

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO REMOTO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL UTILIZANDO TECNOLOGÍA GSM.”

Diego Javier Reinoso Chisaguano, Ing.

Juan Carlos Estrada Jiménez, Ing.

Soraya Sinche Maita, MSc.

Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

El proyecto desarrolla un sistema que permite monitorear gases de contaminación atmosférica a través de un prototipo que realiza mediciones de forma automática. El prototipo utiliza un sistema microprocesado para adquirir los datos de sensores de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), temperatura y humedad. Los datos adquiridos son enviados en forma de SMS, a través de un teléfono celular, a una aplicación de monitoreo. Esta aplicación recibe los datos, los almacena y permite visualizarlos en forma de gráficas o reportes. Finalmente, una vez implementado el prototipo, se realizan las pruebas de funcionamiento del mismo.

ABSTRACT

The project develops a system that allows monitoring of air pollution gases through a prototype that performs measurements automatically. The prototype system uses a microprocessor to acquire data from carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), temperature and humidity sensors. The acquired data are sent to the cellular network via SMSs to a monitoring application. The application stores the data and presents them in graphical form and reports.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 GSM

GSM es un estándar utilizado mundialmente con el nombre de Sistema Global de Comunicaciones Móviles. [1]

Los servicios de datos presentan una tasa de hasta 14.4 kbps [2]. Posee servicios adicionales como FAX, servicio de mensajería corta, desvío de llamadas, prohibición de llamadas, llamada en espera, identificadores de número, informe de costos, *roaming*, entre otros.

1.1.1 ARQUITECTURA DE LA RED GSM

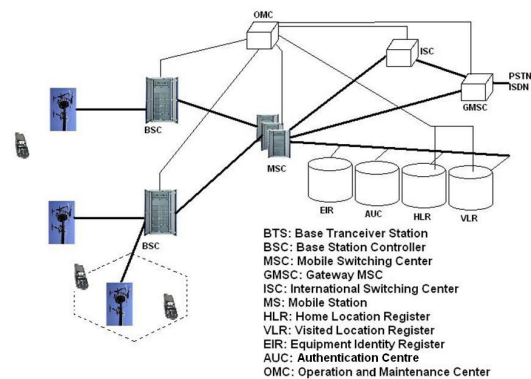


Figura 1: Arquitectura de la red GSM [3]

Estación Móvil (MS): es el terminal de usuario que se comunica a través del interfaz aire.

Subsistema de estación base (BSS): compuesto por dos partes, la *Base Transceiver Station (BTS)* y la *Base Station Controller (BSC)*.

Network Switching Subsystem (NSS): parte de una red GSM que conmuta y establece una llamada entre dos terminales. Está compuesta por la MSC (*Mobile Switching Center*), HLR (*Home Location Register*), VLR (*Visitor Location Register*), GMSC (*Gateway Mobile Switching Center*)

Subsistema de operación y mantenimiento (OMSS): compuesto del OMC (*Operation and Maintenance Center*), NMC (*Network Management Center*), AuC (*Authentication Center*) y el EIR (*Equipment Identity Register*).

1.2 SMS (SHORT MESSAGE SERVICE)

Permite el intercambio de mensajes de texto que pueden incluir letras, números y otros caracteres a través de la red GSM. Cada mensaje puede tener hasta 160 caracteres cuando se usa el alfabeto latino, y 70 caracteres si se usa otro alfabeto como el árabe o el chino [4].

La estructura básica de la red para soporte de SMS está compuesta de:

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

SME (Short Messaging Entity): dispositivo capaz de enviar y recibir mensajes cortos en formato SMS.

MSC (Mobile Switching Center): Realiza funciones de conmutación. Recibe y transfiere los SMS, además puede suministrar información sobre errores en la transferencia de los mensajes de texto.

SMSC (Short Message Service Center): responsable de garantizar la entrega de los mensajes de texto a través de la red. Puede ser parte integrante del MSC o una entidad de red independiente.

SMS-GMSC(SMS Gateway Mobile Switching Center): es capaz de recibir SMSs desde un SMSC. El SMS-GMSC interroga al HLR sobre la información de encaminamiento, localiza la MSC actual del receptor y le entrega el SMS para ser enviado al SME destino.

SMS-IWMSC(SMS inter-working Gateway Mobile Switching Center): Es capaz de recibir un mensaje corto de la red móvil y enviarlo hacia el SMSC apropiado. El SMS-GMSC y SMS-IWMSC están normalmente integrados en el SMSC.

1.2.1 TIPOS DE SMS

Los SMS pueden clasificarse según el número de destinatarios en: mensajes punto a punto y punto multipunto. [5]

Punto a punto: el destinatario es único y se pueden clasificar según la dirección de envío en: *Mobile Originated* y *Mobile Terminated*.

Punto multipunto: el mensaje es enviado a un conjunto de usuarios. A este tipo corresponde *Cell broadcast*.

1.2.2 APLICACIONES

Las principales aplicaciones basadas en SMS son: Mensajes de persona a persona, Alertas de E-mail, Servicios de notificación, Servicios de información, Servicios de localización, Supervisión Remota, Comercio electrónico.

1.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Es la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones; tales que sean nocivos para la salud de la población, vida vegetal y animal.

1.3.1 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Consiste en la presencia en la atmósfera de sustancias producidas por actividades humanas o procesos naturales que causan efectos adversos al hombre y medio ambiente.

Los contaminantes atmosféricos más frecuentes y ampliamente dispersos son: el monóxido de carbono, el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, el ozono, el dióxido de carbono o las partículas en suspensión.

Las fuentes de contaminación del aire son las que emiten los gases y partículas contaminantes a la atmósfera. Las fuentes de contaminación se pueden clasificar en móviles y estacionarias.

1.3.1.1 Principales gases contaminantes

Los gases más comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos son:

Monóxido de Carbono(CO): es un gas no irritante, incoloro, inodoro, insípido y tóxico, que se produce por la combustión de materia orgánica como la madera, el carbón o el petróleo, en una atmósfera con insuficiencia de oxígeno;

NIVEL (ppm)	EFECTO FISIOLÓGICO
200 por 3 horas ó 600 por 1 hora	Dolor de cabeza
500 por 1 hora ó 1 000 por 30 minutos	Mareos, zumbido de oídos, náuseas, palpitaciones, embotamiento
1500 por una hora	Sumamente peligroso para la vida
4 000	Colapso, inconsciencia, muerte

Tabla 1: Nivel de CO respecto al efecto físico

Dióxido de Carbono(CO₂): constituye el enlace indispensable que une al Sol con la Tierra, que permite que la energía luminosa se incorpore a los sistemas vivientes. A partir de la energía solar y con la intervención de moléculas como la clorofila y el agua participa en el proceso de la fotosíntesis en las plantas.

Óxidos de Azufre: El SO₂, dentro del conjunto de los gases SO_x, se produce, principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre y durante ciertos procesos industriales como en la producción de acero.

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Óxidos de Nitrógeno: El NO₂ puede irritar los pulmones y predispone al organismo para contraer diferentes infecciones respiratorias, como gripe e influenza.

Puede permanecer en el medio hasta 3 años.

1.3.1.2 Medición de gases de contaminación ambiental

La medición de gases contaminantes consiste en la determinación de la concentración de cada uno de ellos en la atmósfera. La concentración consiste en la cantidad de un elemento o compuesto por unidad de volumen. Para expresar concentraciones en gases se utilizan las unidades ppm (partes por millón) y ug/m³.

La equivalencia entre ppm y ug/m³ es la siguiente:

$$V = \frac{nRT}{P} \quad (\text{Ec. 1})$$

V: Volumen de un gas

n: número de moles

R: constante de Reynolds(0.0821.atm°K.mol)

P: presión atmosférica

$$\frac{ug}{m^3} = \frac{ppm * PM * 10^3}{V} \quad (\text{Ec. 2})$$

ug/m³: Equivalencia entre ug/m³ y ppm

M: peso molecular

V: volumen

1.3.1.3 Métodos para la medición de gases

Existen algunos métodos de medición de gases de contaminación ambiental siendo los más comunes los métodos activos, pasivos y continuos.

Los métodos pasivos dejan acumular los contaminantes durante un cierto período y luego determinan la contaminación promedio durante dicho período. Los métodos activos se caracterizan por la succión de aire a través de una bomba de flujo constante por un período de tiempo. Los métodos continuos permiten mediciones de forma programable que puede variar desde minutos hasta horas.

2. DISEÑO DEL PROTOTIPO

2.1 MICROCONTROLADOR

El microcontrolador que se utiliza es el ATMEGA-16 parte de la familia AVR de Atmel.

2.2 TERMINAL DE COMUNICACIÓN GSM

El Terminal que se utiliza es un teléfono SonyEricsson modelo T290a. Tiene un puerto de comunicaciones que está comprendido de 11

pinos. Los más importantes son: transmisión (5), recepción (4), de carga de batería (11) y tierra digital (10).



Figura 2: Pines T290a [6]

2.2.1 COMANDOS AT

Los comandos AT son cadenas de caracteres ASCII que comienzan con AT y terminan con un retorno de carro (ASCII 13).

2.3 SENSORES

2.3.1 SENSOR DE CO

Para la medición de monóxido de carbono se seleccionó al sensor MQ-7. Es un sensor intercambiable, con un tiempo de respuesta menor a 150 segundos. Se lo puede encontrar fácilmente en el mercado estadounidense. Es estable y posee una durabilidad de hasta 5 años.

2.3.2 SENSOR DE CO₂

Para la medición de dióxido de carbono se eligió el sensor MG811 debido a que está disponible por importación, y posee un tiempo de respuesta menor a 60 segundos. Es muy utilizado en aplicaciones de medición de calidad del aire, alarmas, entre otros. Es pequeño y fácilmente incorporable.



Figura 3: Sensor de CO₂

2.3.3 SENSOR DE HUMEDAD HS1101

Es un sensor tipo capacitivo. Su construcción se basa en una célula capacitiva para aplicaciones de bajo costo, alta fiabilidad, largo tiempo de estabilidad, tiempo de respuesta rápido, es fácilmente intercambiable, entre otras.

2.3.4 SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20

El dispositivo DS18B20 es un sensor digital de temperatura construido por la DALLAS Semiconductor. Este sensor utiliza el protocolo 1-Wire propietario de la misma empresa. Se tiene la posibilidad de conectar varios de estos dispositivos a un solo pin de un microcontrolador mediante la modalidad maestro-esclavo.

2.4 BLOQUES DEL SISTEMA

2.4.1 BLOQUE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Los sensores seleccionados de CO, CO₂, y humedad poseen señales analógicas por lo que se

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

utilizan los conversores analógico-digitales de 10 bits que posee el ATMEGA16. Es importante utilizar la resolución completa del microcontrolador por lo que se debe realizar un proceso de acoplamiento de acuerdo a la naturaleza de cada sensor.

2.4.1.1 Acoplamiento del sensor de Monóxido de Carbono(CO)

El sensor necesita una señal de voltaje para el calentamiento de sus componentes. Esta debe ser periódica, manteniéndose 60 segundos en 5V y 90 segundos en 1.4V. Con este fin se debe utilizar un circuito que genere la señal de calentamiento mediante el uso del microcontrolador.

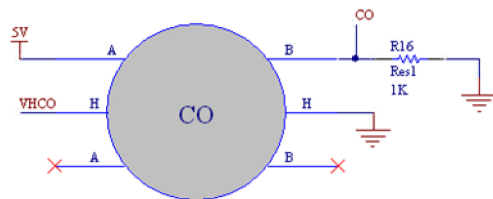


Figura 4: Diagrama de conexión

2.4.1.2 Acoplamiento del sensor de Dióxido de Carbono(CO₂)

Según las especificaciones del fabricante se debe utilizar un amplificador operacional de alta impedancia para que la medición del sensor sea la correcta. La señal de salida variará de 420mV a 360mV por lo que será necesario un proceso de tratamiento de la señal para utilizar toda la resolución de conversor AD.

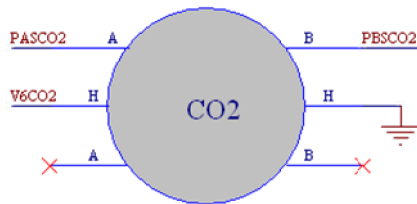


Figura 5: Circuito de calentamiento

Se utilizan dos amplificadores operacionales. El primero es un AD620 que se utilizará como amplificador diferencial tomando la señal de los pines de salida del sensor. De esta forma se logrará amplificar la señal y referirla a tierra. El segundo amplificador es un AD822. Se utilizará para amplificar la señal resultante del AD620 en un rango de 0 a 5V.

2.4.1.3 Acoplamiento del sensor de Humedad HS1101

Al ser éste un sensor capacitivo el fabricante propone un circuito que genera una frecuencia en respuesta a una capacitancia. Por lo que a

diferentes humedades emitirá frecuencias diferentes.

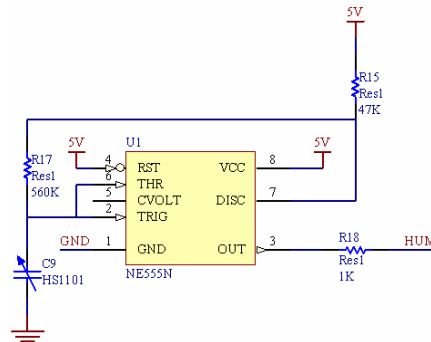


Figura 6: Circuito de conexión

$$F = \frac{1.44}{C * (R15 + 2 * R17)} \quad (\text{Ec. 3})$$

F: Frecuencia para el sensor de humedad

2.4.1.4 Cámara de adquisición de muestra

El tiempo de respuesta de los sensores determina la necesidad de mantener la muestra constante hasta que los valores sean tomados por los mismos.

Se utilizará una pequeña cámara para la retención del aire. Es necesario que cada cierto intervalo de tiempo la muestra cambie por lo que se necesita de una compuerta móvil y de un ventilador. Por este motivo se utilizará un motor a pasos que permita abrir y cerrar la compuerta. Cuando esta esté abierta el ventilador se encenderá durante un intervalo de tiempo para cambiar la muestra.

2.4.2 BLOQUE DE ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DATOS

La información generada por el bloque anterior será enviada a través de mensajes de texto utilizando el dispositivo celular. Este bloque permite el control del teléfono por medio del microcontrolador.

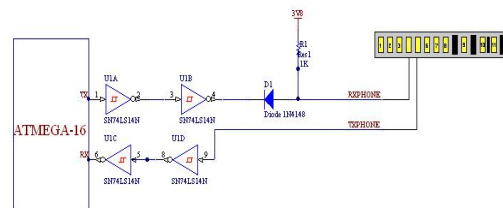


Figura 7: Circuito para comunicación con el teléfono

2.4.3 BLOQUE DE APLICACIÓN

Éste bloque se encarga de varias funciones, como la de configuración y manejo del teléfono de la estación central. Al igual que el bloque anterior

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

éste emplea comandos AT como protocolo de comunicación, pero en este caso, con el teléfono de la estación central. Éste recibe datos de medición de los sensores del punto remoto.

Este bloque esta compuesto por varios elementos: un PC, software de aplicación, un teléfono celular, y un cable de enlace entre el PC y el teléfono. Se utiliza el paquete de desarrollo *Visual Basic* de *Visual Studio 2005* para la aplicación.

2.4.3.1 Software para la aplicación

El software debe permitir el almacenamiento de los datos que se reciben desde el punto remoto de tal forma que permita la clasificación y presentación de la información. A su vez éste configurará al teléfono para recibir y enviar datos sin problemas.

2.5 PARÁMETROS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Los principales parámetros que influyen dentro del funcionamiento del sistema son: intervalo de muestreo, tipos de tramas a utilizarse, y consideraciones de funcionamiento *outdoor*.

2.5.1 INTERVALO DE MUESTREO

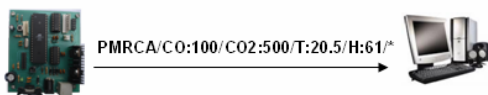
El plan de mensajes ilimitados que ofrecen las operadoras celulares consiste de 5000 mensajes escritos en un período de un mes; por lo que al hacer un cálculo se podría utilizar hasta 166 mensajes por día. Además hay que tomar en cuenta la recomendación del fabricante del sensor de CO de mantener una muestra constante durante tres ciclos (7,5 minutos) para alcanzar estabilidad en la medición.

Basándose en estos dos factores se determina como período mínimo de muestreo 7,5 minutos en el intervalo de horas pico de tráfico vehicular (6h00-20h00) y 4 muestras por hora en el intervalo nocturno (21h00-5h00).

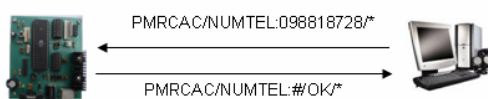
2.5.2 TIPOS DE TRAMAS DE TRABAJO

Las tramas que utilizará el prototipo para comunicarse son:

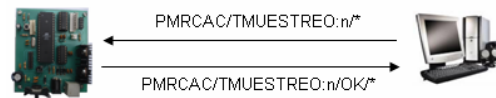
Trama de datos:



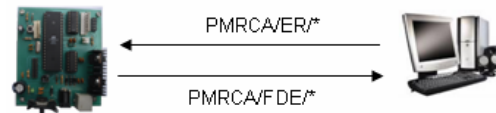
Configuración de número de teléfono:



Configuración de tiempo de muestreo



Falla de energía:



3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

3.1 SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR

El *software* del microcontrolador realizará las siguientes funciones:

3.1.1 VERIFICACIÓN DEL RELOJ

Se debe verificar la hora interna del teléfono. Luego, el programa pregunta si la hora obtenida del reloj está entre las 6 y 20 horas. Se toma mayor cantidad de muestras de aire entre las 6 y 20 horas. En el período de las 21:00 hasta las 6:00 el intervalo por defecto es de 15 minutos entre muestras.

3.1.2 VERIFICACIÓN DE ENERGÍA

Si el teléfono se encuentra en estado de carga, el programa continúa sin ningún problema. En caso de que esto no ocurra el dispositivo espera 10 minutos y envía un mensaje de falla de energía. Diez minutos después el microcontrolador vuelve a preguntarle al teléfono si hay energía. Si ha sido restablecido el suministro eléctrico, el dispositivo continúa con su trabajo.

3.1.3 CONFIGURACIÓN INICIAL

Permite el uso de comandos AT del dispositivo celular, para comunicarse con el microcontrolador. Los comandos ejecutados son:

AT&F: Permite regresar a la configuración de fábrica del teléfono. Todo tipo de configuración previa será borrada.

ATE=0: Permite configurar al teléfono para que no emita eco de la información que se le envía.

ATS4=13: Define el comando a ser utilizado como caracter de fin de línea.

AT+CPMS="me": Utilizado para especificar al dispositivo celular que guarde los mensajes *SMS* en la memoria del teléfono.

AT+CMGF=1: Permite cambiar del formato PDU al formato *TEXTO*.

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

AT+CNMI=2,1,0,0,0: Configura al teléfono para que emita información el momento en que llegue un mensaje SMS al dispositivo celular.

3.1.4 LAZO DE FIN DE CARRERA

En el momento de un reseteo o falla de energía no se puede saber en que lugar se encuentra la tapa del contenedor, por lo que es necesario, un lazo de fin de carrera para regresar la tapa a la posición inicial (embase cerrado).

3.1.5 ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MUESTRA

Corresponde al proceso en donde se obtienen los datos de los sensores. A continuación se explica cada una de las subrutinas.

3.1.5.1 Sensor de CO

Primero se convierte el equivalente decimal de la lectura a voltaje. Con este valor se calcula la relación R_S/R_0 que es necesaria para determinar el equivalente en ppm.

La ecuación para determinar el nivel de CO es:

$$x = 10^{\frac{\log(17.5) - \log(y)}{0.63}} \quad (\text{Ec. 4})$$

y: relación R_S/R_0

x: concentración de CO expresada en ppm

3.1.5.2 Sensor de CO₂

Primero se convierte el equivalente decimal de la lectura a voltaje para realizar el cálculo del nivel de ppm de CO₂.

Las ecuaciones para determinar el nivel de CO₂ son:

Para: $400 \text{ ppm} < x_1 < 1000 \text{ ppm}$

$$x_1 = 10^{\frac{454 - y_1}{50.2588}} \quad (\text{Ec. 5})$$

Para: $1000 \text{ ppm} < x_1 < 10000 \text{ ppm}$

$$x_2 = 10^{\frac{418 - y_2}{38.5}}$$

y: voltaje de salida del sensor en mV

x: concentración de CO₂ expresada en ppm

3.1.5.3 Sensor de Humedad

El sensor de humedad es de naturaleza capacitiva. Se utiliza un circuito integrado 555 que genera una frecuencia en función de la capacitancia del sensor.

La frecuencia generada por el 555 debido a la capacitancia del sensor es la siguiente:

$$F_{\text{Señal}} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) * C} \quad (\text{Ec. 6})$$

R_A, R_B : Resistencias del Circuito Astable.

C: Capacitancia del circuito Astable.

Las ecuaciones para determinar la humedad son:

$$C(pF) < 186.25 pF \quad \%RH = \frac{(C - 163.5)pF}{0.325}$$

$$C(pF) > 195 pF \quad \%RH = \frac{(C - 138.75)pF}{0.625}$$

$$186.25 \leq C(pF) \leq 195 pF \quad \%RH = \frac{(C - 155.62)pF}{0.4375}$$

%RH: Humedad Relativa

C:Capacitancia

3.1.5.4 Sensor de Temperatura

El proceso de conversión de datos consiste en el envío de un código de inicio de secuencia. Luego se envía un comando de salto de la lectura de ROM y el comando de conversión desde el microcontrolador con el objetivo de que el sensor obtenga la medida de la temperatura. Luego se lee el dato de temperatura desde el sensor.

El dato obtenido en el proceso de lectura se multiplica por un factor especificado por el fabricante. En este caso se eligió la resolución por defecto del sensor (12 bits). El factor de multiplicación será de 0.0625.

3.2 SOFTWARE PARA EL PROGRAMA DE APLICACIÓN

La aplicación se utiliza en la recolección de los datos que se envíen de la estación remota. Este software consta de una interfaz gráfica que permite la configuración del teléfono de la estación central, la recolección de datos, la manipulación, representación y almacenamiento de la información.

Los datos son guardados en una base de datos. Además posee un servicio de Windows el que permite, sin la necesidad de tener abierta la aplicación, se pueda iniciar la recolección de datos.

3.2.1 INTERFAZ GRÁFICA

La interfaz gráfica está compuesta de seis formularios:

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

- Formulario de Presentación
- Formulario de comprobación de usuario
- Formulario Principal
- Formulario de Filtrado de Registros
- Formulario de Reportes
- Formulario de Presentación de las Gráficas

3.2.2 SERVICIO DE WINDOWS

El servicio de Windows para el sistema operativo permite que los mensajes del teléfono sean descargados sin necesidad de que la interfaz gráfica esté abierta.

3.3 CONSTRUCCIÓN

El circuito impreso del prototipo está dividido en dos placas para tener mayor facilidad en la colocación de las partes dentro de la caja del prototipo. Los diagramas esquemáticos y circuitales se realizaron utilizando la herramienta DXP 2004.

Diagramas esquemáticos

En la placa No. 1, presentada en la figura 3.24, se encuentra el microcontrolador, la circuitería para alimentación, los circuitos para la comunicación

Elementos y Materiales	280,795
Diseño y desarrollo	6000
TOTAL	\$6280,795

con el teléfono, y los conectores para: el LCD, el manejo de la cámara de admisión, el ventilador, el teléfono y para la alimentación. En la placa No. 2, presentada en la figura 3.25, se encuentran los sensores y la circuitería para adecuación de las señales que provienen de ellos.

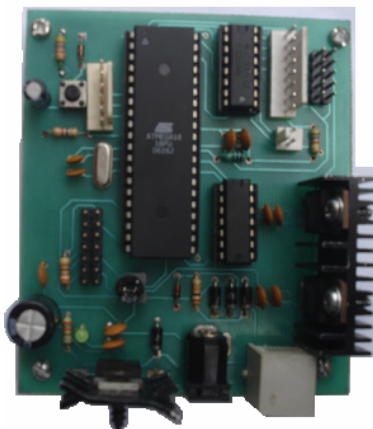


Figura 8: Placa No. 1

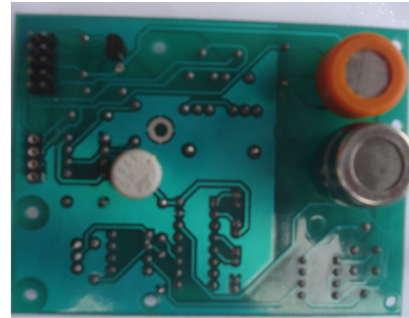


Figura 9: Placa No. 2

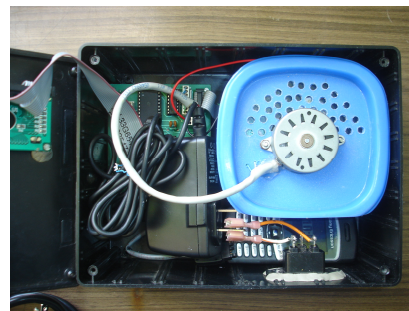


Figura 10: Montaje final del prototipo

Los costos totales del diseño e implementación del prototipo son:

4. PRUEBAS DEL SISTEMA

Las pruebas que se realizaron en el sistema son:

4.1 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Las pruebas que se realizaron al prototipo fueron:

- Pruebas de configuración
- Pruebas de respuesta ante una falla de suministro eléctrico
- Pruebas de retardo en el envío de mensajes

4.2 PRUEBAS DEL SOFTWARE DE APLICACIÓN

Se realizaron pruebas del funcionamiento de la aplicación las cuales consistieron en:

- Prueba de ingreso al *software* de aplicación
- Prueba de comunicación con el teléfono
- Prueba de descarga de datos
- Verificación del funcionamiento del servicio de *Windows*
- Funcionamiento del formulario de filtrado de registros
- Funcionamiento del formulario para desplegar gráficas
- Funcionamiento de la creación de reportes
- Prueba de compatibilidad con otros sistemas operativos
- Prueba de funcionamiento del manual de usuario

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

4.3 PRUEBA *OUTDOOR*

Las pruebas *outdoor* se realizaron en el sector del Tejar, cerca del túnel de San Juan en la ciudad de Quito, debido a es un lugar de alta circulación de transporte urbano y visualmente se puede notar que es uno de los sectores más afectados por la contaminación atmosférica en la ciudad.

De los datos obtenidos en esas fechas, se pudo observar que existe una mayor concentración de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) en las horas de mayor tráfico vehicular. Las horas de mayor concentración en esta zona son entre las 6:30 y las 9:00 y entre 17:30 a 21:00.

4.4 PRUEBA *INDOOR 1*

La primera prueba en un ambiente *indoor* se la realizó en el laboratorio de Sistemas Analógico-Digitales en el tercer piso del edificio antiguo de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

De los datos obtenidos en esas fechas, se pudo observar una concentración de dióxido de carbono (CO₂) menor a 1000 ppm sin presencia de monóxido de carbono en las horas de utilización del laboratorio de Sistemas Analógico-Digitales. Esto indica que la calidad del aire dentro del laboratorio permite un desarrollo normal de las actividades que se realizan.

4.5 PRUEBA *INDOOR 2*

La segunda prueba *Indoor* se la realizó en la cocina de una casa para determinar los niveles de concentración a los que se encuentran expuestos los habitantes de un hogar al momento de cocer los alimentos.

Se pudo observar una alta concentración de dióxido de carbono (CO₂) y una baja presencia de monóxido de carbono en las horas de cocción de los alimentos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se implementó un sistema en *hardware* y *software* para la medición y monitoreo de contaminantes en el aire utilizando sensores de Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, humedad y temperatura.
- El intervalo de retardo en el envío y recepción de los mensajes según las pruebas realizadas ascienden a valores menores a 5 minutos, siendo esta medida imperceptible de

acuerdo con la frecuencia con la que se envían los mensajes.

- El servicio de mensajería corta es un sistema muy utilizado actualmente en este tipo de aplicaciones. Se constituye en una solución de bajo costo, mediante la que se puede obtener información de forma permanente de diferentes lugares orientada al monitoreo de variables.
- Los equipos desarrollados por SonyEricsson son muy utilizados en el mercado para el desarrollo de prototipos, debido a su amplia disponibilidad de información y a su protocolo de comunicación orientado a un desarrollo abierto.
- Al observar las gráficas resultantes de las pruebas *outdoor* se puede comprobar que la concentración de contaminantes se incrementa en las horas de mayor tráfico vehicular.
- A medida que los alimentos son cocidos, en un ambiente *indoor*, también se produce un aumento en la cantidad de dióxido de carbono en el ambiente, siendo necesario tomar medidas dentro de los lugares cerrados para evitar problemas con la acumulación de estos gases.
- El prototipo elaborado y su aplicación satisface las necesidades de medición y reporte requeridas en el diseño del sistema de monitoreo.
- El plan de mensajes mensual (5000 mensajes) contratado a la operadora celular es suficiente para el envío periódico de la información hacia el centro de recolección de datos.
- Visual Basic 2005 es una herramienta muy útil para el desarrollo de aplicaciones que impliquen el manejo de puertos y el desarrollo de interfaces gráficas. También es muy importante en el desarrollo de programas denominados servicios, mediante los cuales se puede ejecutar operaciones sin necesidad de entrar dentro de una interfaz gráfica. En la aplicación, Visual Basic 2005, es muy útil para la descarga, presentación y manejo de la información.
- Es importante que se incentive el desarrollo de proyectos similares en nuestro medio, aprovechando las tecnologías de comunicación inalámbricas.

XXII JORNADAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

- Es recomendable, en posteriores desarrollos de proyectos, la utilización de módulos integrados GSM y GPRS que reemplazarían al teléfono que en el sistema implementado se tiene para el envío de datos. De esta forma se logrará eliminar espacio y peso en los prototipos.
- Debido a las mediciones realizadas en ambiente *INDOOR*, se recomienda revisar el correcto funcionamiento de las cocinas a gas de uso doméstico, para evitar emanaciones de CO debido a la combustión incompleta.
- Se recomienda mantener una suficiente ventilación de la cocina para evitar la acumulación de gases nocivos para la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESTRADA Juan Carlos, REINOSO Diego, “Diseño e implementación de un prototipo de monitoreo remoto de contaminación ambiental utilizando tecnología GSM”, Quito, Febrero, 2009.
- [1] AJAY R. Mishra, Advanced Cellular Network Planning and Optimization, WILEY and Sons , Nokia Networks, United Kingdom 2007
- [2] GWENAE`L LE BODIC, Mobile Messaging Technologies And Services Sms, Ems And Mms, Wiley, India, 2005
- [3] SINCHE, SORAYA, MSc, Folleto de Comunicaciones Inalámbricas, 2007
- [4] MOOI CHOO CHUAH, Design and Performance of 3G Wireless Networks and Wireless LANs, Springer Science Business Media,2006
- [5] HEINE, Gunnar, GSM Networks Protocols Terminology and Implementation, Artech House, United Kingdom 1998
- [6]http://www.sonyericsson.com/downloads/GR64_R1E.pdf
- 3GPP TS 23.040 V6.5.0
- 3G TS 23.042 V3.1.0

Diego Javier Reinoso Chisaguano



Nació en Latacunga el 2 de Abril de 1985. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio “Hermano Miguel” de Latacunga obteniendo el título de Bachiller en Ciencias y Auxiliar en Manejo de Equipos de Computo.

Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional donde obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en el 2009. Se desempeñó como Ayudante de Laboratorio para el Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información desde Abril del 2008 hasta Marzo del 2009.

Juan Carlos Estrada Jiménez



Nacido en Quito, Ecuador, el 15 de julio de 1984. Obtuvo su bachillerato de Físico Matemático en el colegio Sebastián de Benalcázar.

Se graduó de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, en Mayo de 2009 en la Escuela Politécnica Nacional. Se desempeñó como ayudante de laboratorio del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información desde Abril 2008 a Marzo 2009.

Soraya Lucía Sinche Maita

Nacida en Loja, Ecuador en 1974. Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional 1999 (Quito-Ecuador). Master of Science Politécnico di Torino 2004 (Turin-Italia). Estudios de Posgrado en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones, EPN (Quito – Ecuador). Profesora Principal de la Escuela Politécnica Nacional.