

Las TIC y la Calidad del Aire

INTRODUCCION

La *tecnología* es el conjunto de conocimientos científicamente planteados sobre las técnicas, artes o destrezas que permiten diseñar y crear bienes o servicios que optimizan recursos, facilitan procesos y satisfacen las necesidades esenciales, así como los deseos de la humanidad. Por su parte la *información* está constituida por un grupo de datos ya supervisados y ordenados, que sirven para construir un mensaje basado en un cierto fenómeno o ente y otorgar un significado a la realidad; la información permite resolver problemas y tomar decisiones, ya que su aprovechamiento racional es la base del conocimiento y da origen a los modelos del pensamiento humano. La *comunicación* es el proceso de transmisión de información entre un emisor y un receptor que decodifica e interpreta un determinado mensaje. Teniendo en cuenta los conceptos mencionados se puede establecer de manera resumida que las Tecnologías de la Información y la Comunicación, o simplemente TIC, constituyen un conjunto de técnicas científicamente desarrolladas para facilitar los procesos de generación de información o conocimiento, y de su comunicación.

La obtención de conocimiento es esencial para la toma de decisiones, conocer realmente un determinado fenómeno, o realizar predicciones. Gracias a las TIC este proceso de obtención de conocimiento se logra con alta eficiencia en tiempo y esfuerzo a través de la aplicación de tecnologías ya sea en la etapa de obtención de datos (sensores y otros mecanismos automatizados de medición y adquisición de datos), o en la etapa de procesamiento de información (algoritmos computacionales avanzados, minería de datos, etc), o en su etapa de transmisión y comunicación (redes de datos, redes celulares, tecnologías de telecomunicaciones, etc). Además de permitir innovadoras técnicas para la adquisición de conocimiento que de no ser por las TIC serían imposibles o muy difíciles de implementar.

Las TIC permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de conocimiento en forma más eficiente; toman la electrónica como tecnología base para soportar el desarrollo de las telecomunicaciones, la informática y la computación.

Los datos a procesar y la información obtenida dependen del ámbito de la vida humana en la cual se la implementa. Los ámbitos en los que se desarrollan las TIC son variados y numerosos, llegando a introducirse de manera innovadora en casi todos los aspectos de la vida humana: la información meteorológica reúne datos sobre la temperatura, precipitaciones y datos que hagan referencia al clima de una zona, sirve para predecir el tiempo en un lugar y establecer registros históricos; la información financiera es el conjunto de datos sobre una economía de mercado que permiten establecer parámetros de tipo económicos, analizar la solidez económica de un país y predecir las operaciones que convendría realizar; se pueden obtener señales neuronales del cerebro de las personas a través de sensores y procesar esa información para construir prótesis mecánicas; se podrían analizar señales de voz y de vídeo para aplicaciones de seguridad o domótica; o se pueden implementar centrales de monitoreo con varios sensores con el propósito de recabar datos de interés de cualquier naturaleza en forma automática. Y así, se podría nombrar una infinidad de aplicaciones, todas ellas implementadas de manera innovadora gracias a las TIC.

En este trabajo se implementarán las TIC en áreas del medio ambiente, más específicamente en el monitoreo y extracción de conocimiento sobre la calidad del aire. Se diseñará e implementará

un sistema de adquisición y transmisión de datos, con sensores que medirán en forma automática contaminantes atmosféricos (monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, material particulado, ozono) y algunas variables meteorológicas (humedad, presión atmosférica y temperatura). La implementación se basa en hardware y software libre a través de la programación de microcontroladores y utiliza la red celular para la transmisión de datos a un servidor remoto, donde los datos son almacenados en registros históricos para su posterior procesamiento con el fin de adquirir conocimiento sobre la calidad del aire, además de su monitoreo en tiempo real accesible desde un portal web. De esta forma se pretende dar un uso innovador de las TIC en ámbitos de la vida humana de vital importancia como la calidad del aire.

CALIDAD DEL AIRE

La contaminación atmosférica se define como la acumulación en la atmósfera de uno o más contaminantes, como polvo, gases, olores, nieblas o vapores, en cantidades y duración tales, que puedan causar daño a la salud humana, a sus bienes, a la flora, la fauna y al ambiente en general. Por otra parte, la contaminación atmosférica urbana puede tener diversos orígenes, dentro de ellos se encuentran: las fuentes móviles, caracterizadas por el transporte vehicular (buses, camiones, automóviles y camionetas); y las fuentes fijas, generadas por las industrias, la combustión de biomasa y las construcciones, entre otras.

La contaminación atmosférica puede afectar la salud de muchas maneras; existen numerosas evidencias científicas que han relacionado la contaminación del aire con problemas a la salud de la población, tales como agravamiento de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares; reducción de la función pulmonar e incremento de la frecuencia de estos episodios, severidad de los síntomas respiratorios, como la tos y dificultad al respirar; aumento de la susceptibilidad a contraer infecciones respiratorias; efectos en el sistema nervioso; cáncer; y muertes prematuras. En el medio ambiente, los impactos se relacionan con la pérdida de la visibilidad, que puede verse reducida por la dispersión y absorción de la luz generada por la presencia de distintos contaminantes en la atmósfera; corrosión de los materiales en general (consecuencia de la lluvia ácida), y pérdida de capacidad de producción agrícola, etc.

En Paraguay, no existía normativa de calidad del aire y no se realiza monitoreo de contaminantes atmosféricos, sea este público o privado. El 16 de diciembre de 2009, Petrobras firmó un acuerdo con el Centro Mario Molina de Chile, desarrollando e implementando un monitoreo piloto exploratorio de la calidad de aire en la ciudad de Asunción; la finalidad del monitoreo fue realizar un primer diagnóstico de la calidad del aire en la capital del país, que se llevó a cabo en el mes de junio del año 2010, siendo estas, las primeras actividades de monitoreo de contaminación atmosférica en nuestro país, las cuales dieron como resultado la entrega de un documento de diagnóstico sobre la calidad del aire, que permitieron comenzar a dimensionar el problema de contaminación que afecta a la capital, y que eventualmente podría repetirse en otras zonas urbanas del país.

Estos antecedentes manifestaron la necesidad de establecer un marco legal e institucional para la gestión ambiental, como así también el reforzamiento de herramientas específicas para el control de la contaminación atmosférica. También resalta el impacto provocado por el transporte, debido a su sistema obsoleto, combustibles de mala calidad y por la importación de vehículos de segunda mano. El esfuerzo más grande realizado en el escenario actual, corresponde a la creación de la Ley de Calidad del Aire en Paraguay promulgada el 4 de julio del 2014, la ley 5.211 de la

calidad del aire, cuyo enfoque se centra en el control de la emisión de contaminantes al aire. Esta establece la creación de un programa de control y monitoreo de las emisiones producidas por las distintas actividades que generan contaminación, como también la regulación de las mismas, el establecimiento de estándares permisibles, sanciones a los transgresores y el desarrollo de programas de educación ambiental, entre otros.

De esta forma, Paraguay se aproxima al nivel de avance en temática de calidad del aire, realizado ya en países vecinos de la región. En lo que sigue, la reciente creación de la Dirección General del Aire (DGA), plantea el reto de proporcionar una reglamentación a la referida normativa, mientras surge la oportunidad de continuar progresando en el logro de un aire limpio y sin riesgos para la salud de la población.

SISTEMA DE MONITOREO A IMPLEMENTAR

En función a la importancia primordial del cuidado de la salud de las personas y de la necesidad de implementar formas de medición de contaminantes atmosféricos se realiza el diseño y la implementación de un sistema de monitoreo para cumplir con lo establecido en la ley y ofrecer un mecanismo para poder controlar y mantener un buen nivel de vida en la población.

El objetivo principal del proyecto es el de diseñar e implementar un sistema de adquisición, procesamiento y transmisión automática de datos relacionados a niveles de contaminación atmosférica y variables meteorológicas que guardan cierta relación con esos contaminantes. Los contaminantes a medir son el ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, material particulado y las variables meteorológicas son humedad, temperatura y presión atmosférica, para poder procesarlas en conjunto y establecer cierta correlación entre tales variables.

Para poder lograr esto se establecerán estaciones de medición en distintos puntos claves del país que transmitirán en forma automática los valores medidos a servidores que procesarán esos datos y presentarán a través de portales web información referente a la calidad del aire a los interesados que podrían ser empresas, explotaciones agrícolas, instituciones, turismo, ciudadanos interesados e investigadores que necesiten esos datos. Con este sistema se puede tener un monitoreo en tiempo real de la calidad del aire de distintos puntos del país así como crear una importante base de datos con registros por minuto a lo largo de los años de mediciones de los niveles de contaminantes y de variables meteorológicas antes mencionadas, estableciéndose así historiales de la calidad del aire del país y dando la posibilidad de realizar cálculos estadísticos u otros estudios e investigaciones pertinentes.

Objetivos

- 1) Implementar un sistema capaz de llevar un monitoreo automático de la calidad del aire.
- 2) Proveer datos fiables e información procesada sobre los niveles de contaminación ambiental atmosférica a través de un Portal Web.
- 3) Medir niveles de contaminantes atmosféricos: ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, material particulado en tiempo real.
- 4) Establecer una base de datos de registros de niveles de contaminantes atmosféricos junto con otras variables meteorológicas (humedad, temperatura, presión atmosférica).
- 5) Aplicar técnicas de “Minería de Datos” para procesar información y conocimiento relacionado a la calidad del aire.

Justificación del proyecto en el ámbito científico, social y de la salud.

La importancia en el ámbito científico del sistema a implementar se refleja en la obtención de datos necesarios para estudios de contaminación atmosférica y calidad de aire. La medición de variables de algún sistema es fundamental en todo proceso de investigación y con este trabajo facilitamos datos fiables e ininterrumpidos de niveles de gases contaminantes y de variables meteorológicas que poseen alguna relación con ellos, estableciendo registros históricos para estudios referentes a la contaminación ambiental atmosférica. En el ámbito social el sistema provee la posibilidad de conocer la calidad del aire de nuestro entorno, lo que marcaría la dirección de las acciones a tomar en caso de encontrarnos con niveles de contaminación inadecuados o peligrosos. En la actualidad la contaminación del medio ambiente es de preocupación mundial, la continua globalización y urbanización supone un reto a la capacidad del mundo de salvaguardar la salud pública. La salud humana debe conservarse, puesto que es uno de los puntos más críticos del bienestar humano y del desarrollo económico. Para asegurar un futuro sostenible, hay que enfrentarse a los peligros que suponen una amenaza para la salud procedente del proceso de modernización. Esto, a su vez, debe implicar una reducción de las emisiones de gases tóxicos y de los niveles de contaminación del aire. La acumulación de estos gases contaminantes en especial el Monóxido de Carbono (CO), el Ozono (O₃), el Dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de Nitrógeno (NO₂) y el material particulado en la atmósfera debe de interesar a todos porque degrada la calidad del aire del ambiente y dificulta el transporte del oxígeno a órganos importantes del cuerpo humano, alteraciones de la función respiratoria, con enfermedades respiratorias, cardiovasculares, dermatológicas y con la presencia de diversos casos de cáncer. Para enfrentar de manera efectiva el problema de la contaminación atmosférica, es necesario primero conocer cuantitativamente las concentraciones de los gases contaminantes de criterio y desarrollar e implementar un programa integral, que se encamine a la reducción progresiva de las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos, de las industrias, y otros. El conocimiento de las concentraciones de gases contaminantes en la atmósfera es de significativa importancia en la evaluación del estado de la calidad del aire de una comunidad.

Diseño Técnico del Sistema

Para poder realizar las mediciones propuestas en el presente proyecto se utilizarán transductores electroquímicos que producen una señal eléctrica proporcional a una fracción de volumen del gas contaminante (ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre); estas señales eléctricas junto con las generadas por los demás sensores meteorológicos (barómetros, termómetros, sensores de humedad) y de material particulado son acondicionadas electrónicamente para que puedan ser procesadas por un sistema de adquisición. El sistema de adquisición cuenta con varias entradas de digitalización, si las señales son de naturaleza analógica, así como puertos digitales de comunicación serial, si las señales son de naturaleza digital, a través de los cuales se obtienen los datos necesarios de niveles de contaminantes y variables meteorológicas. Los microcontroladores poseen una frecuencia de muestreo para digitalización suficientes para el rango de frecuencias de las señales medidas, con una resolución de 10 bits para su representación digital. El microprocesador posee una arquitectura ARM (Advanced RISC Machine), especial para procesos computacionales embebidos. El microprocesador central se encarga de hacer correr los procesos que serán programados especialmente para este proyecto y que se encargarán de la adquisición automática de todos los valores a medir cada cierto periodo de tiempo (por ejemplo cada 10 min); estos valores medidos serán registrados en un sistema de almacenamiento no volátil en primera instancia y luego preparados para la transmisión a un servidor remoto a través de alguna red de datos como podría ser una red de comunicación celular. Los datos recibidos por el servidor son procesados para su almacenamiento en una base de datos y la información obtenida de ellos es presentada a los usuarios, ya sean investigadores, empresas, instituciones o algún ciudadano interesado, a través de una página web. Se trabajará principalmente

en integración de las distintas plataformas de desarrollo (microcontroladores, microprocesadores, módems de comunicación) y programación tanto a nivel de hardware como a nivel de aplicación de los procesos principales del sistema, con el objetivo de lograr la adquisición, procesamiento y transmisión automática de datos referentes a niveles de contaminación y variables meteorológicas, obteniendo de esa manera información sobre la calidad del aire en puntos específicos del país en forma continua y en tiempo real.

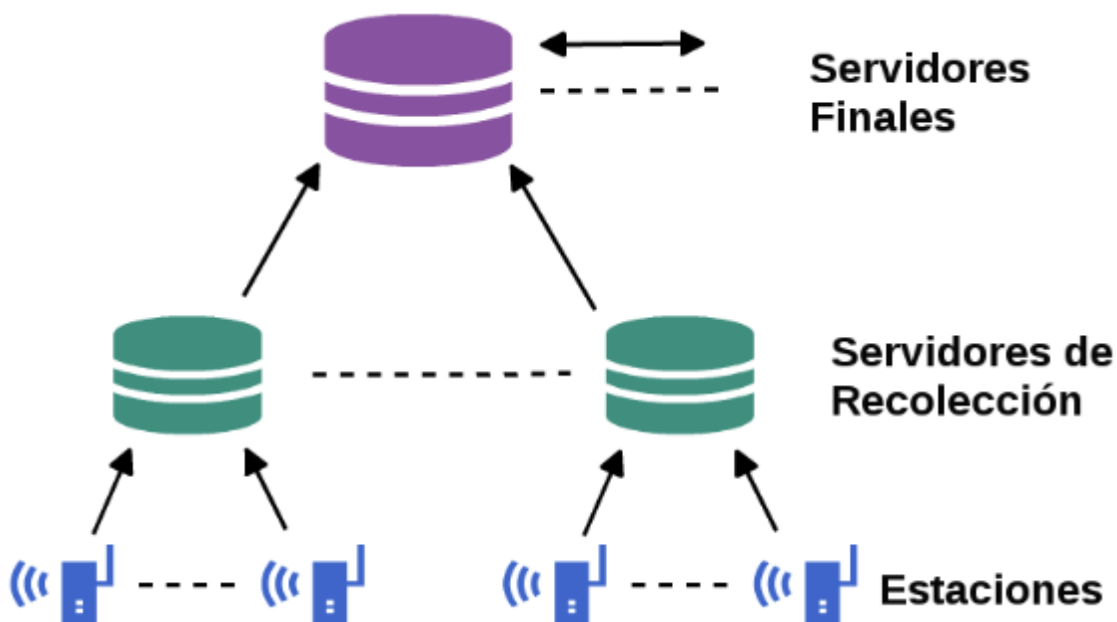


Figura 1: Topología General del Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire

En la figura 1 se puede observar la topología general del sistema. Las Estaciones de Medición recaban la información de contaminación a través de sus sensores electroquímicos y los transmiten a través de una red celular a Servidores de Recolección que poseen datos relacionados a una zona específica. Los Servidores Intermedios de Recolección a su vez transmiten esta información a los Servidores Finales que sirven como almacenamiento de la totalidad de los datos adquiridos y para el acceso a los mismos por parte de los usuarios interesados. Se podrían establecer varios Servidores Finales con el fin de tener un Back Up de los datos o para subsanar problemas técnicos inherentes a la expansión geográfica que se quiere abarcar para el monitoreo.

Las Estaciones también poseen capacidad de manejar temporización necesaria para establecer los registros y conocer el momento de la toma de datos que se realizarán cada 10 minutos, cuentan además con un geolocalizador GPS para identificar el lugar en donde se realiza el monitoreo y son energizados con paneles solares. Los Servidores de Recolección y Finales se encuentran en datacenters que podrían implementarse con centros de cómputo privados o en la nube a través de tecnologías de Cloud Computing.

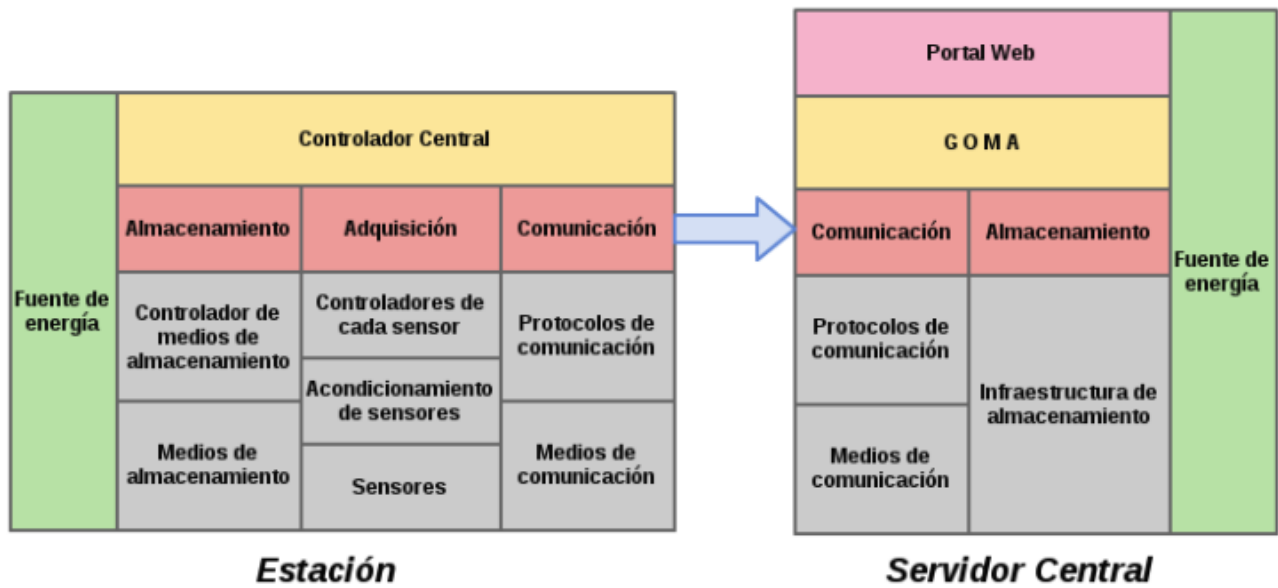


Figura 2: Arquitectura del Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire

En la figura 2 se puede observar el diseño de la arquitectura del sistema. La Estación de Medición posee un Controlador Central encargado de llevar adelante los procesos principales de Adquisición, Almacenamiento y Comunicación. El Servidor Central se comunica con la Estación a través de un protocolo de comunicación implementado especialmente para cumplir con los objetivos del sistema y realiza el almacenamiento de la información en una base de datos relacional. El servidor Central debe programarse para cumplir con la funcionalidad GOMA, con lo cual se dota al sistema de una capacidad de Gestión, Operación, Mantenimiento y Análisis. El Portal Web ofrece acceso a la información ya sea en su forma más simple como la obtenida a través de procesos computacionales exhaustivos.

ANÁLISIS DE DATOS

Una vez obtenidas las mediciones reales luego de la instalación del sistema se procederá al análisis de los datos para obtener información relevante a través de procesos de regresiones lineales y no lineales, correlaciones, clusterización y comparaciones.