o fluctuación en el tiempo de un medio o sistema. Si el fenómeno se repite, se habla de oscilación periódica.
- **Capacitancia.-** Es la cantidad de carga eléctrica que debe agregarse a un conductor aislado para aumentar su potencial en un voltio, para así calcular la capacidad eléctrica mediante un condensador paralelo o plano
- **Microcontroladores.-** Es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.
- **RISC.-** Es un tipo de diseño de CPU generalmente utilizado en microprocesadores o microcontroladores con las siguientes características fundamentales:

- **Semidúplex.-** Se denomina semidúplex a un modo de intercambio de datos entre dos terminales, en la que la transmisión se lleva a cabo de manera alternativa. Esto es, mientras un terminal está transmitiendo el otro solo puede recibir y viceversa.
- **Dúplex.-** Sistema de telecomunicaciones que es capaz de enviar y recibir mensajes de forma simultánea.
- **Adyacente.-** Es un adjetivo utilizado para nombrar a lo que se ubica en las cercanías de algún objeto o cosa. Dícese que lo adyacente es lo que está al lado, lo contiguo o aledaño
- **Handover.-** Se denomina handover o traspaso al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente en una de las estaciones.
- **Pseudoaleatorios.-** Es un número generado en un proceso que parece producir números al azar, pero no lo hace realmente. Las secuencias de números pseudo-aleatorios no muestran ningún patrón o regularidad aparente desde un punto de vista estadístico, a pesar de haber sido generadas por un algoritmo completamente determinista, en el que las mismas condiciones iniciales producen siempre el mismo resultado.
- **Streaming.-** Es la distribución digital de multimedia a través de una red de computadoras, de manera que el usuario consume el producto (generalmente archivo de vídeo o audio) en paralelo mientras que se lo descarga.

- **Throughput.-** También es definido como la velocidad real de transporte de datos a través de una red telemática, el cual normalmente se mide en Mbit/s y siempre será inferior al ancho de banda
- **Interface.-** Es una conexión funcional entre dos sistemas o dispositivos de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles
- **Georadares.-** Radar de penetración de tierra, radar de penetración terrestre, radar de sondeo terrestre, o radar inferior, se utiliza para investigar o detectar objetos, estructuras, por debajo del nivel del suelo
- **Asbesto.-** Silicato cálcico magnésico que constituye una variedad impura del amianto; se presenta en forma de haces de fibras delgadas, duras y rígidas.
- **Latencia.-** Es la suma de retardos temporales dentro de una red. Un retardo es producido por la demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red.
- **Conmutación.-** Conmutación se considera como la acción de establecer una vía, un camino, de extremo a extremo entre dos puntos, un emisor (Tx) y un receptor (Rx) a través de nodos o equipos de transmisión. La conmutación permite la entrega de la señal desde el origen hasta el destino requerido.
- **Periférico.-** Periférico, aparatos y/o dispositivos auxiliares e independientes conectados a la unidad central de procesamiento de una computadora. Periférico de entrada, dispositivo utilizado para

proporcionar datos y señales de control a la unidad central de procesamiento de un computador.

- **Analógicos.-** Se aplica al aparato o instrumento de medición que representa las variaciones o cambios de cualquier fenómeno físico, como el sonido, el peso o la luz, mediante variaciones equivalentes o análogas de un indicador físico, como una aguja o una barra.
- **Viabilidad.-** Calidad de lo que es realizable
- **PSI.-** es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades. Unidad de medida hidrostática, significa libra fuerza por pulgada cuadrada 1 PSI equivale a 6894.76 Pascales.
- **MPA.-** Es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma.
- **PVC.-** Es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil. Se puede producir mediante cuatro procesos diferentes: suspensión, emulsión, masa y solución.
- **PCB.-** Es un producto químico ampliamente utilizado durante décadas para aislar y enfriar equipos eléctricos para uso industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

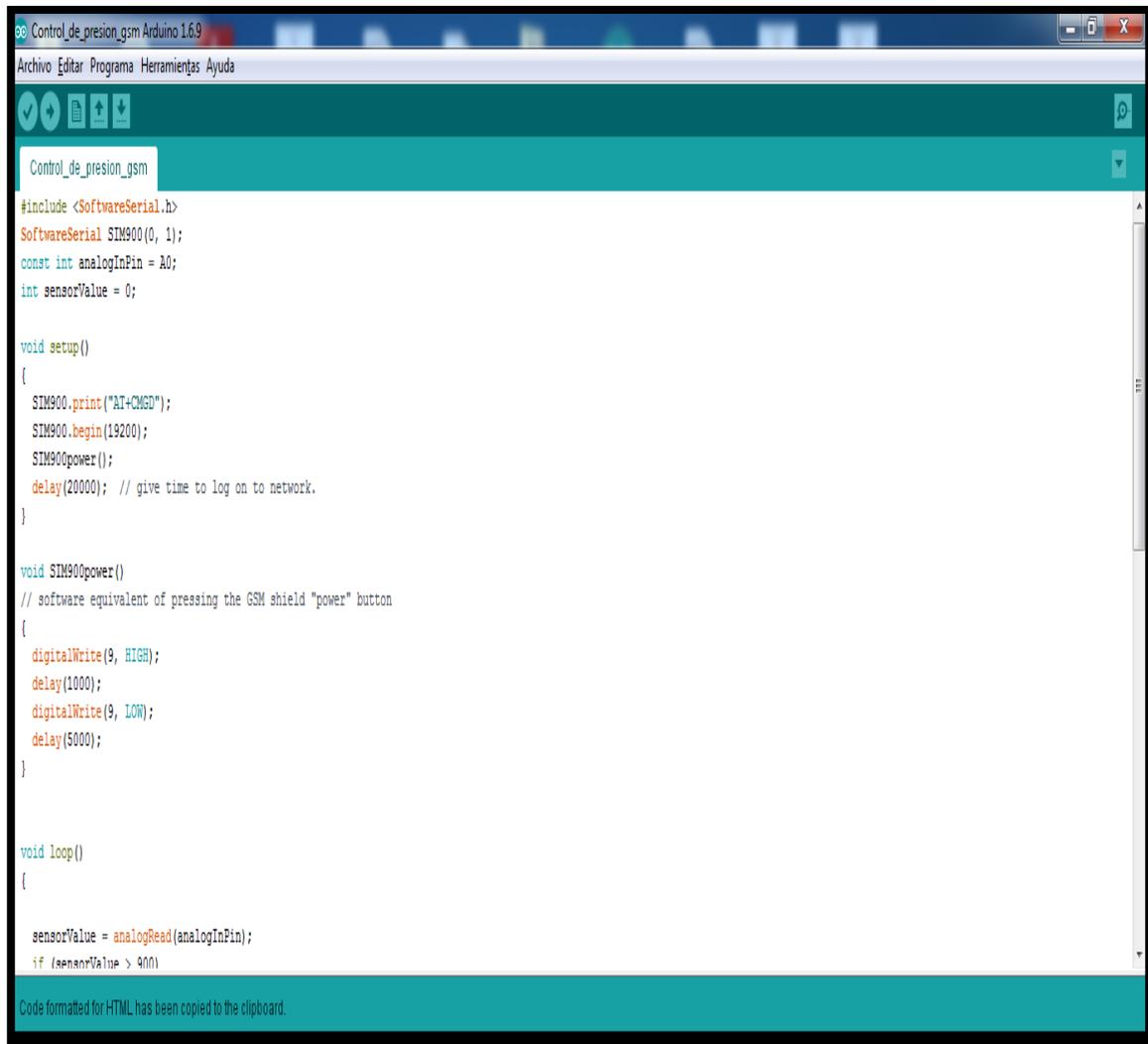
LIBROS, RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA Y TESIS

- EngineersGarage*. (2012). Obtenido de EngineersGarage:
<http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>
- SENSORES DE PRESION*. (22 de MAYO de 2015). Obtenido de http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/
- SRI*. (2016). Obtenido de <http://www.sri.gob.ec/web/guest/depreciacion-acelarada-de-activos-fijos>
- ARDUINO*. (2014). *ARDUINO GSM*. Recuperado el Octubre de 2015, de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- ATMEL*. (s.f.). *MICROCONTROLADORES--MEGA AVR*. Obtenido de <http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/megaavr.aspx>
- Carner, J. (Julio de 2011). *Instrumentos WIKA .S.A*. Obtenido de Instrumentos WIKA .S.A:
http://www.wika.us/upload/DS_PE8160_es_es_40571.pdf
- CarPross. (2009). *Car protection security systems*. Obtenido de GSM/GPS:
<http://www.carpross.com.mx/gps/tecnologiagsm.html>
- Cervantes, H. (2012). *DETECCIÓN DE FUGAS EN LA TUBERÍA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA*. San Pablo: Utn.
- Donate, P. P. (2014). *GPRS*.
- EMAAP-Q. (2010). *ESPECIFICACIONES TECNICAS DE AGUA POTABLE PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. QUITO.
- EMAPA-I. (2012). *DEPARTAMENTO DE AGUA NO CONTABILIZADA*. IBARRA.
- EMAPA-I. (2012). *Departamento de agua no contabilizada*. Ibarra.
- EMELNORTE. (OCTUBRE de 2016). *EMELNORTE*. Recuperado el OCTUBRE de 2016, de <http://www.emelnorte.com/eern/index.php/2016-07-05-15-24-49/catalogo-de-servicios/175-servicio-ocasional>
- ePIPE. (1990). *Problemas comunes en la instalación de tuberías*. Obtenido de <http://www.epipe.es/portfolio/problemas-comunes-en-las-instalaciones-de-tuberias/>
- GILES, R. V. (s.f.). *MECANICA DE FLUIDOS E HIDRAULICA*. MC.GRAWHIL.

- Hdz, D. (2013). *instrumentacion de control*. Obtenido de <http://planespecifico.blogspot.com/2011/07/instrumentos-para-medicion-de-presion.html#comment-form>
- Ingeniería, T. a. (2013). *Información Requerida para el Planteamiento de la Red de Distribución de Agua Potable*. Obtenido de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>
- IngenieríaCivil, T. a. (2013). *Información Requerida para el Planteamiento de la Red de Distribución de Agua Potable*. Obtenido de <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/red-de-distribucion-de-agua-potable-abierta-o-cerrada/>
- ISO 2531, N. I. (15 de 08 de 1998). *Tubos y accesorio de seccion ductil y sus empalmes para agua o gas*.
- LTD, H.-A. (15 de ENERO de 2015). *CONTROL DE PRESION*. Obtenido de <http://www.hwm-water.com/water-management-products/palmer-environmental-products/pressure-control/>
- Martinez, O. (2012). *Tecnologias de transmision Inalambricas*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos75/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs2.shtml>
- Micro, P. (OCTUBRE de 2014). *ELECTRONICA ESTUDIO, COM*. Recuperado el 15 de OCTUBRE de 2015, de <http://www.electronicaestudio.com/index.htm>
- Nieto, A. (2013). Manometro. *CERO grados celsius*.
- PCE. (2015). *SISTEMA DE VISUALIZACION*. Obtenido de <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sistemas-visualizacion.htm>
- Rivadeneira, D. (20 de Octubre de 2015). Tecnico. (J. Hierro, Entrevistador)
- Rivadeneira, G. (18 de 10 de 2015). EMAPA-I. (J. Hierro, Entrevistador)
- ROBLES, J. (14 de Junio 2007). *ESTUDIO DE SECTORIZACION Y REDUCCION DE AGUA NO CONTABILIZADA - FASE 1*. IBARRA.
- ROBLES, J. (2008). *ESTUDIO DE SECTORIZACION Y REDUCCION DE AGUA NO CONTABILIZADA - FASE 3*. IBARRA.
- Rodriguez, G. (5 de Marzo de 2007). *Sistemas AMPS*. Obtenido de Sistemas AMPS: http://www.spw.cl/05mar07_mobile/Material_moviles/amps.pdf
- Sánchez, J. E. (Marzo de 2003). *CIRCUITOS INTEGRADOS FRECUENTEMENTE*. Obtenido de <http://edii.uclm.es/~carrion/automatismos/descarga/Circuitos%20integrados%20frecuentemente%20utilizados%20en%20instrumentacion.pdf>

- SerLo, G. (2014). *DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS DE AGUA*. Obtenido de <http://www.localizadorfugasagua.es/grupo-serlo.php>
- SMAR. (28 de 09 de 2012). *MEDICIÓN DE PRESIÓN: Características y Tecnologías*. Obtenido de <http://www.smar.com/espanol/articulo-tecnico/medicion-de-presion-caracteristicas-tecnologias-y-tendencias>
- SubSurface. (2013). *CÓMO DETECTAR UNA FUGA DE AGUA*. Obtenido de <http://www.subsurfaceleak.com/>
- TELECO. (2013). *Arquitecturas Inalambricas*.
- Udlap, C. (2010). *Estructura CDMA*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf

ANEXOS 1 PROGRAMA DEL MODULO ARDUINO DE LA ESTACION DE TRANSMISION



The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Control_de_presion_gsm Arduino 1.6.9". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for running, uploading, and saving. The code editor displays the following code:

```
Control_de_presion_gsm

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(0, 1);
const int analogInPin = A0;
int sensorValue = 0;

void setup()
{
  SIM900.print("AT+CMGD");
  SIM900.begin(19200);
  SIM900power();
  delay(20000); // give time to log on to network.
}

void SIM900power()
// software equivalent of pressing the GSM shield "power" button
{
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(9, LOW);
  delay(5000);
}

void loop()
{
  sensorValue = analogRead(analogInPin);
  if (sensorValue > 900)
```

At the bottom of the IDE, a status bar indicates: "Code formatted for HTML has been copied to the clipboard."

```

Control_de_presion_gsm Arduino 1.6.9
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Control_de_presion_gsm

sensorValue = analogRead(analogInPin);
if (sensorValue > 900)
{
SIM900.print("AT+CMGF=1\r");           // AT command to send SMS message
delay(100);
SIM900.println("AT + CMGS = \"+593995339626\""); // recipient's mobile number, in international format
delay(100);
SIM900.println("a"); // message to send
delay(100);
SIM900.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
delay(100);
SIM900.println();
delay(10000); // give module time to send SMS
SIM900.power(); // turn off module
//do {} while (1);
SIM900.print("AT+CMGD");
}
if (sensorValue < 200)
{
SIM900.print("AT+CMGF=1\r");           // AT command to send SMS message
delay(100);
SIM900.println("AT + CMGS = \"+593995339626\""); // recipient's mobile number, in international format
delay(100);
SIM900.println("b"); // message to send
delay(100);
SIM900.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
delay(100);
}

Code formatted for HTML has been copied to the clipboard.

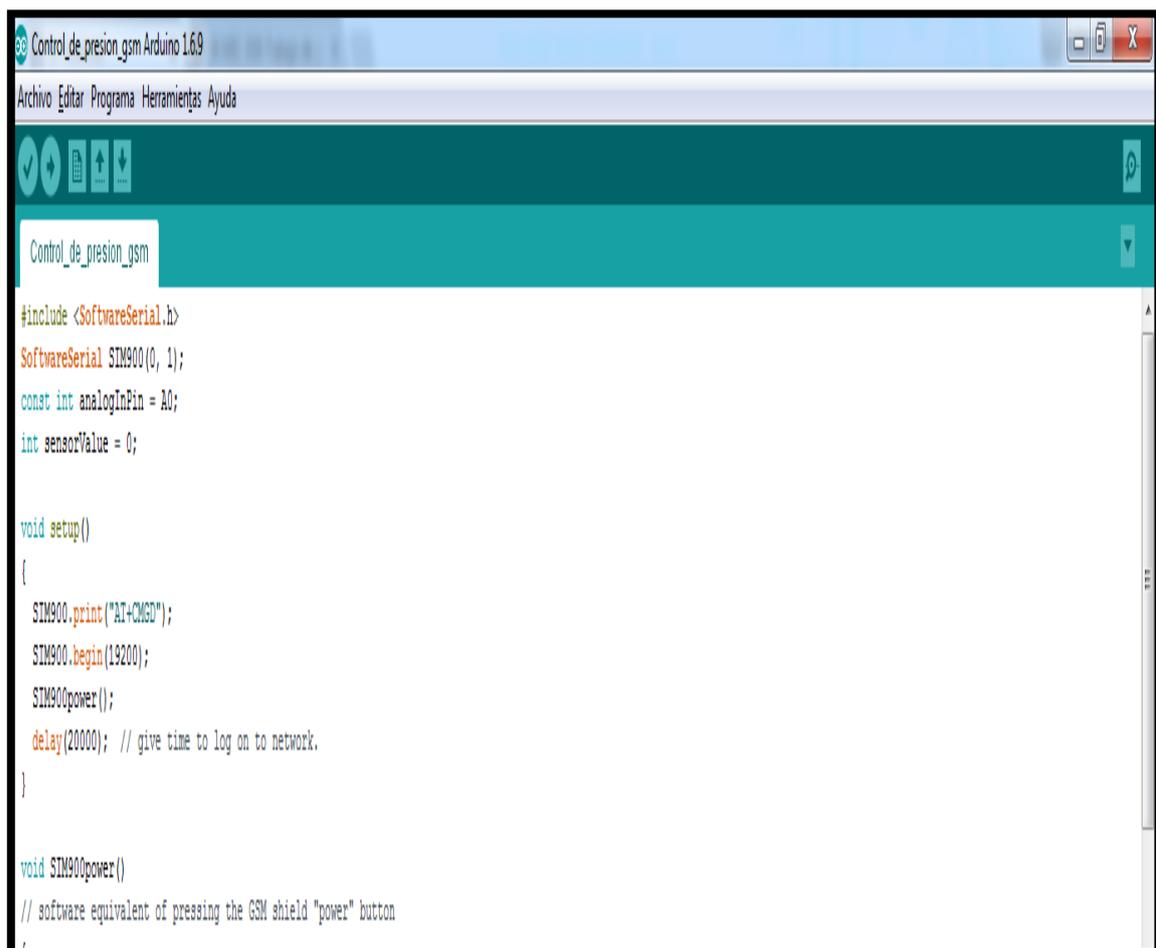
```

```

// End AT command with a ^Z, ASCII code 26
delay(100);
SIM900.println();
delay(10000); // give module time to send SMS
SIM900.power(); // turn off module
SIM900.print("AT+CMGD");
// do {} while (1);
}
}

```

ANEXOS 2 PROGRAMA DEL MODULO ARDUINO DE LA ESTACION DE RECEPCION



The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Control_de_presion_gsm Arduino 1.6.9". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for saving, opening, and running. The file name "Control_de_presion_gsm" is displayed in the editor's title bar. The code in the editor is as follows:

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900(0, 1);
const int analogInPin = A0;
int sensorValue = 0;

void setup()
{
  SIM900.print("AT+CMGD");
  SIM900.begin(19200);
  SIM900power();
  delay(20000); // give time to log on to network.
}

void SIM900power()
// software equivalent of pressing the GSM shield "power" button
,
```

```

Control_de_presion_gsm Arduino 1.6.9
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Control_de_presion_gsm

sensorValue = analogRead(analogInPin);
if (sensorValue > 900)
{
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // AT command to send SMS message
  delay(100);
  SIM900.println("AT + CMGS = \"+593995339626\""); // recipient's mobile number, in international format
  delay(100);
  SIM900.println("a"); // message to send
  delay(100);
  SIM900.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
  delay(100);
  SIM900.println();
  delay(10000); // give module time to send SMS
  SIM900.power(); // turn off module
  //do {} while (1);
  SIM900.print("AT+CMGD");
}
if (sensorValue < 200)
{
  SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // AT command to send SMS message
  delay(100);
  SIM900.println("AT + CMGS = \"+593995339626\""); // recipient's mobile number, in international format
  delay(100);
  SIM900.println("b"); // message to send
  delay(100);
  SIM900.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
  delay(100);
}

```

```

Control_de_presion_gsm Arduino 1.6.9
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Control_de_presion_gsm

// End AT command with a ^Z, ASCII code 26
delay(100);
SIM900.println();
delay(10000); // give module time to send SMS
SIM900.power(); // turn off module
SIM900.print("AT+CMGD");
// do {} while (1);
}
}

```

ANEXOS 3 DATASHEET DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

Main data:

Measurement Range: 0 to 100 KPa, to 60 MPa
 Pressure Form: Gauge pressure or absolute pressure
 Accuracy 0.5 % F. S. And 0.2 % F. S.
 (including linearity, repeatability and hysteresis)
 Compensation Temperature: 0 to 70
 Operating Temperature: -40 to 125
 Allowed Overpressure: 1.5 times Full Scale
 Long Term Stability: <0.1% F. S. /year
 Response Time: 10 ms
 Output Signal 4 to 20 mA (two-wire type) or 0-5 DC(three-wire type)
 Power supply: 24 VDC
 Pressure Connection: M24 x 1.5 or by request



Features:

1. Firm ceramic sensing element;
2. Laser calibration of zero point, full range;
3. Prominent anticorrosion, antifraying performance;
4. Shock resistance and vibration resistance;
5. High accuracy, high stability;
6. Wide operating temperature range.

Typical Application:

1. Process control;
2. Environment engineering;
3. Hydraulic pressure and gas operated device;
4. Serve-value and transmission;
5. Chemicals and chemical industry;

ANEXOS 4 PRUEBAS DE LOS ESTADOS DE PRESION



ANEXOS 5 PRUEBAS DEL SISTEMA DE MEDIDOR DE PRESION