

SISTEMA ROBÓTICO MÓVIL PARA LA TRANSMISIÓN DE VOZ Y DATOS EN ZONAS AFECTADAS POR DESASTRES NATURALES

Realizado por:
Ing. Enmanuell Ordaz, / Correo: enmanuellordaz@gmail.com
Ing. Kevin Worme / Correo: kevinworme175@gmail.com
Ing. Reinaldo Ruiz / Correo: reinaldoruize@gmail.com

Tutor Académico:
MSc. Junior González / Correo: jagonzalez9@urbe.edu.ve

Tutor Metodológico:
Dra. Maribel Ordoñez / Correo: mapaz1@urbe.edu.ve

Actualmente, los robots móviles se definen como sistemas electromecánicos capaces de desplazarse de manera autónoma sin estar físicamente sujetos a un solo punto. Estos sistemas están compuestos por robots, que son máquinas programables capaces de llevar a cabo acciones físicas y tareas específicas. Los robots móviles utilizan sensores para monitorear su posición relativa en todo momento, tanto con respecto a su punto de origen como a su punto de destino. Esto sin duda, es un avance que simboliza el gran paso adelante para el país, ya que se está adentrando en el mundo de la subdivisión de la robótica avanzada a nivel global.

Por otra parte, Venezuela no se queda atrás en relación a los desastres naturales a pesar de que estos no sean tan comunes como en otros países, la nación ha experimentado eventos devastadores, especialmente en las zonas rurales donde los sismos, movimientos en masa, deslizamientos, tormentas tropicales, lluvias intensas e inundaciones tienen un impacto significativo.

Por mencionar que, en octubre de 2022 se presentó un acontecimiento donde en el estado Aragua, específicamente en la zona de Las Tejerías, comenzó a caer un fuerte diluvio por más de unas cuantas horas, ocasionando derrumbes o deslizamientos de tierra como a su vez, inundaciones en el área debido al desborde de los ríos, afectando las viviendas e inundando las calles de la localidad, arrasando con todo lo que el agua encontró a su paso dejando sin electricidad y comunicaciones la zona, debido a la afectación de las estaciones base de las operadoras telefónicas, pero esto lo hace muy crucial e importante para situaciones como esta dado que facilita la posibilidad de coordinar esfuerzos para la supervivencia y la recuperación durante la crisis.

Igualmente, los desastres naturales pueden tener una importancia notable en las Telecomunicaciones de diversas maneras. Por ejemplo, los terremotos e inundaciones pueden causar daños a las torres de comunicación y los cables de fibra óptica, lo que interrumpe la conectividad y la transmisión de los datos. Del mismo modo, los huracanes pueden provocar cortes en el suministro eléctrico, lo que a su vez afecta las comunicaciones ya sea móviles o satelitales.

De esta manera, los incendios forestales figuran una amenaza adicional, ya que pueden dañar tanto las torres de comunicación como afectar las señales a través del aire o del espacio libre, al igual que los cables, las antenas, entre otros, lo que resulta en la suspensión inesperada de los servicios de tecnologías de la información, operaciones y la misma comunicación.

Por ende, los planes de contingencia son elementales para garantizar la continuidad del servicio de telecomunicaciones en caso de emergencias. Estos planes pueden incluir medidas como la protección de las torres de comunicación, las antenas y los cables de fibra óptica como también las conexiones móviles y satelitales contra los terremotos, inundaciones, huracanes e incendios forestales. A su vez, el resguardo de las torres de comunicación y los cables de fibra óptica es de suma importancia para garantizar la prolongación del servicio de la transmisión de los datos en caso de emergencias.

En cierta ocasión que se ha producido un desastre natural, las empresas de telecomunicaciones pueden tomar medidas para evaluar los daños y determinar qué infraestructura ha sido afectada ligera o gravemente. En ese caso, es posible que necesiten importar equipos y materiales al área para reparar la infraestructura dañada como también el tiempo que se tarda en restablecerse el servicio después de un desastre natural depende de varios factores. Sin embargo, el proceso de reparación y restablecimiento puede llevar varios días o incluso semanas.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez que se han definido y detallado los dispositivos y componentes a utilizar, se procede en la sección correspondiente a la investigación titulada Sistema Robótico Móvil para la Transmisión de Voz y Datos en Zonas Afectadas por Desastres Naturales. El objetivo primordial de este estudio es diseñar de manera integral tanto la estructura física como la lógica del sistema anteriormente propuesto. De esta manera, se adopta un enfoque metodológico que incluye la creación de varios diagramas, abarcando en si diagramas de bloques de los sistemas.

Este enfoque tiene como finalidad proporcionar una representación clara y organizada de los diferentes elementos y procesos involucrados, lo que facilita la comprensión y el desarrollo del sistema en su conjunto. Asimismo, este diagrama ofrece una representación exhaustiva de las interconexiones y los bloques funcionales que integran el sistema de los Robots Móviles. Cada bloque se detalla con precisión, destacando su función dentro del sistema y cómo interactúa con otros componentes.

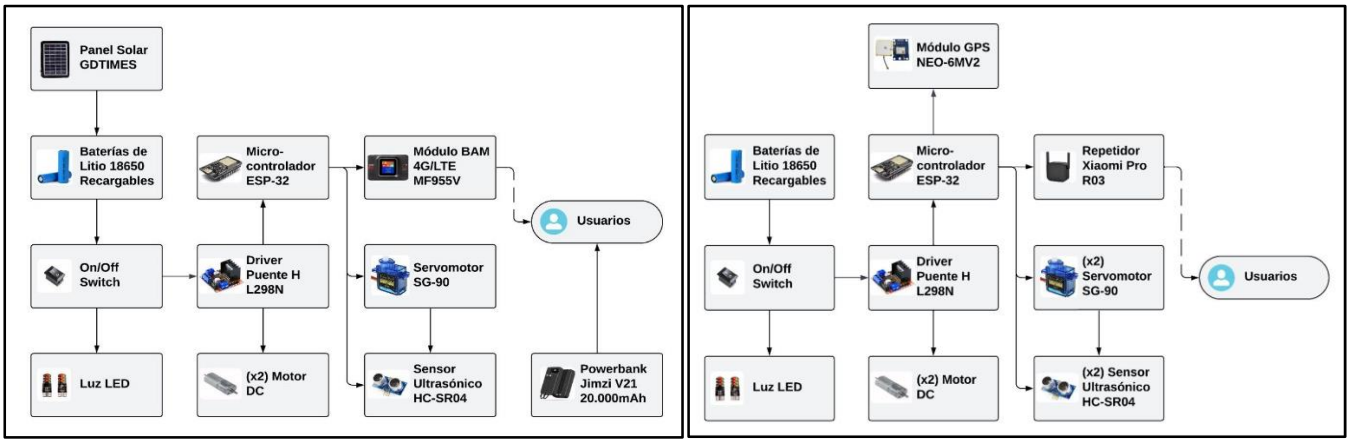

Figura 1. Diagrama de Bloques del Robot Principal (BTS) y del Robot Secundario (Repetidor) Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024).

Como se visualiza en la figura 1, este diagrama representa el flujo de funcionamiento del Robot Principal, con sus componentes y cómo interactúan entre sí. En ese sentido, el Panel Solar GDTIMES capta energía solar para alimentar al robot. La energía generada es utilizada para cargar las baterías de lítio recargables (18650), que son las que almacenan la energía que alimenta todos los componentes del robot móvil, incluyendo los motores, luces LED, microcontrolador, y sensores. A su vez, los motores de corriente continua (DC) son responsables del movimiento del robot. Estos motores están controlados por un Driver Puente H (L298N), el cual regula la dirección y velocidad de los motores, esenciales para la movilidad del robot.

Seguidamente, el Microcontrolador ESP32 procesa toda la información que recibe de los sensores, y además controla los motores, la comunicación, y otros componentes como el Sensor Ultrasónico HC-SR04, el cual detecta obstáculos y mide distancias para que el robot pueda movilizarse evitando colisiones. Dicho sensor trabaja en conjunto con el Servomotor SG-90 para ajustar su posición. De igual forma, para mejorar la cobertura de la red de comunicaciones.

Por otra parte, para asegurar la transmisión de voz y datos a los usuarios en áreas afectadas, el robot principal cuenta con el módulo bam 4G/LTE MF955V, a la vez que cuenta con una antena omnidireccional MikroTik interna que permite ampliar la cobertura de la señal para que los usuarios puedan conectarse a la red proporcionada por el robot. La antena permite la conexión inalámbrica de los usuarios a través del módulo bam 4G/LTE permitiendo que los usuarios se conectan al sistema a través de la red proporcionada por la antena y el módulo. Esto les permite tener acceso a la transmisión de voz y datos mediante Wi-Fi después de una situación de desastre natural en la zona afectada.

Finalmente, el Powerbank Jimzi V21 actúa como una fuente de energía adicional o de respaldo para cargar otros dispositivos, como teléfonos móviles o equipos electrónicos. El robot también cuenta con una luz LED que ofrece retroalimentación visual de la ubicación y estado del robot, y también puede servir para iluminar áreas afectadas.

Dicho esto, se presenta a continuación el diagrama que ilustra de manera detallada el flujo de funcionamiento del Robot Secundario. Este esquema proporciona una representación visual clara de las conexiones del sistema de este robot secundario, con el fin de repetir o extender la señal del robot principal.

Similar al robot principal, el diagrama de bloques muestra el funcionamiento y la interconexión de los componentes del robot secundario. Este robot funciona como un repetidor móvil con la capacidad de extender la cobertura de la señal, garantizando que la señal de comunicación cubra

una mayor área y permitiendo a más usuarios acceder a la red en zonas afectadas. No genera la señal principal, sino que la recibe del robot principal y la redistribuye a los usuarios. Para cumplir esta función, el robot secundario cuenta con el Repetidor Xiaomi Pro R03 que tiene dos (02) antenas omnidireccionales MikroTik pequeñas internas para proporcionar acceso a la red en áreas que están fuera del alcance del robot principal.

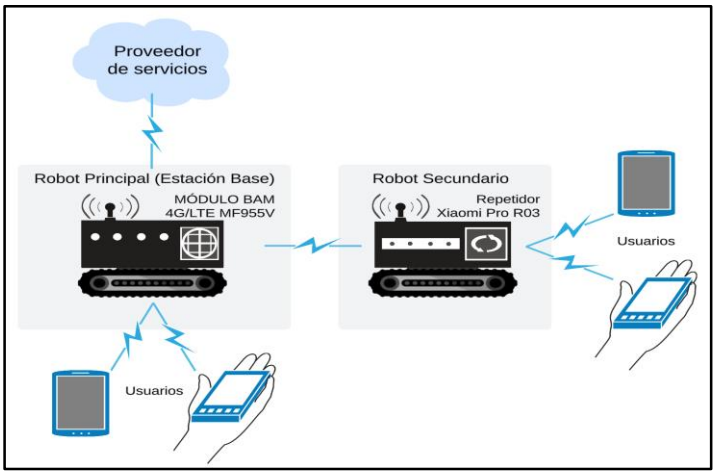

Figura 2. Diagrama General de la Red a Transmitir Voz y Datos.
Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024).

Continuando con el diagrama general de la red a transmitir voz y datos representado en la figura 32 se visualiza como se establece la red de comunicación en una zona afectada por desastres naturales, permitiendo a los usuarios conectarse a la red y utilizar servicios de voz y datos a través de robots móviles que funcionan como nodos de red. El Robot Principal actúa como la estación base, mientras que el Robot Secundario extiende la cobertura de la señal para maximizar el área de conectividad.

En ese sentido, el Proveedor de Servicios es una red externa que proporciona conectividad a través de la infraestructura existente. Este proveedor es el origen de la señal de voz y datos que será retransmitida en la zona afectada y el robot principal está equipado con un módulo bam 4G/LTE MF955V, el cual es responsable de conectarse directamente al Proveedor de Servicios. A través de esta conexión, el robot principal actúa como el nodo central o estación base de la red, encargándose de gestionar la conexión principal con la infraestructura de comunicación externa y transmitir esa señal que luego puede ser utilizada por los usuarios directamente o transmitida a otros robots.

El Robot Secundario está equipado con un Repetidor Xiaomi Pro R03, que le permite recibir la señal inalámbrica enviada desde el Robot Principal. Su función principal es actuar como un

repetidor, es decir, amplifica y extiende la señal para llegar a áreas más alejadas o donde el Robot Principal no tiene cobertura directa. De esta forma, los usuarios que están fuera del alcance del Robot Principal pueden seguir conectándose a la red a través del Robot Secundario utilizando sus dispositivos móviles. La conexión puede hacerse directamente al Robot Principal si están cerca, o al Robot Secundario si están fuera del rango de la estación base.

En relación a lo anterior, para visualizar cómo la red operaría en un entorno simulado antes de desplegarla físicamente, se hizo uso del software de simulación Cisco Packet Tracer para el diseño de la red.

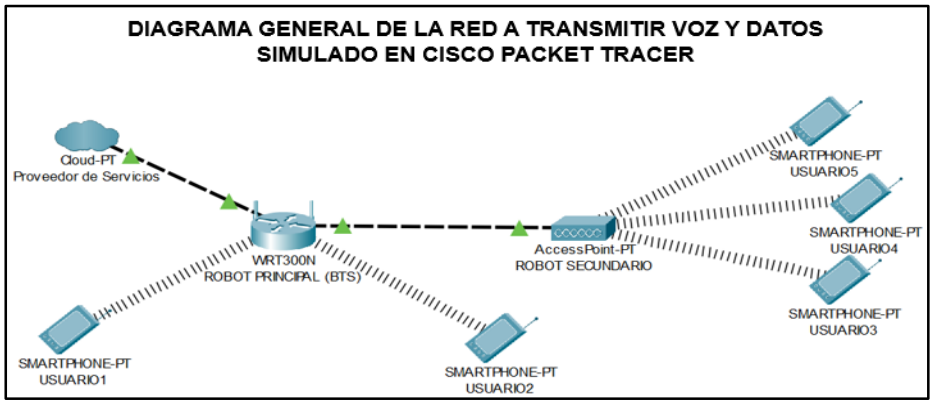

Figura 3. Diagrama General de la Red a Transmitir Voz y Datos en Cisco Packet Tracer. Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024)

Tal como se ha conceptualizado en el anterior diagrama general de la red en la figura 3, este diagrama simulado se correlaciona con dicho diseño. En ese sentido, el Proveedor de Servicios (Cloud-PT) representa la conexión externa a una red móvil 4G/LTE o un proveedor de servicios de internet. Es el punto de partida de la señal de voz y datos que será distribuida a los usuarios a través del robot principal y el repetidor. Seguidamente, el Router WRT300N simulado representa un rol equivalente al Robot Principal. En la simulación, el router actúa como la estación base (Robot Principal) que recibe la señal del proveedor de servicios (Cloud-PT) y la distribuye a los usuarios directamente y a través del Access Point (Robot Secundario) para extenderla.

De igual manera, el Access Point simulado en Cisco Packet Tracer representa al Robot Secundario (Repetidor) que extiende la señal recibida desde el Robot Principal para alcanzar a más usuarios. Luego, los dispositivos móviles que aparecen en la simulación (etiquetados como SMARTPHONE-PT USUARIO1, USUARIO2, entre otros) representan a los usuarios que se conectan a la red mediante sus dispositivos móviles para transmitir voz y datos. Los usuarios cercanos se conectan directamente al Robot Principal, mientras que los que están más lejos se conectan al Robot Secundario para recibir la señal amplificada.

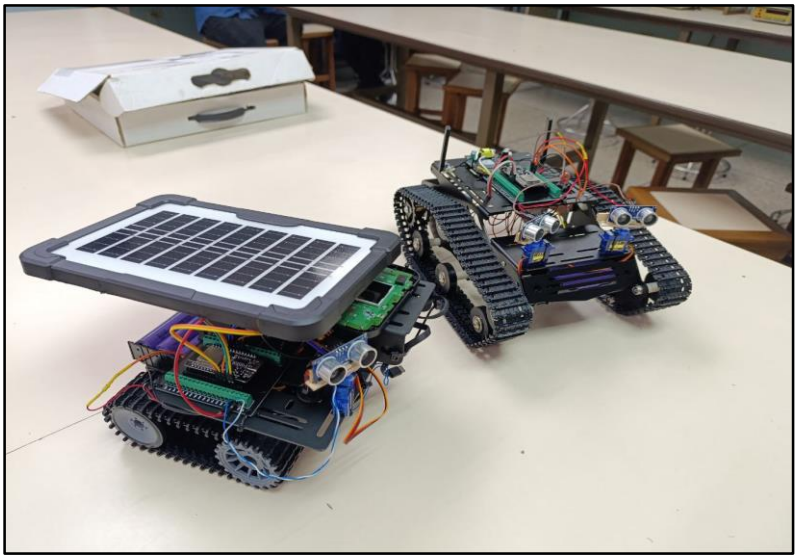

Figura 4. Fase de Pruebas de los Sistemas Robóticos Móviles (I).
Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024).

La interacción para controlar el robot principal (BTS) se realiza a través de los botones ubicados en el lado izquierdo. Estos botones permiten el movimiento del robot en distintas direcciones: el botón "↑" mueve el robot hacia adelante, el botón "→" lo dirige hacia la derecha, el botón "←" lo mueve hacia la izquierda y el botón "↓" lo hace retroceder. Cabe destacar que el sensor ultrasónico y el servomotor del robot móvil están programados de manera que el servomotor gira 180 grados cada dos segundos y el sensor ultrasónico bloqueará el avance hacia adelante cuando detecta un obstáculo dentro de un rango de 25 cm.



Figura 5. Simulación del Robot Principal en una Zona de Prueba.
Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024).

Este entorno proporciona las condiciones adecuadas para evaluar el desempeño del robot móvil en situaciones reales. Este tipo de terreno, compuesto por características similares a las que se encuentran en desastres naturales, permite simular con precisión escenarios de emergencia y esto no solo facilita la verificación de la efectividad y capacidad de respuesta del robot móvil, sino que también garantiza su operatividad y eficiencia en situaciones críticas.

Al someter el robot principal (BTS) a estas pruebas rigurosas, se asegura que pueda desempeñarse de manera óptima cuando sea necesario, ofreciendo el servicio de transmisión de voz y datos, facilitando las labores de rescate y recuperación en condiciones de desastres naturales.

Al someter el robot secundario (Repetidor) a estas pruebas rigurosas, se asegura que pueda desempeñarse de manera óptima cuando sea necesario, recibiendo la señal del BTS y extendiendo el servicio de transmisión de voz y datos, simplificando las labores de rescate y recuperación en condiciones de desastres naturales. De esta forma, se procederá a la verificación del repetidor Xiaomi Pro para comprobar si es capaz de recibir y amplificar la señal proveniente del módulo bam 4G/LTE, extendiéndola adecuadamente. Este proceso permitirá la transmisión eficiente de voz y datos a través de Wi-Fi, garantizando así su óptimo funcionamiento para los usuarios afectados por el desastre natural.

La evaluación de estas capacidades es esencial para garantizar que el dispositivo proporcione una conectividad fiable y estable, facilitando así la comunicación y las labores de rescate en situaciones de emergencia. Para lograr esto, una vez que el repetidor Xiaomi Pro esté conectado con el módulo bam 4G/LTE, aparecerá una red Wi-Fi adicional denominada "SYSTEM EMERGENCY (WOR) _plus". Los usuarios podrán conectarse a esta red utilizando la contraseña "1234WOR8" o simplemente mediante un código QR.

Una vez conectados, se verificará que la red esté completamente operativa y que brinde el servicio previsto. Este proceso de verificación es fundamental para asegurar que todos los parámetros de conexión y transmisión se cumplan, garantizando así una experiencia de usuario integral y satisfactoria en las zonas afectadas. La validación meticulosa de estos parámetros es esencial para proporcionar una conectividad fiable y estable, especialmente en áreas impactadas por desastres naturales. De este modo, se asegura que el sistema pueda soportar las exigencias y condiciones adversas, ofreciendo un servicio continuo y de alta calidad a los usuarios.



Figura 6. Verificación y Conexión de los Usuarios al Repetidor.
Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024).

En la interfaz de monitoreo del repetidor, destinada para el uso del operador, es accesible a través de la aplicación 'Mi Home'. En esta plataforma, el operador puede monitorear y supervisar diversos aspectos del repetidor, tales como la cantidad de usuarios conectados, la potencia de la señal recibida del módulo bam 4G/LTE y otros parámetros relevantes.

Asimismo, esta aplicación de monitoreo es esencial para asegurar el funcionamiento óptimo de la conexión entre el repetidor y el módulo bam, permitiendo una rápida respuesta ante cualquier eventualidad que pueda surgir en caso de desastre natural. Además, proporciona información detallada y actualizada, facilitando la gestión y el mantenimiento de la red.

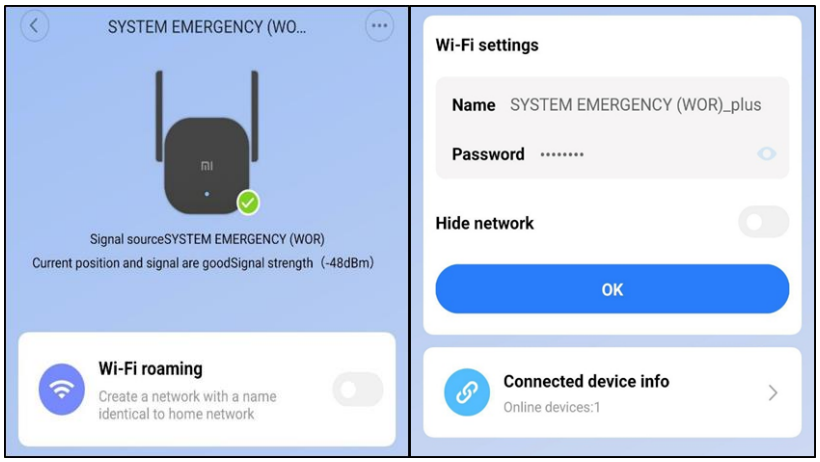

Figura 7. Interfaz de Monitoreo de la Red del Repetidor Xiaomi Pro.
Fuente: Ordaz, Ruiz y Worme (2024)

Finalmente, con este procedimiento se puede confirmar que todo el sistema de ambos robots móviles está completamente operativo y listo para enfrentar las adversidades para las cuales fue diseñado. Los robots poseen la capacidad de superar cualquier obstáculo, proporcionando además una red de comunicaciones eficiente. Esto incluye la transmisión de voz y datos a través de Wi-Fi,

garantizando una conectividad continua y fiable para los usuarios, especialmente en situaciones repentinas en la zona afectada o algún cambio en ella.

CONCLUSIONES

La Verificación mediante pruebas del funcionamiento del Sistema Robótico Móvil para la Transmisión de Voz y Datos en Zonas Afectadas por Desastres Naturales confirmó el éxito en la consecución de los objetivos y la capacidad operativa del sistema en entornos diversos, que permite a los usuarios afectados por los desastres naturales una comunicación y transmisión de la voz y datos a través de Wi-Fi eficiente y segura, contribuyendo así a la eficacia de las labores de rescate y asistencia humanitaria.

Por concluyente, este trabajo especial de grado ha logrado desarrollar con éxito un Sistema Robótico Móvil innovador, cuyo propósito central es proporcionar una comunicación estable, eficiente y segura que beneficiará a las personas afectadas en las zonas donde ocurren Desastres Naturales. La implementación de este sistema representa un avance significativo en los campos de la Robótica, la Electrónica y la Transmisión de Voz y Datos, ofreciendo soluciones prácticas y tecnológicamente avanzadas que promueven una mayor eficiencia en las labores de rescate.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Mejía, E. (2005). **Técnicas e instrumentos de investigación**. 1era edición. Perú: Centro de producción editorial e imprenta de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ogata, K. (2007), **Dinámica de sistemas**. Estados Unidos: Editorial Pearson Education.

Ollero, A. (2001), **Robótica. Manipuladores y robots móviles**. Barcelona, España: Editorial Marcombo.

Tomasi, W. (2023), **Sistemas de comunicaciones electrónicas**. 2da edición. Estados Unidos: Editorial Pearson Education.Luque, R. (2020).

Forouzan, B. (2007). **Transmisión de datos y redes de comunicaciones**. 4ta edición. España: McGraw-Hill Interamericana de España.

Carlson, B. (2007). **Sistema de comunicación**. 4ta edición. México: McGraw-Hill Interamericana de Ciudad de México.

Huidobro, J. y Conesa R. (2006). **Sistema de telefonía**. 5ta edición. España: Ediciones Paraninfo, S.A. en Madrid.