UNIDAD MÓVIL PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FISICAS Robot-1

Oscar Alexander Henao H; Juan Pablo Jiménez J; José Bestier Padilla B. Miembros, Grupo de Investigación En Desarrollos Tecnológicos GIDET, Programa de Tecnología en Electrónica; Universidad del Quindío - Colombia.

***Resumen*— En este trabajo se presenta el diseño, construcción y desarrollo de un carro robot, cuyas características favorecen la movilidad y desempeño en lugares de difícil acceso, siendo controlado mediante un sistema de radiofrecuencia *full-duplex* [1], transmitiendo señales de tres sensores dispuestos en la plataforma móvil; adicionalmente presenta la posibilidad de transmisión de audio y video desde él mismo en tiempo real.**

***Índice de Términos*—Robot, Radiofrecuencia, RX, Telemetría, TX.**

I. Introducción

Teóricamente el uso de sistemas robóticos podría extenderse a casi todas las áreas imaginables en donde se necesite de la ejecución de tareas mecánicas hoy ejecutadas por el hombre o imposibles de ejecutar por él , por ejemplo, una exploración sobre el terreno de la superficie marciana. Se entiende, en este contexto, que tarea mecánica es toda actividad que involucra presencia física y movimiento por parte de su ejecutor. Algunos de los campos de aplicación actuales de la robótica son: Investigación, exploración, entretenimiento, construcción, automatización Industrial y uso militar, entre otros [2].

Como se mencionó anteriormente, las aplicaciones de los sistemas robóticos podrían ser innumerables, sin embargo existen factores decisivos que impiden el crecimiento y desarrollo de esta tecnología, siendo el económico uno de los mas relevantes. [3]

En particular, el sistema aquí descrito es relativamente económico y consta de un carro robot radio-controlado con visualización de las variables físicas en una LCD dispuesta en el control o mando; para una mejor conducción y ubicación, la plataforma móvil se dotó con una mini-cámara para la transmisión de audio y video en tiempo real, siendo esto una ventaja para los módulos de transmisión de comando ya que trabaja a 2.4 GHz y a una distancia de 300 metros entre el control y la plataforma móvil.

Manuscrito entregado en marzo 9 de 2009. Este artículo fue desarrollado en el Grupo de Investigación En Desarrollos Tecnológicos GIDET Articulo final de trabajo de grado.

Oscar Alexander Henao H, Tecnólogo en Electrónica de la Universidad del Quindío y Miembro del GIDET; e-mail: oscarhenao3600@yahoo.com.

Juan Pablo Jiménez J, Tecnólogo en Electrónica de la Universidad del Quindío y Miembro del GIDET; e-mail: juanpabloj.jimenez@gmail.com.

José Bestier Padilla B, Docente del Programa de Tecnología Electrónica de la Universidad del Quindío y Miembro del GIDET; e-mail: jbpadilla@uniquindio.edu.co).

II. Montaje

En la figura 1 se presenta un diagrama de bloques que describe el montaje completo del proyecto; en el cual se muestra cada una de las etapas en las que se divide el sistema.

Figura 1. Diagrama de bloques de Robot-1.

A continuación se detalla cada una de las etapas vistas en la figura 1:

Para la maniobrabilidad de Robot-1 se cuenta con un mando de 5 posiciones con el cual se dirige la plataforma móvil y la cámara, adicional a esto se tiene una pantalla LCD para la visualización de los valores que entrega cada sensor; además de mini-cámara para la transmisión de audio y video en vivo logrando el aprovechamiento total de todos los componentes que conforman a Robot-1, ya que su rango de operación esta entre los 10cm y los 3 metros sin obstáculos.

III. Diseño y Conceptos

Avanzando en el diseño y construcción del vehículo Robot-1 para el monitoreo de variables físicas en lugares de difícil acceso, se hizo necesario tener en cuenta el esquema de

transmisión de datos de **Claude E. Shannon.** Mostrado en la figura 2.

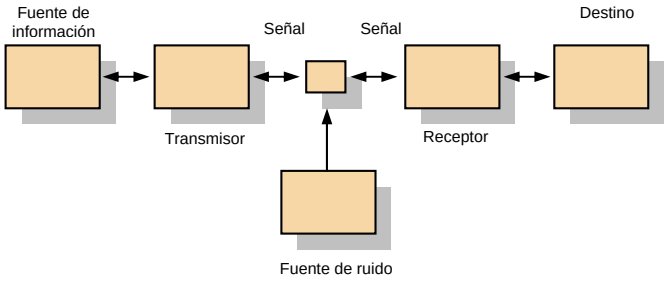

Figura 2. Esquema se comunicación de Shannon-Weaver

Para este caso de transmisión se usó un sistema inalámbrico que fuese capaz de transmitir los comandos de direccionamiento desde el control de mando hasta el sistema robot, para que fuera guiado a través del terreno en el que se hallaba. Por lo tanto revisando minuciosamente los sistemas inalámbricos de los que se dispone hoy en día se encontró que los sistemas de radiofrecuencia son los más comúnmente utilizados en este tipo de procedimientos ya que además de todo pueden ser diseñados de frecuencias diferentes dentro del rango del espectro de radiofrecuencias (RF), proporcionando de esta manera un óptimo desempeño en las aplicaciones necesarias y haciendo de ésta manera un módulo de RF del orden de los hertz (Hz), kilohertz (kHz), Megahertz (MHz) o Gigahertz (GHz), seleccionado entonces según sean los datos y la distancia a transmitir.
En el caso de Robot-1 se optó por la implementación de un módulo de telemetría cuyas características son: frecuencia de funcionamiento 2.4 GHz, distancia entre 100 metros y 300 metros, comunicación full dúplex, requerimientos suficientes para operar el vehículo encargado de sensar, trasmitir las variables físicas y tener control del mismo.

La radiofrecuencia se define como la porción menos energética del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena. Dichas frecuencias cubren bandas desde los 3Hz hasta los 300GHz, en la figura 3 se muestra esta sección de espectro electromagnético.

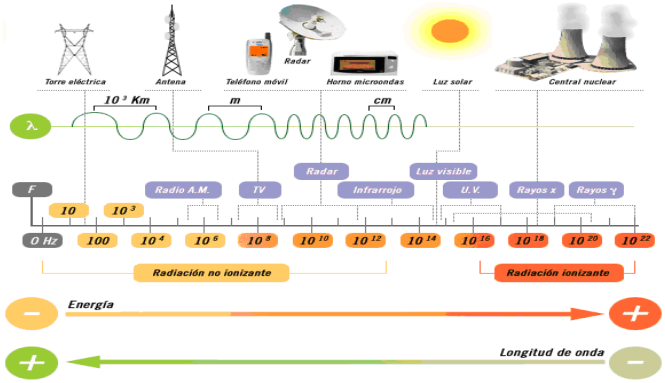

Figura 3. Espectro Electromagnético [4]

La radiofrecuencia se puede dividir en diferentes bandas del espectro que pueden ser utilizadas en diversas aplicaciones según sea su necesidad, en la tabla 1 se muestran estas frecuencias y algunas de sus características.

Tabla 1. Bandas de Radiofrecuencia [5].

Nombre	Abreviatura inglesa	Frecuencias	Longitud de onda
		Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia Extremely low frequency	ELF	3-30 Hz	100.000 km - 10.000 km
Super baja frecuencia Super low frequency	SLF	30-300 Hz	10.000 km - 1000 km
Ultra baja frecuencia Ultra low frequency	ULF	300–3000 Hz	1000 km - 100 km
Muy baja frecuencia Very low frequency	VLF	3–30 kHz	100 km -10 km
Baja frecuencia Low frequency	LF	30–300 kHz	10 km -1 km
Media frecuencia Medium frequency	MF	300–3000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia High frequency	HF	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia Very high frequency	VHF	30–300 MHz	10 m – 1 m
Ultra alta frecuencia Ultra high frequency	UHF	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Super alta frecuencia Super high frequency	SHF	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
Extra alta frecuencia Extremely high frequency	EHF	30-300 GHz	10 mm – 1 mm
		Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

Por lo tanto, la tabla (1) muestra que el sistema que se ha implementado se encuentra trabajando en Frecuencia Ultra Alta (UHF). La principal ventaja de funcionamiento en UHF es que hay menos probabilidad de interferencia debido al mayor espectro de frecuencia disponible, impidiendo que otras frecuencias menores como VHF y HF que son muy

usadas en comunicaciones interfieran en una transmisión de este tipo [6], además, los dispositivos en UHF son de bajo costo y sus antenas son más pequeñas.

Para el uso de estas frecuencias en el área de las comunicaciones es necesario establecer una modulación según sea la necesidad; la modulación de una señal consiste en modificar alguna de las características de la señal, llamada portadora, de acuerdo con las características de otra señal denominada moduladora. La tarea de modulación se realiza principalmente para adaptar una señal portadora al medio por el cual se desea transmitir, ya que por sus características inherentes no puede ser enviada a una distancia considerable directamente por el canal. Además, modular una señal facilita la propagación por el medio, ordena el radio espectro contribuyendo con más canales de información, disminuye las dimensiones de las antenas, optimiza el ancho de banda del canal, evita interferencia entre canales, protege la información de las degradaciones del ruido, define la calidad de la información transmitida, entre otras razones. En la figura 4 se muestra un ejemplo de modulación de amplitud (AM). [7].[8].

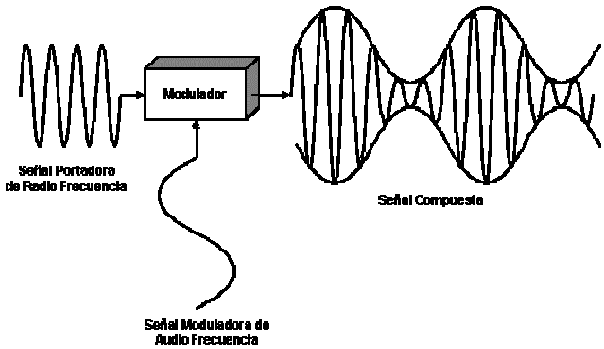

Figura 4. Ejemplo de Modulación

Principalmente se usan tres métodos de modulación digital que permiten alterar el ancho de banda sobre el cual será enviada la información. Estos tres métodos son muy empleados debido a su relativa sencillez y a que son ideales para la transmisión de datos digitales, ellos son: la modulación por desplazamiento de amplitud ASK (Amplitude Shift Keying), modulación por desplazamiento de frecuencia FSK (Frequency Shift Keying) y modulación por desplazamiento de fase PSK (Phase Shift Keying), existiendo además variaciones de las modulaciones anteriormente mencionadas. [8].

En este trabajo se utilizó la modulación por desplazamiento de frecuencia gausiana, en inglés Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK), que es una variación mejorada de la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK). Como es conocido, la modulación FSK consiste en otorgar una frecuencia f1 a la señal modulada cuando se presenta un uno (1) lógico en el dato digital a transmitir y una frecuencia f2 al cero (0) lógico, siendo f1 diferente a f2, la figura 5 representa este tipo de modulación.

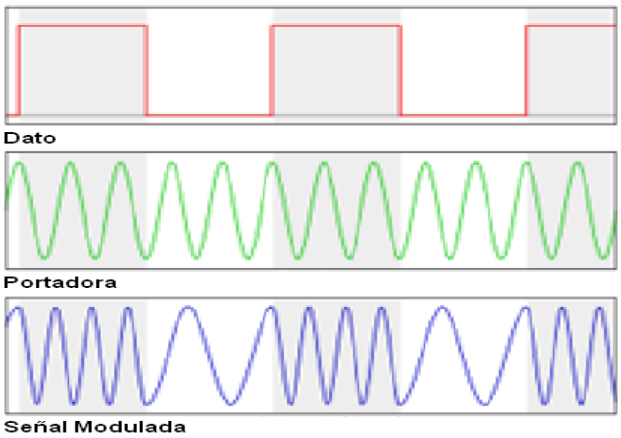

Figura 5. Modulación FSK.

Como se mencionó anteriormente, la modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana (GFSK) es una mejora de la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) y consiste en pasar la información por un filtro gaussiano antes de modular la señal, es allí donde un uno (1) lógico es representado mediante una desviación positiva (incremento) de la frecuencia de la onda portadora, y un cero (0) mediante una desviación negativa (decremento) de la misma, esto se traduce en un espectro de energía más estrecho de la señal modulada, lo cual permite mayores velocidades de transferencia sobre un mismo canal.

En la figura 6 se muestra una señal digital pasada por un filtro gaussiano.

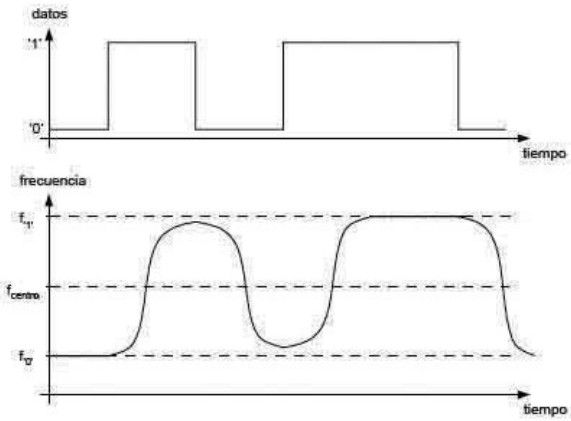

Figura 6. Señal digital pasada por un filtro gaussiano.

Al presentarse un uno (1) que genera la frecuencia f1 o un

cero (0) que genera la frecuencia f2 en la señal a transmitir, el filtro gaussiano evita entonces que se envíen las frecuencias la f1 y/o la f2 como en la modulación FSK como se modela en la señal modulada de la figura 5, sino que agrupa f1 y las frecuencias más cercanas a ésta produciendo un incremento de la señal portadora sobre una frecuencia de centro fc y posteriormente agrupa f2 y las frecuencias cercanas a ésta generando un desplazamiento negativo bajo la frecuencia de centro fc como se muestra en la figura 6.

Conociendo lo anterior se adquirieron dos módulos de radiofrecuencia que mejor se adaptaban a la necesidad, siendo estos de 2.4 GHz dispuestos cada uno con su respectivo trasmisor y receptor denominados entonces Transceivers a los cuales posteriormente se le desarrollaría un circuito impreso para llevar a cabo las pruebas y luego su acople a Robot-1. Como se trata del control de direccionamiento y toma de datos desde Robot-1, se optó por la configuracion de los módulos bidireccionales o full dúplex.

Teniendo la transmisión completa se procedió a la caracterización de cada uno de los sensores obteniendo como resultados los datos expuestos en las siguientes graficas de respuesta.

En primera estancia se caracterizo el sensor de temperatura LM-35 teniendo como respuesta los datos mostrados en la figura 7.

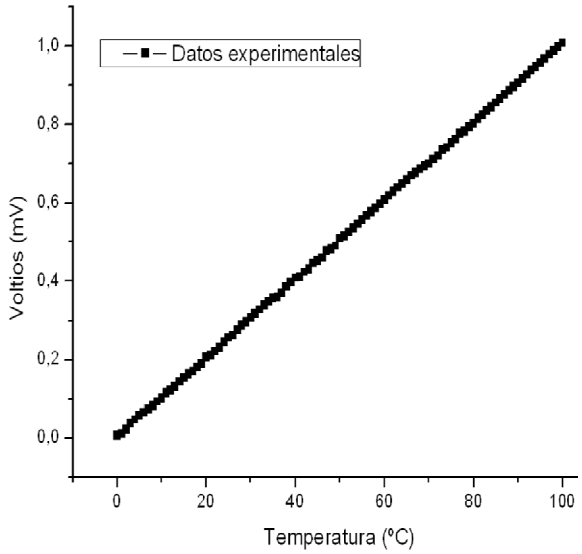

Figura 7. Respuesta sensor de Voltaje Vs Temperatura.

En la figura 7 se aprecia una respuesta lineal de este sensor con una variación de 10 milivoltios por cada grado centígrado como lo indica el Datasheet [9].

En la figura 8 se muestra la respuesta del sensor de proximidad SHARP GP2D12 siendo este un sensor infrarrojo a una distancia de 80cm máximo.

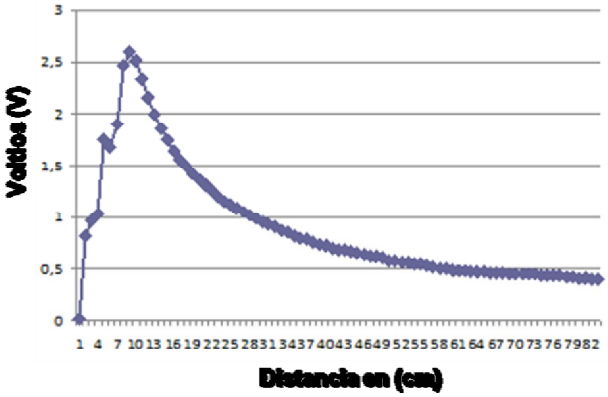

Figura 8. Respuesta sensor de Distancia Vs Voltaje.

En la figura 8 se aprecia la respuesta del sensor de proximidad teniendo un comportamiento exponencial decreciente y estable a partir de de 10cm y con un alcance máximo de 82cm descrito por la ecuación 1.

Para la obtención de esta ecuación se realizó una aproximación con el software OriginPro7 obteniendo una curva de calibración como se aprecia en la figura 9.

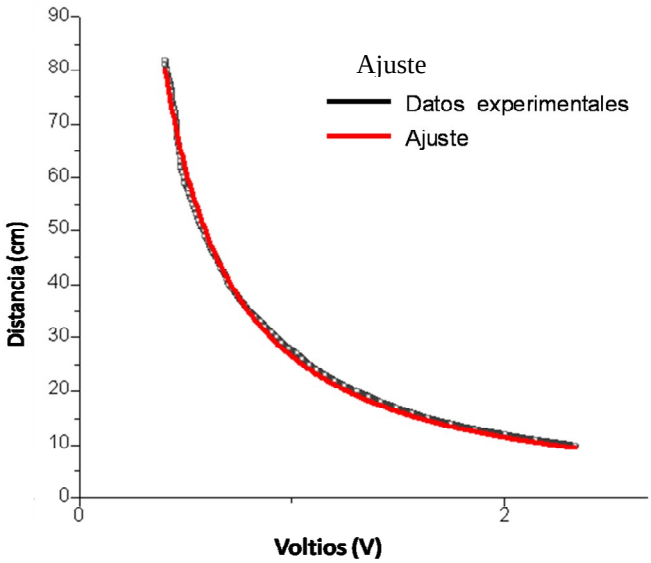

Figura 9. Ajuste datos de Distancia Vs Voltaje.

La grafica roja representa la ajuste de de los datos que describe el comportamiento del sensor.

$$Y = A * e^{\left(\frac{-x}{r}\right)} + y_0 \qquad (1)$$

Donde la **X** representa la distancia que es el valor que queremos obtener, **Y** el valor de voltaje que entrega el sensor, **r** es la razón de cambio de los datos y **y0** representa en valor mínimo que tomaría al tender a 0.

Despejando X de la ecuación 1 se obtiene la ecuación 2.

$$X = -\ln\left|\frac{y - y_0}{A}\right| * r \qquad (2)$$

Siendo esta la ecuación que se implementó para obtener el valor de la distancia.

La tercera variable a medir es la de Humedad Relativa; para la medida de esta se usó un sensor HS1101 el cual entrega una variación de capacitancia de 0.34 pF por %RH para lo cual se hizo necesaria la implementación de un acondicionador –amplificador, con un circuito integrado NE 555 como estable variando la frecuencia de acuerdo a la capacitancia que entrega el sensor.

La caracterización de este sensor se hizo en base a los datos de referencia que entrega el datasheet [10] mostrada en la tabla 2.

Tabal 2. Datos de la frecuencia obtenida de acuerdo a la humedad simulada de un ambiente.

Humedad relativa RH (%)	Frecuencia (Hz)
0	7351
10	7224
20	7100
30	6976
40	6853
50	6728
60	6600
70	6468
80	6330
90	6186
100	6033

En la tabla 2 se muestran los datos que representa cada uno de los valores de humedad relativa demostrando un comportamiento lineal decreciente con una variación entre máximo y mínimo de 1318Hz.

En la figura 10 se puede apreciar el comportamiento la grafica de que describe la humedad relativa con respecto a la frecuencia.

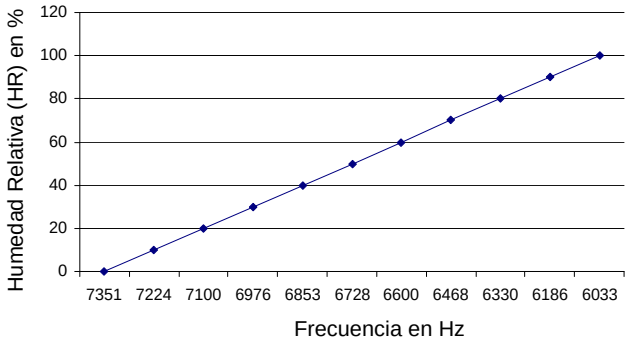

Figura 10. HR Vs frecuencia

IV. CONSTRUCCION Y PRUEBAS DE DESEMPEÑO

Para la construcción de Robot-1 en su etapa de transmisión y recepción de datos se implementaron módulos de radio frecuencia RF transceivers a 2.4 GHz con comunicación full duplex y de bajo consumo ya que su alimentación es de 3.3V y su corriente máxima es de 18mA como receptor; para la configuración de estos módulos se hizo necesario un microcontrolador PIC 16f628 y para la etapa de visualización y procesamiento de información por parte de los sensores se implementó con un microcontrolador PIC16f877 .

Ahora bien para la comunicación entre los microcontroladores y los transceivers se hizo con el protocolo serial con el que cuenta cada uno de los PIC´S` anteriormente mencionados, mejorando notablemente la velocidad de procesamiento de datos y haciendo de este un proyecto totalmente modular.

En la figura 11 se muestra un módulo de transmisión y recepción.

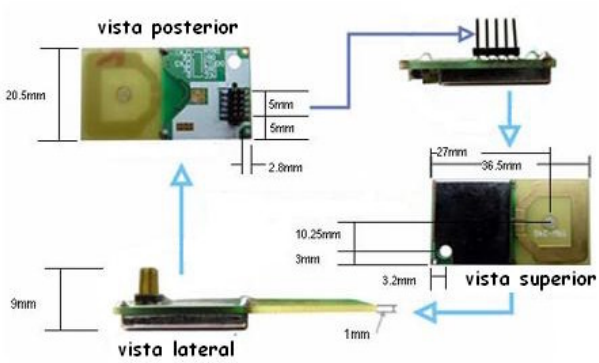

Figura 11. Transceiver TRW-24G[5].

Para el uso de esta tecnología fue conveniente el diseño e implementación de cambiadores de nivel de voltaje como se muestra en la figura 12 ya que los microcontroladores

trabajan con niveles lógicos de 0 a 5 voltios mientras que los transceiver lo hacen de 0 a 3.3 voltios.

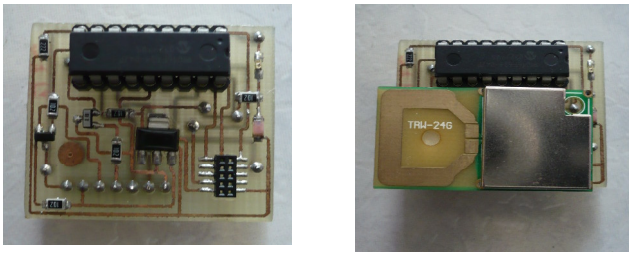

Figura 12. Modulo cambiador de nivel de 5V a 3V.

En la figura 10 se puede apreciar el modulo transmisor y receptor a una distancia de 50 metros a un mismo nivel

En la figura 13 se muestra el prototipo del robot en una etapa mas avanzada y con el modulo de recepción de control y la transmisión a una distancia de 20 metros y a una altura de 3.50metros sobre nivel.

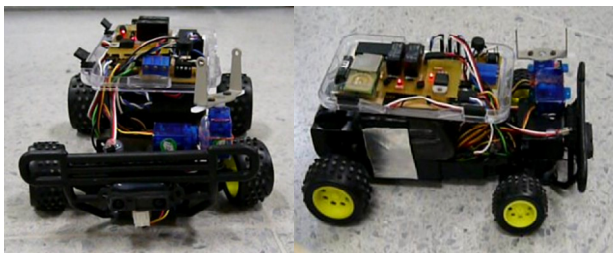

Figura 13 Robot-1 prueba de desempeño prototipo final con control y transmisión de datos por radiofrecuencia.

En la figura 13 se muestra el prototipo del carro robot con el modulo de recepción, también se aprecia la cámara que transmite audio y video a color con un retrazo de 800 µseg y a una distancia de 100 mt.

V. Resultados

Durante la construcción de este proyecto se obtuvieron resultados, como son la manipulación y adquisición de nuevos software para la simulación y compilación de código, la vinculación a un grupo de investigación internacionales vía web denominado ***Grupo de Investigación En Robótica Móvil de todoMicroStamp.com***, la adquisición de diferentes equipos para el análisis del comportamiento de cada una de las plataformas móviles que se implementaron como prototipos de ***ROBOT-1***, la posibilidad de integrar diferentes tecnologías aprovechando al máximo los recursos que cada una de ella y por último la experiencia en el trabajo con cada una de las aéreas del conocimiento que comprende la construcción de un robot móvil comandado a distancia por medio de RF. Siendo estos los resultados más importantes que se obtuvieron.

VI. Conclusiones

Se logró la construcción de un prototipo de Robot-1 utilizando motores DC y un chasis de acrílico.

Para el prototipo final se usaron baterías recargable de 1.2 voltios 3.3Amprios, con una durabilidad de 2.5 horas de trabajo aproximadamente,

Una transmisión a 9600 Bps la comunicación con un PC se hacer de forma eficaz y esto se plantea como un aporte adicional.

Para la transmisión y visualización de audio y video se logra con un TV convencional con la entrada de video del dispositivo.

Referencias

[1] Organización de Estados Iberoamericanos. Robot Buscaminas. [www.oei.org.co]. Organización de Estados Iberoamericanos. Disponible en: http://www.oei.org.co/sii/entrega11/art08.htm. Acceso el 23 de Marzo de 2007.

[2]. El Mundo. Guerra del Futuro. [www.belt.es]. disponible en: http://www.belt.es/noticias/2005/enero/31/robot.htm. Acceso el 23 de Marzo de 2007.

[3]. E-Commerce. Cars. [www.acanomas.com]. Disponible en: http://www.acanomas.com/Productosa.php?id=50931&cat=2963&ord=HIT_PAGE&cant=92. Acceso el 23 de Marzo de 2007.

[4]. Bandas de Radiofrecuencia. Allocation of Radio Spectrum. www.jnuhaus.com, http://www.jneuhaus.com/fccindex/spectrum.html , Acesso: 20 de Marzo de 2007.

[5]. Bandas de Radiofrecuencia. Allocation of Radio Spectrum. www.jnuhaus.com, http://www.jneuhaus.com/fccindex/spectrum.html , Acesso: 20 de Marzo de 2007.

[6]. La modulación . TextosCientificos.com. www.textoscientificos.com; http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion; Acceso: 22 de Marzo de 2007.

[6]. Modulación de Frecuencias. Modulación. www,qsl.net; http://www.qsl.net/ea2ak/modulacion.htm. Acceso: 22 de Marzo de 2007.

[7]. La modulación. TextosCientificos.com. www.textoscientificos.com; http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion; Acceso: 22 de Marzo de 2007.

[9]. PDF Centigrade Temperature Sensors Datasheet

[10]. PDF RELATIVE HUMIDITY SENSOR Datasheet