

# ESTUDIO DE CASO DE UN ENLACE DE RED INALAMBRICO EN UNA ZONA RURAL. PROPUESTA DE CONEXION PARA ENTIDADES AGROPECUARIAS

## CASE STUDY OF WIRELESS NETWORK LINK IN A RURAL ZONE. PROPOSAL OF CONNECTION TO FARMING ENTITY

*ABIEL ROCHE LIMA*<sup>1</sup>  
*ETIENNE HERRERA MARRERO*<sup>2</sup>  
*CARMEN MOLINER PEÑA*<sup>3</sup>  
*ANAILY SOTOLONGO GOMEZ*<sup>4</sup>  
*YANELIS VEGA REYES*<sup>5</sup>,  
*ABDIEL GONZALEZ DIAZ*<sup>6</sup>

Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba  
Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Ciudad Habana, Cuba

### RESUMEN

En este trabajo se realiza el estudio de una red inalámbrica de área local WLAN que utiliza el estándar IEEE 802.11 con topología de Enlace LAN, para dar servicios de Internet a la red del Instituto de Ciencia Animal, de Cuba, que es una entidad agropecuaria ubicado en una zona rural. A través de este enlace se resuelve uno de los principales problemas que presenta el sector agropecuario, que es la falta de comunicación entre los productores, investigadores y profesores pues, de forma general, sus entidades se encuentran ubicadas en zonas carentes de infraestructura de telecomunicaciones. Para el estudio del enlace se utilizaron varios software y variables a través del protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol), así como del software de configuración del equipo, y se definieron diferentes condiciones ambientales y de tráfico de datos. Como resultado se obtuvo que las condiciones ambientales influyen en el Indicador de ruido por subcanales de frecuencia, pero que de forma general no afecta el funcionamiento de la red, por lo que resulta viable la utilización de esta tecnología para el enlace de entidades agropecuarias en zonas rurales. Al mismo tiempo se hace referencia al uso potencial de la tecnología de comunicación por líneas eléctricas (PLC) como alternativa a utilizar para la conexión de estas entidades de forma independiente o conjuntamente con las WLAN.

**Palabras Clave:** conexión a redes de entidades agropecuarias, PLC, redes inalámbricas

<sup>1</sup>Departamento de Informática, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.  
Carretera Central KM 47 1/2, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.  
e-mail: roche@ica.co.cu

<sup>2</sup>Departamento de Informática, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.

<sup>3</sup>Departamento de Telemática, Facultad de Eléctrica, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE), Ciudad Habana, Cuba.

<sup>4</sup>Departamento de Telemática, Facultad de Eléctrica, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE), Ciudad Habana, Cuba.

<sup>5</sup>Departamento de Informática, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.

<sup>6</sup>Departamento de Informática, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.

## 1. INTRODUCCION

Las potencialidades de las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC) para el desarrollo de la rama agropecuaria no han sido explotadas suficientemente, en relación con otras ramas de la economía (Sotolongo et al 2004). Una de las principales limitaciones ha sido la carencia de infraestructura de telecomunicaciones que permita la conexión a redes de computadoras de centros agropecuarios de producción, docencia e investigación, ubicados en zonas rurales alejados de núcleos urbanos.

La intensificación del sector agropecuario requiere de un uso más eficiente de los recursos, infraestructura, insumos y sostenibilidad. Para aumentar la producción se necesita una asistencia técnica competente, a partir de medios tecnológicos adecuados que permitan la transmisión de información y su asimilación por parte de los productores. En este contexto, es importante el desarrollo de sistemas telemáticos que garanticen el soporte técnico para adiestrar, controlar y planificar recursos, así como lograr que la toma de decisiones ayude a la óptima utilización de los mismos en los diferentes niveles de dirección.

En los últimos años se han desarrollado diversas tecnologías para la conexión a redes de computadoras, entre ellas se destacan las redes inalámbricas como alternativa de acceso a lugares donde nos es viable un enlace por cable. Una red de computadoras inalámbrica se define como una red que posee como medio de propagación el espacio libre y utiliza ondas electromagnéticas para la transmisión de la información que viajan a través del canal inalámbrico, enlazando los diferentes equipos o terminales asociados. Estos enlaces pueden estar implementados a través de tecnologías de microondas, enlaces ópticos o infrarrojos, a diferencia de las redes tradicionales cableadas donde esta información viaja a través de cables coaxiales, pares trenzados o fibra óptica (Weinmann and Dostert 2005).

Existen diferentes normas que estandarizan los tipos de tecnologías inalámbricas que se han desarrollado. En específico, la norma IEEE 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos define las características de la capa física (PHY) y de la capa de control de acceso al medio (MAC) para redes locales inalámbricas (*Wireless Local Access Network* - WLAN). La norma define tres topologías para las WLAN: Ad-hoc (punto a punto), Infraestructurada y Enlace de Redes de Area Local (LAN) o Redes de Area Amplia (WAN). También describe el uso de enlace por infrarrojo difuso así como dos tecnologías de Espectro Esparcido (SS) para la transmisión de ondas electromagnéticas: Espectro Esparcido por Secuencia Directa (DSSS) y Espectro Esparcido por Saltos de Frecuencia (FHSS) (Dornan 2005).

El Instituto de Ciencia Animal, de Cuba (ICA), tiene instalado un enlace inalámbrico para la conexión a la red nacional de ENET (Proveedor de Servicios de Internet - ISP, de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba - ETECSA), mediante el cual recibe los servicios de Internet. Este enlace se realiza a través de un equipamiento que sigue el estándar IEEE 802.11, está configurado con topología de Enlace de LAN y utiliza la tecnología de espectro esparcido FHSS.

El objetivo de este trabajo es demostrar la viabilidad de este enlace a través de su estudio detallado y monitorización para proponer el empleo de las WLAN como solución viable para la conexión de entidades agropecuarias ubicadas en zonas rurales, así como llamar la atención sobre el uso de nuevas tecnologías de redes que permitan reportar importantes ventajas para la conexión de los centros de producción, docencia e investigación vinculados al sector agropecuario que, por lo general, se encuentran en zonas carentes de infraestructura de telecomunicaciones en todo el mundo.

## 2. MATERIALES Y METODOS

El caso de estudio es el enlace inalámbrico del ICA con ETECSA para brindar servicios de Internet internos y externos.

La red local del ICA tiene conectadas 82 computadoras y tiene registrados 370 usuarios. Ofrece los servicios de Internet a partir de un servidor para la navegación Web y otro servidor de correo electrónico. Existen otros dos servidores que ofrecen el servicio de hospedaje de páginas Web para el acceso desde el exterior, uno con el portal de extensionismo y otro con la página de la IntraMES (página del ICA de la red de los Centros del Ministerio de Educación Superior de Cuba - MES). Estos cuatro servidores están conectados al enlace inalámbrico por la parte del ICA. El equipo receptor/transmisor se encuentra ubicado en una antena, exactamente a 50 m del suelo.

En San José, el equipo está en la torre de transmisión de ETECSA. De esta parte, se conecta un Encaminador (equipo de conexión de red - Router) de la marca Huawei, el cual entra a una interfaz frame-relay (tecnología de enlace de redes) con 128 Kbps (Kilo bits por segundo) de velocidad de transmisión, separado en dos Redes Virtuales Privadas (Virtual Privated Network - VPN) una, para los servicios de Internet del ISP de ENET y otra, para conectar con la red del MES. Estos enlaces conectan con los servidores de ENET y el MES que son los que proveen los servicios de Internet descritos.

La conexión inalámbrica entre el ICA y ETECSA es un enlace punto a punto, con una distancia entre los mismos de 17 Km. El equipo utilizado es Lucent SDR-232, que al ser diseñado con topología de Enlace de LAN toma el nombre Lucent BR-232. Este equipo utiliza un sistema conmutado inalámbrico de bajo costo, de alta capacidad y que opera en la banda no licenciada de 2,4 GHz, tiene implementada la tecnología FHSS, con velocidad de hasta 3,2 Mbps y está preparado para soportar condiciones ambientales desfavorables (User's Guide WaveACCESS NET 1998).

El estudio detallado y la monitorización del enlace inalámbrico se realizó mediante dos software de gestión y configuración: el MG-SOFT MIB Browser (User's Guide MG- SOFT MIB Browser 2001) y el WaveAccess Config (User's Guide WaveACCESS Config 1998), estos software permiten acceder a la información sobre el estado del equipo en cualquier momento a través de un sistema gestor-agente que consulta diferentes variables.

El software MG-SOFT MIB Browser se utilizó en su Edición Profesional, este programa permite monitorear y gestionar dispositivos SNMP (*Simple Network Management Protocol*) en una red, como servidores, routers, etc. El MG-SOFT MIB Browser actúa como Gestor colectando información de los diferentes Agentes SNMP presentes en los equipos que brindan la información a través de las variables.

Las variables colectadas a través de este software están agrupadas en la MIB II y en las WaveAccess MIB. La MIB II es una base de información de gestión estándar que contiene variables definidas por la ISO ASN.1 (Organización de estandarización de gestión de redes), la MIB II está implementada en todos los equipamientos de red gestionables. La WaveAccess MIB es una base de información de gestión propietaria del equipamiento y contiene las variables propias para el mismo.

De la MIB II y WaveAccess MIB se utilizó un grupo de variables relacionadas con la cantidad de paquetes IP (Protocolo Internet) y bytes que entraban o salían de los equipos. Pues era de interés saber cómo se comportaba el tráfico de datos en diferentes momentos. En la Tabla N° 1 se muestran estas variables.

Variable	Descripción	MIB
IfInOctets	Tasa de bytes recibidos por el equipo.	MIB II
IfOutOctets	Tasa de bytes enviados por el equipo.	MIB II
brmEthernetTx	Tasa de paquetes IP transmitidos en la conexión Ethernet.	WaveAccess MIB
brmEthernetRx	Tasa de paquetes IP recibidos en la conexión Ethernet.	WaveAccess MIB

**Tabla N° 1.** Variables monitoreadas por el MG-SOFT MIB Browser

Según se describe en la tabla, las variables informan las cantidades en byte recibidas y transmitidas, así como las cantidades de paquetes IP recibidos y transmitidos, lo que permitió estudiar el tráfico que hubo en el enlace.

El otro software utilizado para el estudio del enlace fue el WaveAccess Config, el cual está incorporado e implementado conjuntamente con el equipo y permite la configuración y monitorización de las antenas. De este software se utilizó un grupo de variables relacionadas con el funcionamiento, pues era de interés conocer los niveles de ruido que afectaban al canal en cada momento, así como la fuerza de la señal. En la Tabla N° 2 se muestran las variables seleccionadas.

Variable	Descripción
Ruido Promedio	Es el ruido promedio que tiene todo el canal en cada momento. Cuando es mayor que el nivel de ruido calibrado la eficiencia del equipo disminuye proporcional a la diferencia entre ambos.
Indicador de Ruido por Subcanales de Frecuencia	Relaciona el nivel de ruido por cada subcanal de frecuencia del enlace inalámbrico. Menor valor, menor ruido en esa frecuencia.
Indicador de la Fortaleza de la Señal Recibida (RSSI)	Informa los valores de la señal de radio transmitida en un intervalo.

**Tabla N° 2.** Variables monitoreadas por el WaveAccess Config

A partir de estas variables se estudió el comportamiento del canal durante la transmisión de los datos, en cuanto al ruido presente en el canal de transmisión así como la fortaleza de la señal de radio.

El monitoreo de las variables descritas se realizó durante varios días y considerando diferentes condiciones ambientales y de tráfico, con el interés de conocer el comportamiento del enlace y los factores que lo afectaban.

Se trabajó en la colecta de los datos durante varios meses, a diferentes horas del día (*mañana, tarde y noche*) y en diferentes condiciones ambientales (*sol y calor, nocturno, nublado, lluvioso*), según propuesta de Silva et al. (2001).

La *mañana* fue considerada de 8 a 12 PM y la *tarde* de 1 a 5 PM, según el horario laboral del ICA, la *noche* a partir de las 5 PM hasta el otro día.

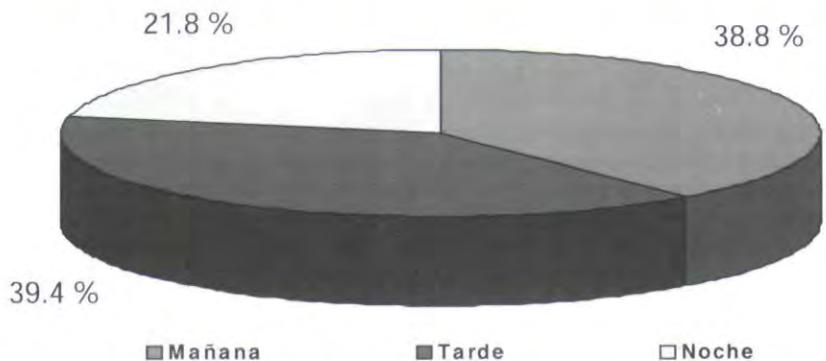
El *sol calor* se refiere a días soleados con calor, es decir, tomando los valores cerca del mediodía; *nublado*, se refiere a días o noches en el que prevalecen nubes y no hay tanto calor; *lluvioso*, días o noches en que llueve; *nocturno*, el período de la noche despejada y sin lluvia.

Atendiendo a que el tráfico en el horario nocturno es sensiblemente inferior al diurno, se realizaron pruebas generando tráfico en el horario nocturno, pues era de interés analizar el comportamiento para condiciones semejantes de tráfico en diferentes horarios y condiciones ambientales.

A partir de todos estos criterios se realizó la colecta de los datos los cuales fueron analizados posteriormente arrojando los resultados que se muestran y discuten a continuación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados relacionados con el tráfico en los diferentes horarios fueron obtenidos a partir de la monitorización realizada por el software MGSOFT MIB Browser de las variables correspondiente a la MIB II y WaveAccess MIB como ya fue comentado. En la Figura N° 1 se muestra su comportamiento.



**Figura n° 1.** Tráfico diario promedio

Como se puede apreciar, el tráfico es mayor durante el día, es decir, durante el horario laboral, pues en este horario existe mayor cantidad de usuarios accediendo a los servicios de Internet a través del enlace.

La otra variable analizada fue el Indicador de Ruido por Subcanales de Frecuencia, en los diferentes horarios del día, con un uso normal de los servicios disponibles. A continuación se muestra la Figura N° 2 que compara esta variable con el Tráfico generado.

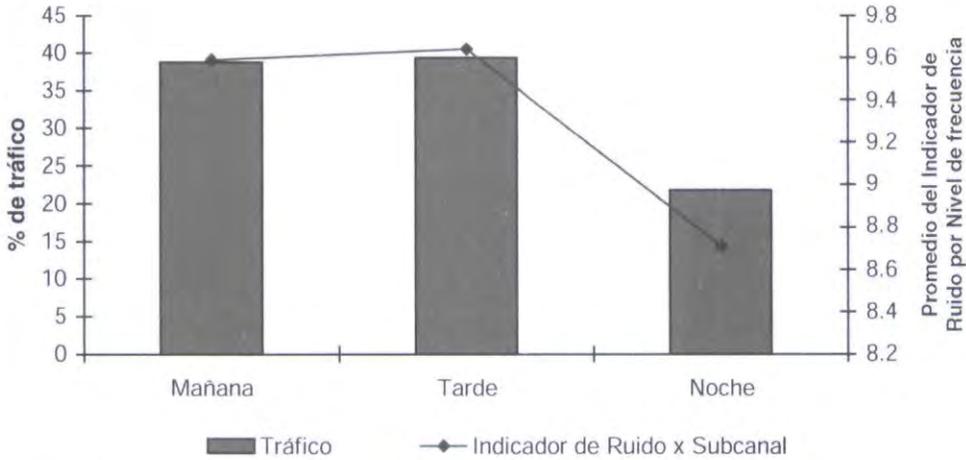


Figura N° 2. Comparación del por ciento de Tráfico y Ruido promedio en cada nivel de frecuencia.

El Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia es mayor en el horario de la mañana y la tarde, cuando es mayor también el Tráfico por el canal de transmisión. Aparentemente, al aumentar el tráfico, se afecta el ruido por los subcanales de transmisión, sin embargo según plantea Ouellet et al. (2002) existe independencia entre estas variables.

Para corroborar la independencia del Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia y el Tráfico, se generó transmisión y recepción de datos en el horario nocturno, pues es este el horario de menor tráfico. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura N° 3.

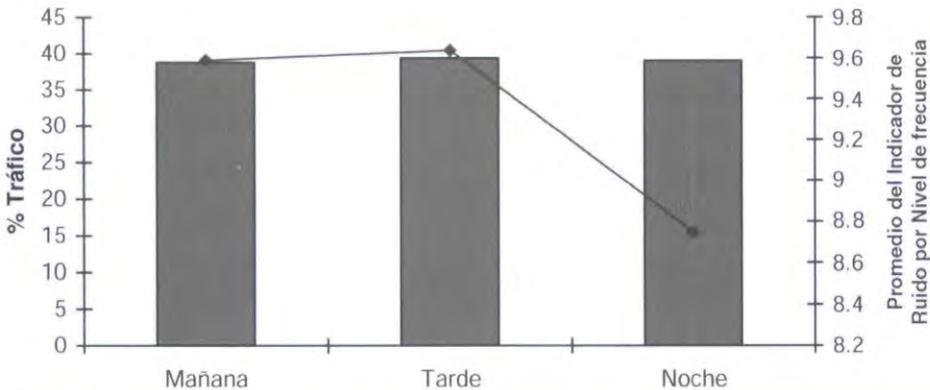


Figura N° 3. Comparación del por ciento de Tráfico y promedio del Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia cuando se generó tráfico en el horario de la noche.

Según se puede apreciar, al aumentar el tráfico en la noche no se afectó el Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia, esto quiere decir que otras condiciones ajenas al tráfico son las que pueden ocasionar el ruido, y esto también coincide con lo que plantea Becerra et al. (2005).

A partir de este análisis se estudiaron cómo incidían las condiciones ambientales en la variable Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia. De ahí se analizaron los datos colectados según las diferentes condiciones analizadas. En la Figura N° 4 se relacionan las condiciones ambientales consideradas en la colecta de datos con el Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia.

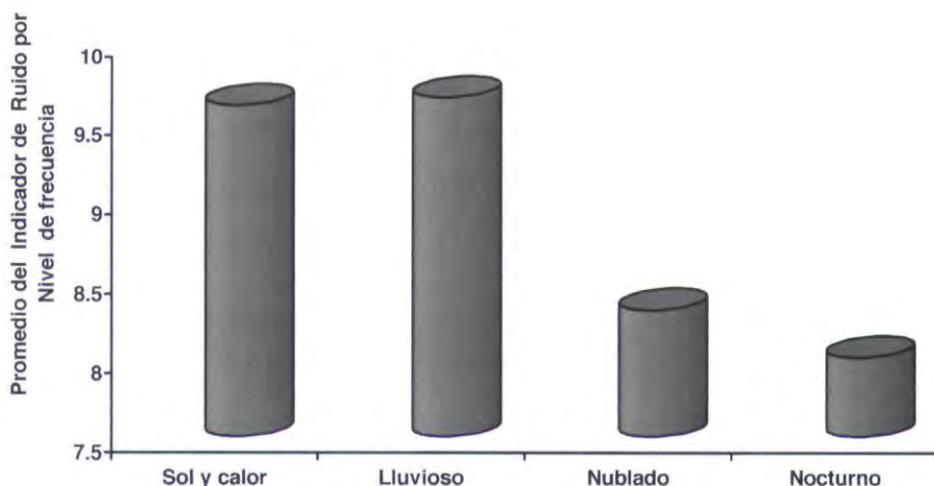


Figura N° 4. Comportamiento del Indicador de Ruido por Subcanales de Frecuencia en diversas Condiciones Ambientales

Se pudo constatar que mientras avanzaba el día hacia el mediodía, es decir, en días de mucho sol cuando aumentaba el calor, el Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia era mayor, el mismo comportamiento seguía esta variable cuando comenzaba a llover. Sin embargo, en el horario nocturno o días nublados, cuando el calor era menor, los valores de la variable se mantenían estables. Esto quiere decir que las condiciones que afectan de forma más desfavorable el comportamiento del Indicador de Ruido por Subcanal de Frecuencia son la lluvia y la temperatura.

A pesar de esta situación, los resultados alcanzados demostraron que los deterioros sufridos por el incremento del ruido en ningún caso determinaron la interrupción del enlace ni redujo el desempeño de forma considerable, manteniéndose durante todas las pruebas el satisfactorio funcionamiento de la red.

Esto se debe a que el estándar IEEE 802.11 garantiza la comunicación con adecuado desempeño a pesar del ruido producido por las condiciones ambientales, siempre y cuando se cumplan las exigencias técnicas que exige el estándar, relacionados con la distancia, visibilidad de los equipos, etc., lo cual es planteado también por Ouellet et al. (2002).

La variable monitoreada Indicador de Fuerza de la Señal Recibida (RSSI) durante todo el tiempo se mantuvo en 15. Esta variable se ve afectada, fundamentalmente, cuando puede existir movilidad en el equipamiento según la topología empleada. Sin embargo, en este trabajo la topología es Enlace de LAN, lo cual quiere decir que las antenas se encuentran ubicadas de forma fija. Por lo que se puede reafirmar que factores como Tráfico y Condiciones ambientales no afectan el valor de RSSI.

Según las variables y condiciones estudiadas, no existen situaciones adversas considerables para el buen funcionamiento de equipos inalámbricos que sigan el estándar IEEE 802.11. Las afectaciones de ruido no limitan el funcionamiento en general de la red y se puede garantizar buena

calidad en los servicios que puede necesitar una entidad agropecuaria. Esto puede ser constatado a partir de la experiencia favorable que ha tenido el ICA al garantizar servicios de Internet con calidad a través de un enlace inalámbrico con este estándar.

Por tanto el uso de las WLAN con equipamientos IEEE 802.11 y topología de Enlace de LAN es viable para la conexión de entidades agropecuarias carentes de infraestructura de telecomunicaciones, al ser considerados los servicios de redes que necesitan los centros de producción, investigación y docencia agropecuarios.

#### **4. SOLUCION ALTERNATIVA PARA CONECTIVIDAD DE CENTROS AGROPECUARIOS**

En los últimos años se han obtenido resultados alentadores en la transmisiones de voz y datos usando como soportes líneas de transmisión de energía eléctrica, en lo que se ha dado en llamar Power Line Communication (PLC). Esta tecnología resulta una atrayente opción para la conexión a redes de zonas rurales al considerar que las líneas eléctricas alcanzan más lugares que el servicio telefónico. En Cuba, exactamente, la penetración telefónica llega al 7,2% de la población, mientras que la electricidad al 99,2% (Moliner et al 2005).

PLC madura rápidamente y ya se obtienen velocidades de hasta 200 Mbps (Mega bits por segundo), aunque todavía son incipientes los procesos de estandarización y quedan por resolver aspectos de seguridad y protección contra interferencias (Lemma 2004).

Para conectividad de zonas agropecuarias carentes de infraestructura de telecomunicaciones resulta prometedor el trabajo conjunto de las distribuidoras de Energía Eléctrica y los operadores de Telecomunicaciones en soluciones calculadas, así como estudiar las particularidades de cada región para la aplicación de cada tecnología independiente o en conjunto.

#### **5. REFERENCIAS**

- Becerra, A. Fernández, I., Jiménez, J. Ranchal, L. 2005. Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información. Albadalejo, S.L. Madrid, España.
- Dornan, A. 2005. Broadband Over Power Lines. Network Magazines. 20. Issue 4, p. 60.
- Lemma, A. 2004. Developing Countries' Perspective of Power Line and Wireless Communications. IEEE Communications Magazine. 42 (9). P 3.
- Moliner, Carmen; García, A. Roche, A. 2005. Transmisión de Datos sobre Redes Eléctricas: Una Solución para el Sector Agropecuario. Memorias del II Seminario Internacional de Telecomunicaciones. XI Convención Internacional de Informática 2005. Ciudad de la Habana. Mayo 2005.
- Oullet, E., Padjen, R., Pfund, A. Fuller, R. Blankenship, T. Building a Cisco Wireless LAN. 2002. Syngress Publishing, Inc., Rockland, MA, USA.
- Silva, S.; Braz, D.; Vezaro, R.; Roche, A. and Westphall, C.B. 2001. Gerenciamento da performance do enlace sem fio que faz parte da Internet2 em SC. Memorias del VII Congreso Internacional de Ingeniería Informática. Buenos Aires, Argentina. Abril 2001.
- Sotolongo, A, Mederos, R.E., Roche, A., Gutierrez, M. y Artilles, M. 2004. Sistema automatizado para la gestión del Control Técnico individual del ganado vacuno. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 38 (3). p. 235.
- User's Guide. MG-SOFT MIB Browser. 2001. MG-SOFT Corporation. Seattle, USA.

- User's Guide. WaveACCESS Config. 1998. Lucent Technologies, Bell Laboratory. Québec, Canada.
- User's Guide. WaveACCESS NET. 1998. Lucent Technologies, Bell Laboratory. Québec, Canada.
- Weinmann, F. and Dostert, K. 2005. Verification of background noise in the short wave frequency range according to recommendation ITU-R P.372. AEU - International Journal of Electronics and Communications. Article in Press. Available online 8 April 2005.

Copyright of Revista Ingeniería Industrial is the property of Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.