

Integración de redes inalámbricas heterogéneas para la captura y comunicación de datos en línea usando Internet para tener una solución ubicua

Pesantez Patricio, Ing.
Quito Hernán, Ing.
Méndez Paola, Ing.

Universidad de Cuenca

ABSTRACT

La existencia de múltiples dispositivos inalámbricos actualmente provee innumerables posibilidades de realizar procesos de captura de datos, aunque se presenta el problema de enlazar distintas tecnologías para poder generar soluciones integrales que incluyan la transmisión y el despliegue de información. Como respuesta a estos problemas, este proyecto presenta el desarrollo de un prototipo que integra un equipo PDA a dispositivos que usan tecnologías de identificación de radiofrecuencia (rfid), bluetooth, wi-fi, GPRS/CDMA y redes Satelitales GPS; todas ellas inalámbricas, permitiendo movilidad y un desarrollo rápido de soluciones de acceso inmediato y generalizado a través de Internet con páginas Web, Servicios Web y servicios GIS. El prototipo se trata de la automatización del control de un sistema de Parqueo tarifado, en el que se intercambian: datos de las tarjetas de identificación RFID, fotografías y características de los vehículos, registros de base de datos y posición geográfica del punto de interés, entre otros, para el inmediato análisis y uso de dicha información.

Palabras clave: CDMA, GPRS, GPS, RFID, Web Services, Bluetooth, PDA

I. INTRODUCCIÓN.

En los centros urbanos de las principales ciudades del Ecuador existe desorden y arbitrariedad en el estacionamiento, por lo que los municipios se han visto en la necesidad de ordenar el parqueo. En ese sentido ciertas ciudades han dado los primeros pasos al implementar un sistema de Parqueo Tarifado manual.

Para brindar una ágil y efectiva atención al usuario se hace necesaria la implementación de plataformas de hardware, sistemas de software y sistemas de comunicación con la finalidad de desarrollar e implementar soluciones de parqueo tarifado innovadoras.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un prototipo funcional de captura e intercambio de datos, utilizando la red que presta el servicio de telefonía

móvil celular y la tecnología asociada GPRS, CDMA [1] y/o sistemas Wi-Fi [2]-[3], para la transmisión entre una unidad móvil y el servidor central, con la finalidad de lograr una asistencia integral y con calidad al sistema de parqueo tarifado. En ese orden de ideas, esta propuesta integra aplicaciones de telemática, con las ventajas de movilidad y cobertura brindadas por la red móvil celular, Wi-Fi y el Internet.

Es así como se pretende introducir nuevos servicios basados en telemática, que desembocan en la necesidad de modificar, no sólo la forma de prestar dichos servicios, sino también los procesos de la propia institución que los adopta, a la vez que permite una excelente alternativa para la coordinación de los agentes implicados en éstos, al facilitar el acceso a la información en cualquier lugar.

Actualmente la tendencia se enfoca a proporcionar soluciones basadas en las últimas tecnologías inalámbricas, teléfonos de comunicación, una administración centralizada de las TIC y una amplia e inmediata difusión de la información.

II. PROPUESTA

A. Necesidades básicas del prototipo.- Se necesita que los agentes de parqueo puedan informar de los autos estacionados en la calle, como también verificar que se encuentren habilitados mediante el pago del valor por concepto del estacionamiento, y en el caso de que se incumplan los reglamentos, puedan recopilar pruebas que justifiquen la penalización a aplicarse; así como la posterior transmisión de tal información a un equipo central que planifique las acciones a tomar, que incluye la posibilidad de remolcar el auto infractor.

B. Modo de operación.- Se equiparán a los agentes con dispositivos PDA capaces de adquirir el código de identificación de la Tarjeta RFID [4] y con esta información recuperar los datos importantes del usuario, como es el caso de tiempo disponible, estado, etc. Además tendrán la posibilidad de tomar fotografías, adquirir la posición geográfica mediante un GPS y tomar otra información adicional para almacenar en una base de

datos central localizada en un servidor remoto, montado en Internet; esto usando la red celular CDMA, GPRS o WI-FI. El agente será capaz de verificar la legalidad del parqueo y preguntar al sistema central por cualquier información adicional. En la **figura 1**. se detalla la estructura que sustenta el modo de operación descrito en este apartado.

C. Equipos.- Se ha comprobado que la tecnología RFID es la más recomendable para la identificación de cualquier dispositivo; siendo una tarjeta transponder de Identificación de Radio Frecuencia (RFID) que es a prueba de fraudes, reemplazando al tradicional papel y al sticker del código de barras. La tarjeta transponder puede contener cualquier tipo o combinación de información permitida. Esta información puede ser llevada a los lectores RFID, los mismos que pueden tener una conexión GPRS o CDMA con la finalidad de chequear en línea el estado de la misma. Cabe indicar que actualmente en la ciudad de Cuenca se dispone de la tecnología **GPRS, EDGE-GPRS** por parte de las empresas PORTA y MOVISTAR y **CDMA 1xEV-DO** con ALEGRO PC. En lo que respecta a la selección de los dispositivos móviles que utilizarán los inspectores del parqueo tarifado, se buscará un equipo que nos permita

identificar los vehículos, realizar el transporte de datos y ante todo que tenga flexibilidad e integridad. Por ejemplo una posibilidad puede ser utilizar PDAs que tengan incorporado el servicio WI-FI, bluetooth [5], lector RFID, módem GPRS o CDMA, receptor GPS, cámara fotográfica, etc., pero debido al alto costo de estos dispositivos, para nuestro prototipo usaremos un teléfono PDA normal con Windows Mobile 5, con capacidad de conectarse mediante un modem CDMA integrado, con conectividad bluetooth y wi-fi a otros dispositivos periféricos como es el caso de un GPS y un lector RFID.

D. Software.- Considerando que en esta década, el mundo de los datos ha evolucionado de la arquitectura cliente servidor a la arquitectura orientada al servicio (SOA). Y conjuntamente con la aparición de la arquitectura SOA, también ha emergido protocolos basados en XML de alto nivel para servicios de interoperación y administración, colectivamente llamados Servicios Web. Entonces se buscará hacer un enfoque sobre la Arquitectura de Software que se utilizará en la solución, donde se destacará la importancia de los servicios web, como un modelo de programación para comunicación entre aplicaciones.

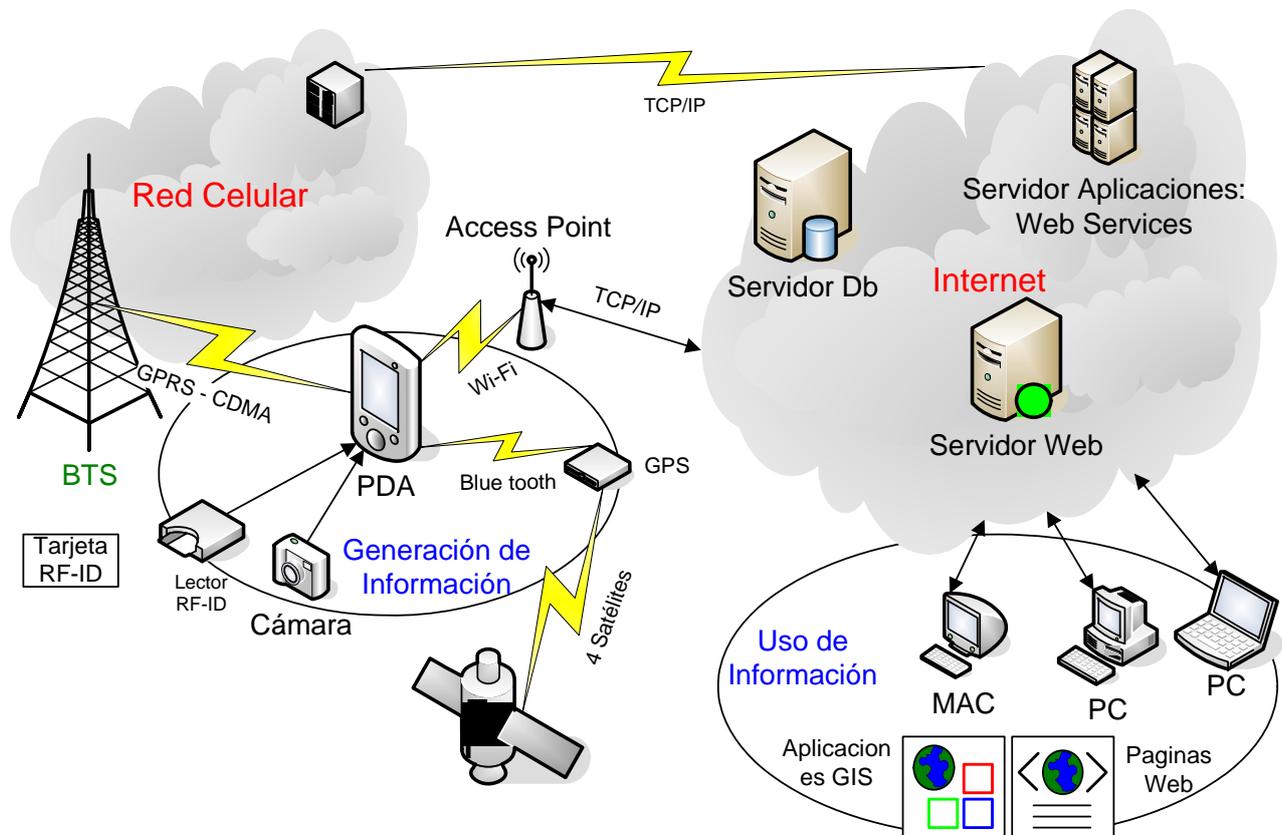


Fig. 1. Estructura de comunicaciones del Prototipo

III DESARROLLO

Como se indica en la figura 1, el prototipo desarrollado consta de un PDA en el que se ejecuta el software capaz de comunicarse con distintos dispositivos periféricos tanto integrados como inalámbricos, para recopilar datos y otra información ingresada por el usuario, que se transmite a un sitio web usando la red de comunicación celular o un hot-spot wi-fi, para almacenarse en una base de datos. La información de la base de datos puede ser accesada mediante páginas web, aplicaciones de escritorio y aplicaciones de GIS sobre Internet o de escritorio.

Los detalles de los equipos, procesos y comunicación involucrados en el desarrollo de este prototipo se describen a continuación:

En primera instancia tenemos un equipo Celular PDA pocket-PC UTSTARCOM (fig. 2a), aunque en aplicaciones reales, sería recomendable un equipo similar al WORKABOUT-PRO (fig. 2b) debido a su robustez y la posibilidad de integrar todos los periféricos necesarios, aunque a un precio hasta de 3 veces mayor.

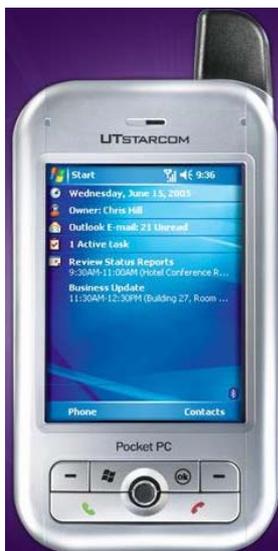


Fig. 2a
Celular PDA



Fig. 2b.
PDA Industrial

A. Servicios Web.- Para desarrollar el software para la PDA, ha sido imperioso primero crear los servicios Web necesarios, usando C#. Los servicios web tienen la ventaja de dar servicios a múltiples aplicaciones cliente, independientemente del lenguaje en el que estén desarrollados o del dispositivo en el que se ejecute dicha aplicación cliente, ya que utiliza objetos serializados mediante el protocolo SOAP, basado en XML. En nuestro caso, el servicio Web se compiló y se instaló sobre el servidor web MS IIS, creando un nuevo directorio virtual denominado “wsparking”, direccionado a la carpeta que contiene el archivo compilado, que en nuestro caso se denomina *service.asmx* y que puede ser accedido para pruebas en el servidor local invocando a: <http://localhost/wsparking/service.asmx> o en vez de *localhost* se puede usar el nombre de la máquina en la que está ubicada el servicio, como se indica en la (fig.3),

que usa el nombre *toshiba-patec*. Para la publicación del servicio en Internet, simplemente se procede a cargar el archivo *service.asmx* y la carpeta *bin* con su contenido, mediante ftp al directorio virtual. Cabe indicar que es necesario que el servidor web remoto esté configurado para utilizar .NET Framework 2.0, que es en el que se basa MS Visual Studio 2005.

Los servicios que ofrece *service.asmx* son: brindar la validación de usuario, consultar información, realizar cálculos varios (lógica de aplicación) y comunicación con la base de datos.

Para usar los Servicios Web, simplemente en el proyecto software se debe agregar una referencia web, buscando los servicios publicados en el servidor, que en nuestro caso fue “www.ecuapatec.com/service.asmx”.

En el desarrollo del prototipo con la finalidad de garantizar la integridad y confidencialidad de los mensajes transmitidos hacia y desde un servicio Web se utilizó la transmisión con SSL.

El servidor de base de datos elegido, después de varias pruebas realizadas, es MS SQL-Server 2000, debido a la posibilidad de almacenamiento de datos multimedia (fotografías) y sobre todo una compatibilidad directa para comunicarse con los servicios Web desarrollados en C#.



Fig. 3. Pruebas de Servicios Web

B. Software PDA.- Para el desarrollo del software para la PDA, se utilizó igualmente C# de MS Visual Studio 2005, que incluye proyectos con dispositivos inteligentes.

La aplicación al iniciarse establece una comunicación a Internet mediante el modem CDMA integrado, que en otros casos también puede ser GPRS, formando un enlace TCP transparente sobre el cual se comunica con el servicio web creado en la sección anterior, servicio que valida al usuario y que permite la descarga de datos importantes desde la base de datos (fig.4).



Fig. 4. Pantalla principal de aplicación en la PDA

Además el software se comunica con varios dispositivos inalámbricos, formando una red WPAN con bluetooth, en el caso de la comunicación con un dispositivo GPS, esto para obtener las coordenadas geográficas; así también formamos parte de una WLAN para poder obtener el código de identificación de la tarjeta RFID, que al haber utilizado un lector RFID serial, se tuvo que conectar a un PC Laptop, a la cual se establece una comunicación mediante sockets TCP y transfiere tal código de identificación provisto por el lector, que en la fig. 5 se puede ver con la etiqueta RFID = " rfid01". Con este elemento se procede a consultar al servicio web, que responde enviando un registro serializado con SOAP que contiene los principales datos del vehículo, así como datos de la validez de la tarjeta, saldo, tiempo de inicio de activación, etc. En este caso es necesario usar hilos (threads) para que puedan realizarse varios procesos de manera simultánea. A continuación se seleccionan e ingresan de forma manual otros datos relevantes, incluido una fotografía capturada por la cámara integrada del PDA, para formar un paquete de datos y así mismo usando el servicio web, enviar a que se almacene en la base de datos.

C. **TAG RFID.-** En el interior de los vehículos a ser controlados se encuentra una tarjeta RFID o TAG (fig. 5), que contiene los datos principales del vehículo, siendo el dato que más nos interesa el código de identificación.



Fig. 5. TAG RFID dentro de un vehículo

Un lector RFID emite ondas de radio, que energizan el tag cuando está dentro del rango. El lector envía un password encriptado. El tag, consistente de un microchip y una antena, chequea el password. Si reconoce el password, la memoria del tag se desbloquea.

Cada tag RFID, que es esencialmente un minitransmisor, envía una secuencia de pulsos de radio frecuencia representando un único número, usualmente de 10 a 16 dígitos de longitud. Una memoria de un tag tiene típicamente un rango de unos pocos bits, 128 bits a varios megabytes. Las seguridades son programadas con una lista de números autorizados; si su tag emite uno de esos números usted está autorizado, caso contrario no. El tag transmite un código almacenado en su memoria hacia el lector, esta señal es un número de identificación único que enlaza a un registro de una base de datos [4].

La comunicación con el lector se ha realizado con un software desarrollado para un PC con Windows (fig. 6), que obtiene mediante una conexión serial (COM5), una ráfaga de caracteres, que la clase *rfid.cs* se encarga de realizar la validación, mientras que el formulario principal ejecuta la tarea de envío de una sola vez del código RFID a la PDA, esto usando una conexión TCP dentro de un hilo, que se opera de manera continua pulsando el botón *Iniciar*.



Fig. 6. Aplicación Windows para adquisición del código desde el lector serial RFID

La casilla para código RFID recibe el código enviado por el lector, y a su vez reenviado a la PDA, mientras que la casilla *Estado* muestra el avance del proceso y la confirmación de la recepción por parte del pocket PC.

D. Sistema de Posicionamiento global GPS.- Las siglas GPS significan: Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global. El sistema consta de 24 satélites operativos y 3 mas de reserva lanzados por EEUU y gestionados por el ministerio de defensa americano, que giran sobre la tierra a mas de 20.000 kms de altura, mandando constantemente información a la tierra sobre su posición.

Los sistemas de coordenadas mas utilizados son Coordenadas Geográficas (Lontitud/Latitud) y Coordenadas UTM (Universal Transversa Mercator).

El receptor GPS recibe la información que los satélites envían a la tierra y la procesa de manera que pueda establecer su posición con unos pocos metros de error, dependiendo del número de satélites que pueda captar en cada momento.

Cuando obtiene la señal de un mínimo de TRES satélites y mediante triangulación el receptor GPS es capaz de averiguar su propia posición. Cuantos más satélites reciba el GPS más precisión en el cálculo de la posición se tendrá. [6].

La mayoría de los sensores GPS utilizan un protocolo de comunicación serial denominado NMEA 0183 creado por la National Marine Electronic Association (NMEA). Este protocolo brinda a dispositivos electrónicos la posibilidad de intercambiar información con una unidad GPS.

El formato NMEA está compuesto de varias líneas de texto independientes que utilizan caracteres ASCII. La línea comienza siempre con el carácter "\$" y luego el nombre de una sentencia NMEA seguida de un número determinado de campos que contienen información, los cuales, están separados por comas.

Las principales sentencias entregadas por un sensor GPS que utiliza el estándar NMEA son:

- \$GPBOD Recorrido de origen destino
- \$GPGGA Datos de localización actual
- \$GPGLL Datos de latitud y longitud
- \$GPGSA Datos de los satélites en general
- \$GPGSV Datos de un satélite detallado
- \$GPRMC Datos mínimos de posicionamiento, tiempo y velocidad

Un ejemplo de una línea de posición que entrega un sensor GPS que utiliza el estándar NMEA, \$GPRMC,150633.000,A,0246.7632,S,...

Que nos indica entre otras cosas:

Hora de captura 15:06:33
 Latitud 02°46,763' SUR

Un mayor detalle del estándar o protocolo NMEA 0183 se puede encontrar en la referencia [7].

El Dátum es un modelo matemático, bastante aproximado, de la forma de la tierra en una zona particular del planeta. Existen más de 100 Dátums distintos dependiendo de la región de la tierra en la que nos encontremos.

Usamos un Dátum universal que ha sido elaborado con el propósito de que sirva para todo el planeta y se denomina WGS84. El datum es importante para poder realizar la transferencia entre coordenadas Latitud, Longitud a UTM, que es en el que se encuentran referenciados los mapas en nuestro país.

En el prototipo usamos el GPS bluetooth Tomtom (fig 7).



Fig. 7. GPS bluetooth tomtom.

Este dispositivo envía una ráfaga de texto con las distintas codificaciones NMEA, que la clase denominada *pocketGps.cs* se encarga de decodificar y extraer la información que cada ráfaga contiene. También permite tener acceso a todos los datos codificados y transferidos, de ser requerido, a coordenadas UTM (fig. 8)

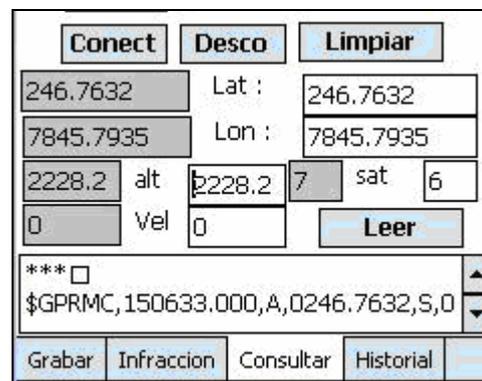


Fig. 8. Captura de los datos enviados por el GPS vía bluetooth.

E. Comunicación Celular.- El equipo usado para el prototipo tiene integrado un modem CDMA 1xEV-DO, que es un sistema de datos inalámbrico con alta

velocidad y alta capacidad que combina la conveniencia de la movilidad con el desempeño de una red de datos fija.

La alta velocidad, la latencia reducida, además del costo, son parámetros esenciales para una buena aceptación de los servicios de datos en un ambiente inalámbrico.

La comunicación es completamente transparente para el software, ya que al habilitar el servicio, automáticamente establece una conexión con Internet, y de allí la posibilidad de invocar a los servicios web y recuperar o entregar toda la información necesaria como si de una red LAN se tratara.

F. Uso de Información.- Para el uso de la información se ha implementado un sitio web, desde el cual se puede de manera inmediata consultar la información. Otra posibilidad es la de poder localizar a los automóviles directamente en mapas dibujados en el navegador de Internet, mediante software GIS, como es el caso de MAPSERVER, que es una herramienta OpenSource, que se conecta a la base de datos en la cual se han almacenado los datos de las coordenadas geográficas o UTM.

IV PRUEBAS

Para evaluar el desempeño de la transmisión de datos se realizaron pruebas de velocidad, que dieron los siguientes resultados:

Consulta (registro DB): 10KB de subida y 10KB de bajada con un tiempo promedio de 2s.

Almacenamiento de datos (incluye imagen): 30KB de subida y 10KB de bajada con un tiempo promedio de 9s.

V CONCLUSIONES

- El desarrollo de este proyecto nos ha permitido realizar la integración de redes heterogéneas de área personal WPANs, por ejemplo IEEE 802.15.1/Bluetooth [5], y LANs Wi-Fi (WLANs), por ejemplo, IEEE 802.11a/b/g/e/h/i [2]-[3], combinando con redes de área ancha WWAN, por ejemplo, 2G, 2.5G, 3G[1], y el Internet para proveer una red ubicua que puede ser explotada a mejorar las soluciones de parqueo tarifado eficientemente y la entrega de este servicio a un más grande rango de usuarios.

- Lo que se ha tratado es de encontrar es una solución diferente, innovadora y única basada en la tecnología celular GPRS o CDMA, sistema GPS, una administración centralizada de las TIC y una tarjeta transponder de Identificación de Radio Frecuencia (RFID) prepagado personalizada, la cual es a prueba de fraude reemplazando al tradicional papel y al sticker del código de barras. El resultado es una solución moderna basada en las últimas necesidades de los usuarios y los requerimientos de los municipios para un eficiente y fácil desarrollo del servicio.

- Es importante indicar que la estructura de comunicaciones usado en este prototipo puede ser fácilmente implementado a otras áreas, como es el caso de sistemas integrados de cobro de transporte público, mediciones ambientales en línea, aplicaciones de monitoreo médico y de gestión en los negocios.

VI REFERENCIAS

[1] 3GPP: <http://www.3gpp.org>.

[2] IEEE 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 1999 (reaff. 2003.)

[3] IEEE 802.11, WG "Amendment to Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access Control (MAC) Quality of Services Enhancements," P802.11 e/D.13.0, Jan. 2005.

[4] Revista Spectrum IEEE, The Magazine of Technology Insiders, pages 14 to 25, edition March 2007.

[5] Bluetooth SIG, "Bluetooth Specification".
<http://www.bluetooth.com>.

[6] EL GPS: <http://www.el4x4.com/spa/item/ART00986.html>, 12/2004

[7] Glenn Baddeley – GPS – NMEA sentence information
<http://www.el4x4.com/spa/item/ART00986.html>, actualización 13 de Junio de 2007

VII BIOGRAFIA



Patricio Antonio Pesántez Sarmiento: Ingeniero Eléctrico y Egresado de la Maestría de Telemática de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Miembro de la IEEE. Funcionario de la Empresa Eléctrica de Azogues en el Área de Sistemas de Información Geográfica (GIS). patec@cue.satnet.net



Manuel Hernán Quito Baculima: Ingeniero en Sistemas, Ingeniero Comercial y tecnólogo Electrónico, se ha desempeñado como docente en la Universidad Politécnica Salesiana Cuenca-Ecuador, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Y en la Universidad del Azuay en la escuela de Sistemas. Y como asesor independiente a empresas en el área de software y comunicaciones
dsystems@etapaonline.net.ec



Adriana Paola Méndez Rojas: Ingeniera en Sistemas, Ingeniera Financiera y Egresada de la Maestría de Telemática de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana. Funcionaria de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur en el Área de Sistemas.
pamendez@centrosur.com.ec