



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ROBÓTICO MÓVIL
CONTROLADO DESDE INTERNET MEDIANTE WI -FI”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de Ingeniería Electrónica y Computación

ROBERT FERNANDO RODRÍGUEZ LOAIZA

Riobamba – Ecuador

2011

Expreso mi gratitud a todas aquellas personas que de un modo u otro me han facilitado el camino para la realización de este trabajo. A mi director y amigo Ing. Paúl Romero y al Ing. Pablo Guevara quienes a lo largo de este tiempo han puesto sus capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto de tesis el cual ha finalizado llenando todas las expectativas, y a las personas que con su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general

Mis Padres

La concepción de este trabajo está dedicado: a mis padres SILVANA Y JOHN quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mi en todo momento y no dudaron de mis habilidades, a mis hermanos JOANNA, JOHN Y THALÍA por haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora

“Yo, Robert Fernando Rodríguez Loaiza, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Robert Fernando Rodríguez Loaiza

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 GENERALES.....	2
1.2.2 ESPECÍFICOS.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II.....	5
INTERACCIÓN REMOTA BASADA EN INTERNET.....	5
2.1 INTRODUCCIÓN.....	5
2.2 INTERACCIÓN REMOTA.....	5
2.2.1 TELEOPERACIÓN.....	7
2.2.2 TELEPERCEPCIÓN.....	8
2.2.3 TELEPROGRAMACIÓN.....	9
2.2.4 EXPERIMENTACIÓN REMOTA.....	10
2.3 INTERNET COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN.....	10
2.3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	10
2.3.2 CALIDAD DE SERVICIOS.....	12
2.3.2.1 Retraso Temporal.....	13
2.3.2.2 Ancho de Banda.....	16

2.3.2.3 Pérdida de Paquetes.....	17
2.3.2.4 Jitter.....	17
2.4 CONTROL REMOTO BASADO EN INTERNET.....	20
2.4.1 CONTROL REMOTO MANUAL EN LAZO CERRADO.....	21
2.4.2 CONTROL SUPERVISADO.....	22
2.5 ARQUITECTURA AD.....	25
2.5.1 NIVEL AUTOMÁTICO.....	26
2.5.1.1 Acciones Reflejas.....	27
2.5.1.2 Habilidades Automáticas.....	27
2.5.2 Nivel Deliberativo.....	28
2.5.2.1 Habilidades Deliberativas.....	29
2.5.2.2 Memoria a largo plazo.....	30
2.5.2.3 Secuenciador Principal.....	30
CAPÍTULO III.....	32
INTERACCIÓN HOMBRE-ROBOT.....	32
3.1 INTRODUCCIÓN.....	32
3.2 RELACIONES HOMBRE-ROBOT.....	33
3.2.1 FAMILIARIDAD CON LA ROBÓTICA.....	33
3.2.2 TAXONOMÍAS DE RELACIONES.....	35
3.2.3 NIVELES DE CONTROL.....	36
3.3 ¿CÓMO PODRÍAN INTERACTUAR LOS SERES HUMANOS CON LOS ROBOTS?.....	41
3.3.1 INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR (IPO).....	41
3.3.3.1 Sistemas Centrados en el Hombre.....	42
3.3.3.2 Sistemas Centrados en la Máquina.....	43
3.3.2 AUTOMATIZACIÓN.....	44
3.3.3 CIENCIA FICCIÓN.....	45
3.3.4 TRABAJO COOPERATIVO APOYADO POR ORDENADORES.....	47
3.3.5 CIENCIA COGNOSCITIVA, ETOLOGÍA, EMOCIÓN Y PERSONALIDAD.....	48

3.3.5.1	Ciencia Cognoscitiva.....	48
3.3.5.2	Etología y Emoción.....	49
3.3.5.3	Personalidad.....	51
3.4	NATURALEZA DE LA INTERACCIÓN.....	52
3.4.1	INTERACCIÓN CON UN ROBOT REAL.....	53
3.4.2	SIMULACIÓN.....	52
3.4.3	REALIDAD VIRTUAL.....	53
3.4.4	REALIDAD AUMENTADA.....	54
3.5	ACCESIBILIDAD.....	55
3.5.1	INTERACCIÓN DIRECTA.....	56
3.5.2	INTERACCIÓN REMOTA.....	56
3.6	ELEMENTOS DE INTERACCIÓN.....	56
3.6.1	ORDENADORES.....	57
3.6.2	FUERZA.....	57
3.6.3	COMUNICACIÓN HABLADA.....	57
3.6.4	CONTROL DE MIRADA.....	58
3.6.5	GESTOS.....	59
3.6.6	INTERACCIÓN FACIAL.....	60
3.6.7	DISPOSITIVOS MÓVILES.....	61
3.7	REALIMENTACIÓN.....	63
3.7.1	REALIMENTACIÓN VISUAL.....	63
3.7.2	REALIMENTACIÓN DE AUDIO.....	64
3.7.3	REALIMENTACIÓN DE FUERZA.....	64
3.7.4	REALIMENTACIÓN TÁCTIL.....	65
3.7.5	EXPRESIONES.....	66
3.7.6	INTERACCIÓN MULTIMODAL.....	67
	CAPÍTULO IV.....	69
	DISPOSITIVOS MÓVILES COMO ELEMENTOS DE	
	INTERACCIÓN REMOTA.....	69
4.1	DISPOSITIVOS MÓVILES.....	69

4.1.1	TELÉFONOS MÓVILES.....	69
4.1.2	ASISTENTES DIGITALES PERSONALES (PDA).....	70
4.2	TECNOLOGÍAS DE DESARROLLO.....	73
4.2.1	TECNOLOGÍA JAVA.....	73
4.2.1.1	Edición Micro de Java (J2ME).....	73
4.2.1.2	Modelo de Programación.....	75
4.2.2	TECNOLOGÍA WAP.....	77
4.2.2.1	Protocolo WAP.....	77
4.2.2.2	Modelo de Programación WAP.....	78
4.2.3	COMPARATIVA.....	79
4.2.3.1	Navegación.....	79
4.2.3.2	Factores a Favor de Java.....	81
	CAPÍTULO V.....	83
	CÁMARAS IP.....	83
5.1	ESTUDIO DE LAS CÁMARAS IP.....	83
5.1.1	¿QUE ES UNA CÁMARA DE RED?	83
5.1.2	LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA POR VIDEO.....	84
5.1.2.1	Sistemas de circuito cerrado de TV analógicos usando VCR.....	85
5.1.2.2	Sistemas de circuito cerrado de TV analógicos usando DVR.....	85
5.1.2.3	Sistemas de circuito cerrado de TV analógicos usando DVR de red.....	86
5.1.2.4	Sistemas de video IP que utilizan servidores de video.....	87
5.1.2.5	Sistemas de video IP que utilizan cámaras IP.....	88
5.1.3	TIPO DE CÁMARAS DE RED.....	89
5.1.3.1	Cámara de red fijas.....	89
5.1.3.2	Cámara de red domo fijas.	90
5.1.3.3	Cámara PTZ	91
5.1.3.3.1	Cámara de red PTZ mecánica.....	93
5.1.3.3.2	Cámara de red PTZ no mecánica.....	93
5.1.3.3.3	Cámara de red domo PTZ.....	94

5.1.3.4	Cámara de red con visión diurna/nocturna.....	95
5.1.3.5	Cámaras de red con resolución megapíxel.....	98
5.1.4	COMPONENTES QUE CONSTITUYEN UNA CÁMARA IP.....	101
5.1.5	FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS IP.....	101
5.1.6	ACCESO A UNA CÁMARA IP.....	104
5.1.6.1	Administración del video.....	104
5.1.6.1.1	Plataforma de hardware.....	105
5.1.6.1.2	Plataforma de software.....	106
5.1.6.2	Grabación de video.....	107
5.1.6.2.1	Almacenamiento.....	108
5.1.7	RESOLUCIONES.....	108
5.2	SOPORTE DE AUDIO.....	109
5.2.1	INTRODUCCIÓN.....	109
5.2.2	SOPORTE DE AUDIO Y EQUIPOS.....	109
5.2.3	MODOS DE AUDIO.....	110
5.2.3.1	Simplex.....	111
5.2.3.2	Semidúplex.....	111
5.2.3.3	Dúplex completo.....	111
5.3	CONSIDERACIONES SOBRE ANCHO DE BANDA Y ALMACENAMIENTO PARA LAS CÁMARAS IP.....	112
5.3.1	Ancho de banda.....	112
5.3.1.1	El tamaño de la imagen.....	114
5.3.1.2	La Frame por segundo (FPS).....	114
5.3.1.3	La compresión.....	114
5.3.1.4	Velocidad de conexión.....	115
5.3.1.5	IP Pública Fija.....	115
5.3.1.6	IP Privada.....	116
5.3.1.7	Velocidad Real de conexión.....	116
5.3.2	Cálculo de ancho de banda y almacenamiento.....	116
5.3.2.1	Requisitos de ancho de banda.....	117

5.3.2.2	Cálculo de requisitos de almacenamiento.....	117
5.3.2.3	Almacenamiento basado en servidor.....	119
	CAPÍTULO VI.....	121
	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	121
6.1	INTRODUCCIÓN.....	121
6.2	DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS.....	121
6.2.1	SENSORES.....	121
6.2.1.1	Sensores Analógicos.....	122
6.2.1.2	Sensores Digitales.....	122
6.2.1.3	Tipos de Sensores.....	123
6.2.1.4	Sensor IR de obstáculos.....	126
6.2.1.5	Otros Sensores.....	127
6.2.2	MICROCONTROLADOR BASIC STAMP 2.....	129
6.2.2.1	Formato de conversión numérica del bs2.....	130
6.2.2.2	Funcionamiento interno del bs2.....	130
6.2.2.3	Variedad según sus requerimientos.....	131
6.2.2.4	Ventajas del bs2 con otros microcontroladores.....	132
6.2.2.5	Algunas aplicaciones de los bs2.....	132
6.2.2.6	Hardware del bs2.....	133
6.2.2.7	Lenguaje de programación pbasic.....	136
6.2.2.8	Organización de memoria del bs2.....	137
6.2.2.9	Primer ejemplo con el basic stamp 2.....	138
6.2.3	PARALLAX INTERNET NETBURNER KIT (PINK).....	142
6.2.3.1	Configuración de red del pink.....	142
6.2.3.2	Configuración web.....	143
6.2.3.3	Páginas de usuario.....	147
6.2.3.4	Variables.....	149
6.3	DISEÑO DEL SISTEMA.....	154
6.4	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MÓVIL.....	155
6.4.1	CONSTRUCCIÓN DE LA PÁGINA WEB.....	155

6.4.1.1	Página web.....	159
6.4.2	PROGRAMACIÓN DEL BASIC STAMP 2.....	163
6.4.3	MONTAJE DEL SISTEMA ROBÓTICO MÓVIL.....	166

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Aplicaciones sobre Internet.....	4
Fig. 2.1	Interacción Remota basada en Interne.....	6
Fig. 2.2	Telepercepción.....	8
Fig. 2.3	Teleprogramación.....	9
Fig. 2.4	Influencia de Internet.....	12
Fig. 2.5	Pérdida de Información de las señales de Control.....	12
Fig. 2.6	Parámetros de QoS.....	13
Fig. 2.7	Petición-Respuesta HTTP.....	14
Fig. 2.8	Jitter.....	18
Fig. 2.9	Aplicaciones de Internet.....	20
Fig. 2.10	Control Remoto Manual en Lazo Cerrado.....	22
Fig. 2.11	Estrategia de Control de un Sistema de Asamblea.....	23
Fig. 2.12	Niveles de la Arquitectura AD.....	25
Fig. 2.13	Nivel Automático de la Arquitectura AD.....	26
Fig. 2.14	Nivel Deliberativo de la Arquitectura AD.....	29
Fig. 3.1	Familiaridad con los Robots.....	34
Fig. 3.2	Niveles de control con los tipos de control, las tareas primarias de la máquina y del hombre, y la información crítica para el operador humano.	38
Fig. 3.3	Papeles del humano y de la maquina dentro de cada tipo de control.....	40
Fig. 3.4	El Aibo de Sony.....	46
Fig. 3.5	El Humanoide SDR de Sony.....	50
Fig. 3.6	El robot Kismet de MIT.....	51
Fig. 3.7	Modelo VRML de TOM y la imagen de la Cámara.....	54
Fig. 3.8	Seguimiento Activo de Mirada.....	59
Fig. 3.9	Control basado en Gestos.....	60
Fig. 3.10	Robot Flashbot.....	62

Fig. 3.11	MARON-1.....	62
Fig. 3.12	Realimentación Visual.....	64
Fig. 3.13	Cabeza mecánica 3D que expresa emociones del robot Lino a) feliz, b) triste, c) sorprendido.	66
Fig. 3.14	Cara de Vikia generada por ordenador.....	67
Fig. 3.15	Diagrama de estados de las emociones de Minerva durante el recorrido.....	68
Fig. 4.1	Características de Compaq iPAQ 3870.....	70
Fig. 4.2	Componentes de J2ME.....	73
Fig. 4.3	Modelo de Programación MIDP.....	75
Fig. 4.4	J2ME Wíreless Toolkit.....	76
Fig. 4.5	WapIDE 3.2.1.....	78
Fig. 4.6	Modelo de Programación WAP.....	78
Fig. 4.7	Navegación por la interfaz WML.....	80
Fig. 4.8	Navegación por la interfaz J2ME.....	80
Fig. 5.1	Cámara de red conectada directamente a la red LAN.....	83
Fig. 5.2	Circuito cerrado de TV analógica usando VCR.....	85
Fig. 5.3	Circuito cerrado de TV analógica usando DVR.....	85
Fig. 5.4	Sistema de circuito cerrado de TV analógico usando DVR de red.....	86
Fig. 5.5	Sistema de video IP que utiliza servidor de video.....	87
Fig. 5.6	Sistema de video IP que utiliza cámaras IP.....	88
Fig. 5.7	Cámaras de red fijas.....	90
Fig. 5.8	Cámaras de red domo fijas.....	91
Fig. 5.9	Cámaras de red PTZ mecánica.	93
Fig. 5.10	Cámara de red PTZ no mecánica.....	94
Fig. 5.11	Cámaras de red domo PTZ.	95
Fig. 5.12	Respuesta del sensor de imagen frente a la luz infrarroja visible y a la luz próxima al espectro infrarrojo.....	96
Fig. 5.13	Cámara de red con visión diurna y nocturna.....	97
Fig. 5.14	Comparación entre una imagen con ilustración	

	infrarrojo y sin ilustración infrarrojo.....	98
Fig. 5.15	Componentes de una cámara IP.....	101
Fig. 5.16	Componentes de una cámara de red.....	102
Fig. 5.17	Sistema de cámara IP con soporte de audio integrado.....	110
Fig. 5.18	Modo simplex.....	111
Fig. 6.1	Sensores analógicos.....	122
Fig. 6.2	Sensores digitales.....	123
Fig. 6.3	Sensor IR de obstáculos MSE-S135.....	127
Fig. 6.4	Sensor de Sonido MSE-S100.....	128
Fig. 6.5	Sensor PIR.....	128
Fig. 6.6	Sensor de Luz MSE-S130.....	129
Fig. 6.7	Esquema BS2.....	130
Fig. 6.8	Basic Stamp 2.....	130
Fig. 6.9	Diagrama en bloque del Basic Stamp 2.....	131
Fig. 6.10	Diagrama eléctrico del Basic Stamp 2.....	134
Fig. 6.11	Ubicación de cada Pin.....	135
Fig. 6.12	Conexión típica para su funcionamiento.....	135
Fig. 6.13	Verificación de conexión.....	138
Fig. 6.14	Confirmación de conexión.....	139
Fig. 6.15(a)	Primer programa.....	140
Fig. 6.15(b)	Primer programa.....	140
Fig. 6.16	Terminal Debug.....	141
Fig. 6.17	Diagrama de conexión.....	142
Fig. 6.18	IPSETUP (configuración dinámica).....	143
Fig. 6.19	Página por defecto.....	144
Fig. 6.20	Pasos rápidos.....	144
Fig. 6.21	Configuración dinámica.....	145
Fig. 6.22	Configuración serial.....	146
Fig. 6.23	Página de diagnóstico.....	146
Fig. 6.24	Página para configurar contraseña.....	147

Fig. 6.25	Abriendo el sitio FTP.....	148
Fig. 6.26	Ventana FTP de arrastrar y soltar.....	148
Fig. 6.27	Uso de la variable Nb_var01.....	149
Fig. 6.28	Variable en formulario.....	150
Fig. 6.29	Esquema del Sistema Móvil.....	154
Fig. 6.30	Control de Movimiento.....	156
Fig. 6.31	Sensor 1 y 2 desactivados.....	157
Fig. 6.32	Sensor 1 activado.....	157
Fig. 6.33	Sensor 2 activado.....	157
Fig. 6.34	Sensor 1 y 2 activados.....	157
Fig. 6.35	Seteo de la Cámara Ip.....	158
Fig. 6.36	Parámetros de la cámara IP.....	158
Fig. 6.37	Imágenes en tiempo real.....	159
Fig. 6.38	control00.htm.....	161
Fig. 6.39	obstáculos.htm.....	162
Fig. 6.40	Aplicación IP Camera Tool.....	162
Fig. 6.41	Formulario de dirección IP.....	163
Fig. 6.42	control02.htm.....	163
Fig. 6.43	Conexión típica del BS2.....	166
Fig. 6.44	Tablilla de desarrollo.....	167
Fig. 6.45	Alimentación PINK.....	167
Fig. 6.46	Tx y Rx del BS2.....	168
Fig. 6.47	Conexión de los sensores.....	168
Fig. 6.48	Conexión de sensores.....	169
Fig. 6.49	Conexión entre PINK y AP.....	169
Fig. 6.50	Servos.....	170
Fig. 6.51	Conexión de servos.....	170
Fig. 6.52	Sistema móvil.....	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Niveles de Degradación de Redes.....	19
Tabla 3.1	Relación Numérica.....	35
Tabla 3.2	Autoridad: niveles de control.....	36
Tabla 3.3	Tecnología Centrada en la Maquina y Centrada en el Hombre.....	43
Tabla 5.1	Resumen de los tipos de cámaras de red.....	99
Tabla 5.2	Velocidades de diferentes medios de transmisión.....	112
Tabla 5.3	Cifras del formato H.264.....	118
Tabla 5.4	Cifras del formato MPEG-4.....	119
Tabla 5.5	Cifras del formato Motion JPEG.....	119
Tabla 6.1	Pines del BS2.....	134
Tabla 6.2	Registros de entradas, salidas y direccionamiento del puerto del BS2.....	137

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Las nuevas tendencias en robótica han ayudado a desarrollar muchos sistemas robóticos, que pretenden ampliar el uso de los robots en la vida diaria. La mayoría de estas nuevas tendencias se ha hecho posible gracias a la evolución de las tecnologías telemáticas.

Internet proporciona una infraestructura global de comunicación que habilita la implementación fácil de sistemas distribuidos. Aunque Internet mantiene un medio de comunicación barato y disponible, existen todavía muchos problemas por resolver antes de desarrollar aplicaciones verdaderamente fiables. Estos problemas incluyen el ancho de banda limitado y el retraso de la transmisión que varía arbitrariamente e influye en el rendimiento de los sistemas basados en Internet, ya que pueden hacer que se sobrepasen ciertos límites de seguridad.

Recientemente, esfuerzos considerables de investigación en el campo de robótica móvil están dirigiéndose hacia el uso de Internet como medio de comunicación para facilitar la interacción remota con los robots móviles.

La interacción hombre-robot juega un papel importante en cualquier sistema de robótica teniendo en cuenta que todavía no existe un robot con capacidad totalmente autónoma. Incluso si esta meta de la autonomía completa se alcanzara, el papel humano y el nivel de interacción variarán pero el hombre seguirá siendo una parte del sistema.

La interacción remota es un tipo especial de la interacción hombre-robot, donde el hombre y el robot están separados por barreras físicas pero se comunican a través de las tecnologías telemáticas. Se puede usar este tipo de interacción en muchas aplicaciones útiles como

experimentación remota, teleoperación, telepercepción, teleprogramación, telerrobótica, etc.

1.1.1 OBJETIVOS

La presente tesis está centrada en los sistemas de interacción remota con robots móviles basados en Internet. Los objetivos principales que se pretenden conseguir en esta tesis son:

1.2.1 GENERALES

- Diseñar e implementar un sistema robótico móvil controlado desde internet mediante WI –FI.

1.2.2 ESPECÍFICOS

- Minimizar el tiempo de retardo en las comunicaciones inalámbricas, como su fiabilidad con el robot, muy limitada en proyectos anteriores.
- Estudiar las ventajas y los inconvenientes de utilizar Internet como medio de comunicación en los sistemas de interacción remota con robots móviles.
- Estudiar las estrategias de control que se pueden aplicar para desarrollar sistemas de interacción remota basados en Internet.
- Estudiar el uso de los dispositivos móviles tales como las PDAs y los teléfonos móviles como elementos de interacción remota con el robot.

- Aprender la instalación de cámaras y los mecanismos para transmisión de imágenes a través de una red.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la presente tesis se pretende implementar un sistema robótico controlado desde internet mediante Wi – Fi, dicho sistema debe trabajar lo más posible en tiempo real, además el robot debe tener un cierto grado de autonomía y una instalación robusta.

El manejo del sistema por parte de usuario a través de internet debe ser operable incluso durante momentos de tráfico intenso. La recepción de imágenes y recolección de información debe ser lo más rápido para poder tener una representación tan real como sea posible del entorno donde se encuentre el sistema móvil. Además, el control del robot desde la web debe ser lo más simple e intuitivo.

Con las condiciones mencionadas anteriormente, se trata de diseñar un sistema móvil que utilice tecnología inalámbrica Wi – Fi, el cual pueda ser controlado remotamente a través de la web, permitiendo monitorizar su estado y las lecturas de sus sensores incluyendo las imágenes que en ese momento serán capturadas por la cámara que lleva a bordo el robot.

Este proyecto se va a desarrollar haciendo uso de los avances del campo de la robótica, ya que se ha llegado a facilitar ciertas labores complicadas para el ser humano, situaciones que llevan a cabo tareas en entornos peligrosos, poco accesibles o muy ruidosos; o en entornos amigables y con fines publicitarios. Además, conociendo que el masivo uso del Internet y el continuo mejoramiento y abaratamiento del hardware computacional incentivan el desarrollo de diversos tipos de aplicaciones sobre Internet (fig.1.1). En particular el desarrollo de sistemas controlados a través de Internet ha suscitado un creciente interés. Se espera que la utilización de este tipo de sistemas se vea incrementado en los próximos años, y que en un futuro cercano tareas de control y censado sean realizadas normalmente a través de Internet.

En el inmenso mundo de la tele robótica, dicho proyecto puede dar solución a una gran cantidad de problemas, pero se ha centrado el interés a resolver problemas de seguridad, ya que este robot puede ser controlado a través de la web para hacerlo vigilar una casa u oficina y gracias a la cámara a bordo se podrá seguir todos los movimientos.



Fig. 1.1: Aplicaciones sobre Internet

1.4 HIPÓTESIS

Con el diseño e implementación de un sistema robótico controlado desde Internet, se pretende facilitar la interacción entre un sistema robótico móvil y el ser humano vía internet, de la misma manera se puede lograr la recolección de datos del medio ambiente en el que se encuentra dicho sistema.

CAPÍTULO II

INTERACCIÓN REMOTA BASADA EN INTERNET

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se discute el concepto de la interacción remota hombre-robot basada en Internet haciendo hincapié en las tareas que se pueden llevar a cabo utilizando este tipo de sistemas, en las ventajas e inconvenientes de utilizar Internet como medio de comunicación entre el sitio local y el sitio remoto y en la estrategia de control adecuada para desarrollar sistemas basados en Internet.

En la sección 2.2 se describen los componentes básicos de cualquier sistema de interacción remota y se muestran algunas aplicaciones de estos sistemas. En la sección 2.3, se discuten las ventajas y los inconvenientes de utilizar Internet como medio de comunicación, enfocando a los problemas tradicionales de Internet como el retraso temporal y el ancho de banda. En la sección 2.4, se describen las estrategias de control que se pueden utilizar para desarrollar sistemas basados en Internet.

2.2 INTERACCIÓN REMOTA

En la interacción remota hombre-robot existen barreras físicas que separan el ser humano del robot. La interacción remota incorpora varias tareas y procesos que se pueden llevar a cabo, como la teleoperación, la telepercepción, la teleprogramación, la experimentación remota, etc. Sin embargo, sin tener en cuenta la aplicación, todos los sistemas de interacción remotos con robots móviles suelen constar de los componentes básicos siguientes como se muestra en la figura 2.1:

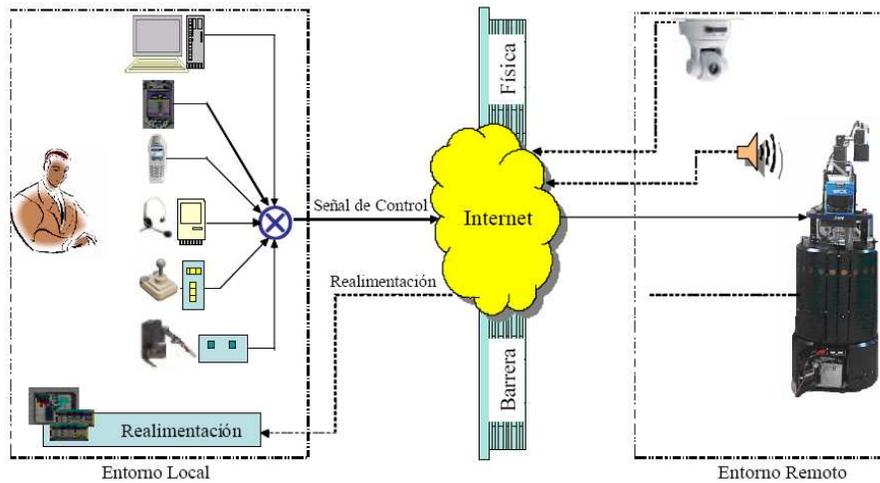


Fig. 2.1: Interacción Remota basada en Internet

- **Una interfaz de control:** Incorporando un dispositivo de interacción que el operador usa para mandar comandos al robot. Existen diferentes dispositivos de interacción con los que el usuario puede interactuar remotamente con el robot como con el uso de ordenadores personales, el uso de dispositivos móviles como las PDAs y los teléfonos móviles, mediante comunicación hablada, el uso de joysticks y dispositivos de interfaz háptica.
- **Un robot móvil:** Que realiza las acciones ordenadas por el operador en el sitio remoto.
- **Un esquema de comunicación entre los dos sitios:** En la interacción remota basada en Internet, se usa Internet como medio de comunicación por medio del cual se transmiten las señales de control del operador al sistema del robot y luego se proporciona realimentación al operador desde el entorno del robot.
- **Interfaces de realimentación:** La realimentación más frecuente es la realimentación visual mediante la transmisión de vídeo. La transmisión de vídeo exige disponibilidad de un ancho de banda alto por eso se pueden utilizar los

modelos gráficos y los modelos de realidad virtual como una alternativa para proporcionar la realimentación visual. Otro tipo es la realimentación audio que no exige ancho de banda elevado pero tiene la desventaja de ser sensible al retraso temporal de la comunicación. También las ayudas kinestéticas, como la realimentación háptica, pueden usarse para proporcionar una realimentación física adicionalmente a los otros tipos de realimentación. Utilizando la realimentación háptica, el usuario puede tener sensación táctil que expresa la secuencia de sus comandos directamente en la interfaz de control.

En las subsecciones siguientes se presentan algunas de las aplicaciones de la interacción remota hombre-robot basada en Internet.

2.2.1 TELEOPERACIÓN

La teleoperación, como herramienta para la realización de tareas en lugares remotos, ha estado presente siempre en el desarrollo de la robótica. De hecho, las primeras realizaciones en robótica se centraron en el desarrollo de robots teleoperados para la manipulación de sustancias peligrosas. La teleoperación se define como un conjunto de tecnologías que comprenden la operación o gobierno a distancia de un dispositivo por un ser humano. Se han clasificado los sistemas de teleoperación en tres niveles según la distancia entre el ser humano y el dispositivo.

- **Teleoperación de Rango Corto:** En estos sistemas, la distancia entre el operador y el sitio remoto está restringida por la necesidad del operador de ver el entorno remoto directamente. En este caso, no hay restricción en el flujo de información entre los dos sitios, y no existe retraso de comunicaciones.
- **Teleoperación de Rango Medio:** En los sistemas de teleoperación de rango medio, el sistema eléctrico de teleoperación de rango corto se combina con unos medios para permitir ver el sitio remoto a distancia. La adición de cámaras y monitores

significa que la separación entre el operador y el entorno remoto podría aumentarse considerablemente. En tales sistemas, la conexión entre los sitios es completamente eléctrica y no hay retraso perceptible de comunicaciones. El operador puede ver lo que está pasando vía una cámara y un monitor de televisión, puede escuchar lo que pasa vía un micrófono y altavoces, y puede sentir lo que está pasando vía una interfaz háptica o un manipulador con reflexión de fuerza.

- **Teleoperación de Rango Largo:** Con el aumento de la distancia entre los dos sitios, el retraso de comunicaciones aumenta hasta un punto donde los sistemas convencionales de teleoperación con reflexión de fuerza fallan. En estos sistemas, la realimentación juega un papel importante en el funcionamiento del sistema. En la sección 2.4 se discute con más detalles el control remoto basado en Internet como un caso especial de este tipo de sistemas.

2.2.2 TELEPERCEPCIÓN

Debido al retraso de las comunicaciones, no se puede enviar realimentación inmediata y detallada desde el sitio remoto. En cambio debe generarse o utilizarse la información sensorial disponible en la percepción del entorno remoto en el sitio local del operador. La idea es aislar al operador del retraso de comunicaciones mediante el procesamiento local de los datos sensoriales enviados desde el entorno remoto como se muestra en figura 2.2.

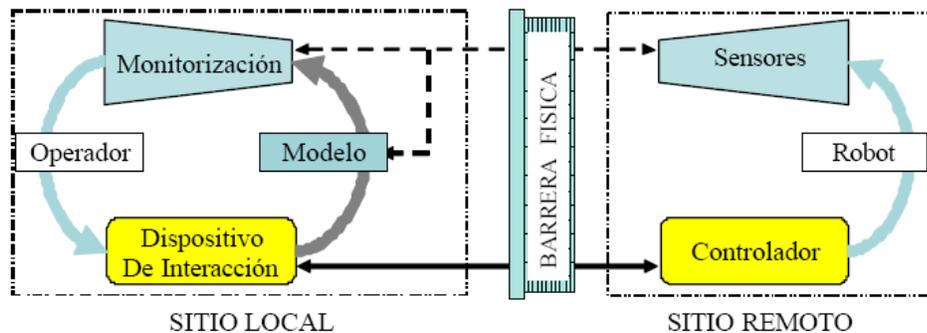


Fig. 2.2: Telepercepción

Por ejemplo, construir mapas del entorno utilizando datos sensoriales es un aspecto importante de navegación de los robots móviles, particularmente para esas aplicaciones en las que los robots deben funcionar en entornos no estructurados. Se pueden llevar a cabo diferentes algoritmos en el modelo local para generar mapas de entorno usando los datos de los sensores como una manera por la que se puede percibir el entorno remoto. Los mapas construidos también pueden usarse para localizar al robot en el entorno remoto y comparar el resultado del algoritmo de la localización con los datos de la odometría.

2.2.3 TELEPROGRAMACIÓN

Gracias a las tecnologías de telemática, se pueden desarrollar entornos virtuales para teleprogramar y probar distintos algoritmos para los robots móviles. Como se muestra en la figura 2.3, en los sistemas de teleprogramación se suele combinar una representación de realidad virtual del entorno remoto con un nivel bajo de inteligencia del sitio remoto. Esta representación virtual puede contemplar el modelo de los sensores de un robot real: sonares, sensores de contacto, cámara, etc. De esta forma, es posible reproducir y visualizar los movimientos, desplazamientos, giros, etc. realizados por el robot móvil virtual, para posteriormente ejecutar los programas en un robot real.

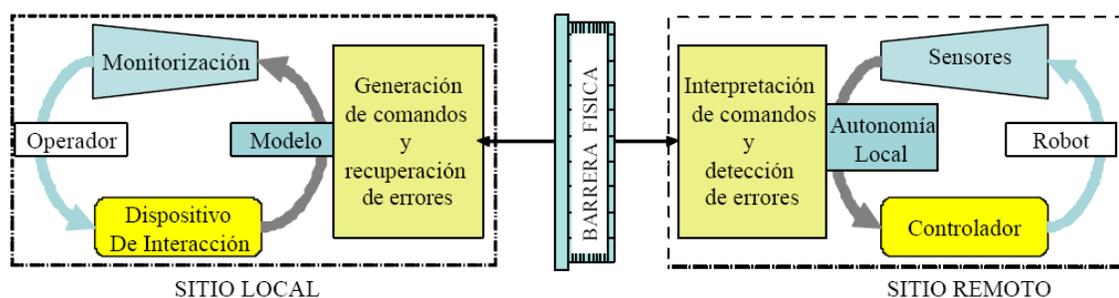


Fig. 2.3: Teleprogramación

En la teleprogramación, se suele utilizar un editor o un generador de comandos por medio del cual el usuario puede introducir un conjunto de comandos y parámetros, para

posteriormente traducirlos a un *script*. Las instrucciones disponibles suelen ser un conjunto reducido de comandos que se envían por la red y se interpretan por un robot móvil. Las mismas instrucciones se utilizan para programar el robot real y el simulado. Si ocurre un error, el controlador puede hacer una pausa y señalarlo al operador que entonces debe diagnosticar y corregir el error y generar nuevos comandos para el robot remoto.

2.2.4 EXPERIMENTACIÓN REMOTA

La experimentación remota tiene la ventaja de proporcionar la posibilidad de compartir un experimento o varios experimentos entre varios operadores localizados en lugares distintos. De esta manera, podrían compartirse fácilmente experimentos reales entre varios laboratorios y, por lo tanto, se podrían reducir los costes.

2.3 INTERNET COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN

Recientemente, muchos proyectos de investigación y desarrollo (I+D) se están dirigiendo hacia la integración de Internet como medio de comunicación para desarrollar aplicaciones distribuidas en distintos campos. Como se ha mencionado en la sección anterior, se puede utilizar Internet para establecer la comunicación entre el sitio remoto y local en la interacción remota hombre-robot, aprovechando así las ventajas de Internet como un medio de comunicación barato y accesible. En las subsecciones siguientes se plantean las ventajas y los inconvenientes de Internet como medio de comunicación. A continuación, se discuten en detalle los parámetros de la calidad de servicios como el **retraso temporal**, el **ancho de banda**, la **pérdida de paquetes** y la **variabilidad instantánea** (*jitter*).

2.3.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES

El rendimiento de cualquier sistema basado en Internet depende del rendimiento actual de Internet. El rendimiento de una conexión depende de la velocidad y la fiabilidad con las que se transmiten los datos en esa conexión. En la actualidad no se pueden medir la velocidad y

la fiabilidad total de Internet. Muy pocos datos cuantitativos de rendimiento de Internet están disponibles, pero recientemente se han creado varios proyectos para analizar el rendimiento. Los proyectos ITR (*Internet Traffic Report*) y IWR (*Internet Weather Report*) proporcionan una medida aproximada del rendimiento de Internet midiendo el rendimiento de las conexiones entre un grupo pequeño de sitios supervisados y distribuidos en varios lugares del mundo. Se monitorizan el retraso y las pérdidas de paquetes como medidas de la velocidad de la conexión y la fiabilidad respectivamente. Otros proyectos como IPMA (*Internet Performance Measurement and Analysis*) y IPPM (*Internet Protocol Performance Metrics*) pretenden desarrollar indicadores para analizar el retraso de Internet y la pérdida de paquetes. En cuanto a las ventajas e inconvenientes de Internet se pueden destacar los siguientes:

Ventajas:

Actualmente, las redes se están usando cada vez más para la comunicación en sistemas de interacción remota con los robots, debido al hecho de que las redes tienen varias ventajas como la fácil accesibilidad, la disponibilidad, la alta flexibilidad y el bajo coste. En particular esto es verdad para Internet. Aunque los requisitos para interacción remota con realimentación adecuada todavía no se han logrado debido al retraso temporal, el ancho de banda limitado y la pérdida de paquetes de datos. Estos parámetros dependen principalmente de las características de la red y su carga.

Inconvenientes:

Aunque la red de Internet mantiene un medio de comunicación barato y disponible, existen todavía muchos problemas por resolver antes de desarrollar aplicaciones verdaderamente fiables. Estos problemas incluyen el ancho de banda limitado y el retraso de la transmisión que varía arbitrariamente e influye en el rendimiento de los sistemas de interacción remota basados en Internet.

El retraso temporal de Internet es muy impredecible e inevitable, y diferente de los sistemas de teleoperación tradicionales donde se usa un medio de comunicación dedicado y, por lo tanto, se garantiza el valor del retraso. Este retraso de la transmisión afecta la fiabilidad del funcionamiento remoto. Más allá de un cierto valor de retraso, el control manual de un vehículo puede causar varios errores y en la mayoría de los casos se vuelve erróneo e impráctico. Por ejemplo, suponiendo que una función $y(t)=\sin(t)+3$, se envía como información o señal de control desde el sitio local al sitio remoto, y teniendo en cuenta la influencia del retraso temporal de Internet en la información de control, la señal enviada se recibirá torcida como se muestra en la figura 2.4.

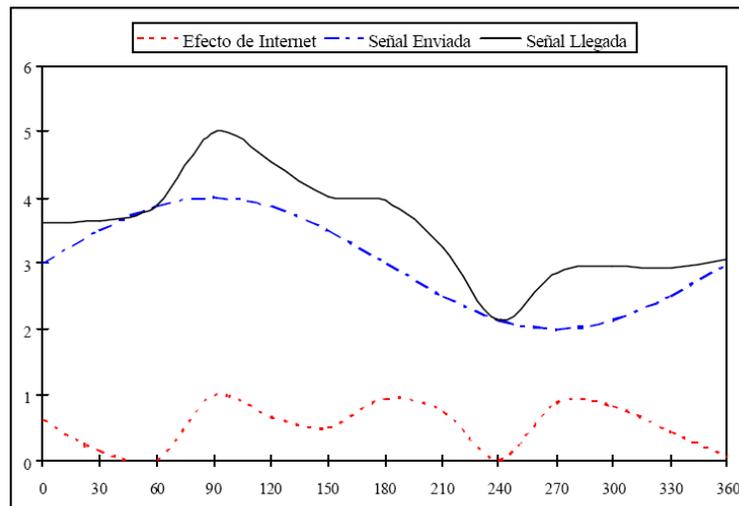


Fig. 2.4: Influencia de Internet

La figura 2.5 muestra la pérdida de información de las señales de control cuando el retraso temporal es T_d , y un comando se envía al robot remoto vía Internet cada tiempo T . Al sitio remoto, van a llegar N señales de control (donde $N=\text{entero}[T_d/T]$) al mismo tiempo después del retraso T_d , por eso la información de las señales se pierde.

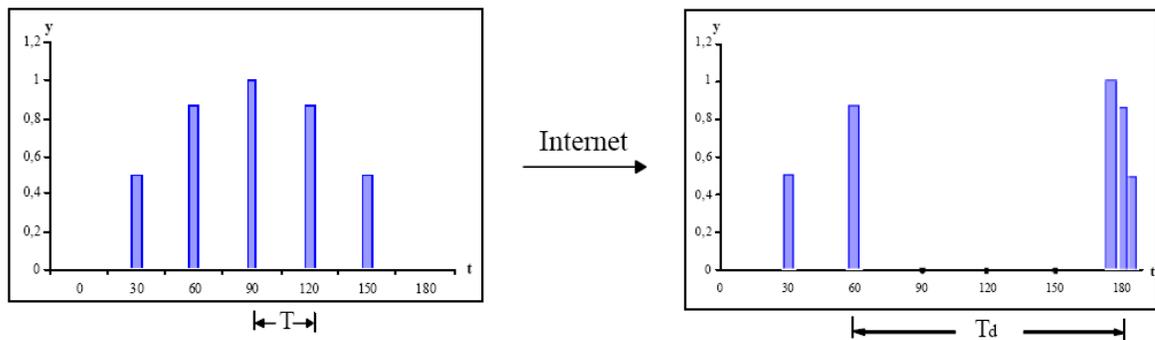


Fig. 2.5: Pérdida de Información de las señales de Control

2.3.2 CALIDAD DE SERVICIOS

El concepto de calidad de servicios (*Quality of Service - QoS*) es muy importante en el área de las redes de ordenadores y se discute ampliamente en las aplicaciones multimedia distribuidas. QoS se define como un conjunto de requisitos necesarios de calidad en el rendimiento de transmisión de los datos para lograr la funcionalidad requerida de una aplicación. La calidad de transmisión de los datos vía Internet se refleja por un conjunto de parámetros según se muestra en la figura 2.6.

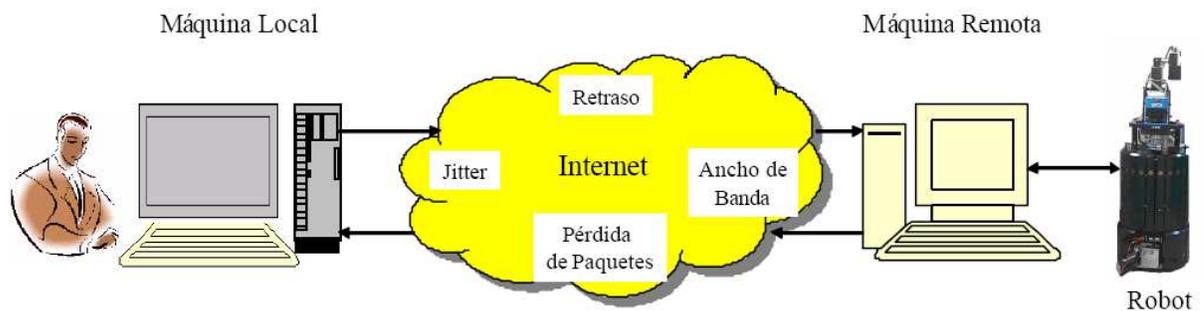


Fig. 2.6: Parámetros de QoS

Para valorar el impacto de los parámetros de la red en los sistemas de interacción remota, cualquier parámetro que describe el rendimiento de la red necesita ser definido desde la perspectiva de los usuarios, y entre los dos sitios que forman el sistema. Según la literatura

en redes, los siguientes cuatro parámetros, ilustrados en la figura 2.6, describen suficientemente el rendimiento de la red en términos del modelo de QoS.

2.3.2.1 Retraso Temporal

Los datos transmitidos sobre una red como Internet sufren retraso temporal causado por el retraso de encolamiento, el retraso de procesamiento, el retraso de transmisión en los interruptores y el retraso de propagación en las conexiones. El retraso de encolamiento define el tiempo que un paquete espera en el búfer de un interruptor hasta que se transmite en la próxima conexión. Por lo tanto su valor varía con la carga de la red. El retraso de la propagación depende de la distancia física debido a la velocidad de la luz. El retraso de encolamiento representa la mayor parte del retraso total de la comunicación.

El retraso temporal, como un parámetro de calidad de servicio, representa el tiempo medio requerido por un paquete para viajar de un emisor a un receptor. En general, la mayoría de las aplicaciones basadas en Internet utiliza el protocolo HTTP como protocolo de comunicación entre el sitio local y el sitio remoto. HTTP se implementa en dos programas: un programa cliente y un programa servidor que se ejecutan en los dos sitios que forman el sistema, cambiando mensajes HTTP como se muestra en la figura 2.7.

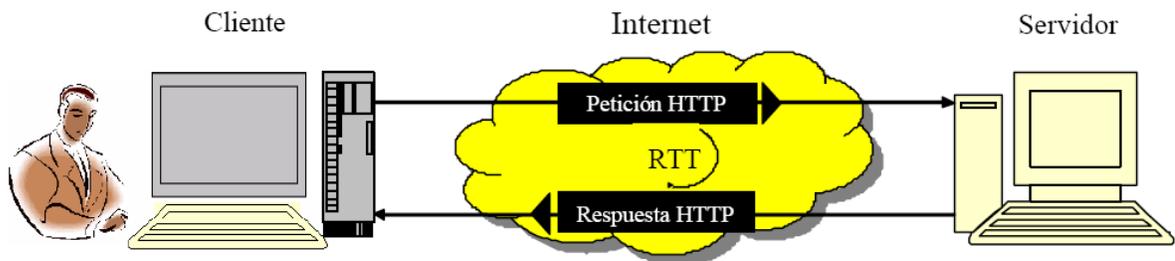


Fig. 2.7: Petición-Respuesta HTTP

Una página Web consiste en objetos. Un objeto simplemente es un archivo como un archivo HTML, una imagen JPEG, una imagen GIF, un applet de Java, un clip de audio o

vídeo, etc., que se referencian por una URL. La mayoría de las páginas Web consisten en un archivo base HTML y varios objetos referenciados. Por ejemplo, si una página Web contiene texto HTML, una imagen GIF y un applet de Java, entonces esta página tiene tres objetos. El tiempo de ciclo (*Round Trip Time – RTT*) se define como la cantidad de tiempo desde que un cliente pide el fichero base HTML hasta que el cliente recibe este archivo. Este retraso incluye los retardos de propagación de paquetes, el retardo de encolamiento en los enrutadores intermedios y los interruptores, y los retardos de procesamiento de paquete.

Como se ha mencionado anteriormente, el retraso temporal de Internet se debe al retraso de encolamiento, al retraso de procesamiento, al retraso de transmisión en los interruptores y al retraso de la propagación en las conexiones, así que las distancias físicas entre los hosts no tienen efecto dominante en el retraso de respuesta debido a que el retraso de encolamiento representa la mayor parte.

La implementación del modelo de QoS en las redes actuales todavía está en proceso, así se da la oportunidad de proponer nuevos parámetros dinámicos de sintonía. Los sistemas de interacción remotos se van a beneficiar de la implementación de este modelo, no solamente, debido a los comportamientos garantizados de los dos sitios que forman el sistema, sino también, por el control de los parámetros de red a través de un criterio de rendimiento para adaptar el rendimiento a los requisitos de la tarea. En los puntos siguientes se resumen algunos comentarios sobre el retraso temporal de Internet:

- El retraso temporal de Internet es muy impredecible e inevitable a diferencia de los sistemas tradicionales de teleoperación. Este retraso de transmisión afecta a la fiabilidad del funcionamiento remoto. Más allá de un cierto retraso, el control manual de un vehículo puede volverse erróneo o impráctico.
- Las distancias físicas entre los hosts no tienen efecto dominante en el tiempo de respuesta.
- La variación del retraso de transmisión en la comunicación de Internet es el problema más importante que hay que manejar para llevar a cabo sistemas de

interacción remotos. Dependiendo de cómo se transmiten los paquetes de información, este retraso puede variar de unos milisegundos a centenares.

- El retraso temporal es especialmente crítico debido a que afecta directamente a la realimentación sensorial y a las capacidades de control de bucle cerrado.
- El retraso de transmisión tiene que ser aceptable o una conexión dedicada se tiene que utilizar. El rendimiento del operador disminuye significativamente con el aumento del retraso más allá de 200 mseg. Otros estudios cualitativos muestran que las personas pueden compensar retrasos agregados pequeños, pero no pueden ignorar retrasos grandes (>100 mseg.).
- Debido a la variación de arquitecturas de teleoperación, no se puede dar ninguna formulación general de los requisitos mínimos. Normalmente, un retraso de comunicación de un segundo como máximo, se tiene como referencia para garantizar la operabilidad del sistema.

2.3.2.2 Ancho de Banda

El ancho de banda significa generalmente la cantidad de información que puede transmitirse en un periodo de tiempo dado (normalmente un segundo) a través de una conexión. En la transmisión de datos, el *throughput* es la cantidad de datos transmitidos con éxito de un lugar a otro en un periodo de tiempo dado. En caso de que no haya pérdida de información, se puede utilizar el concepto del *throughput* para medir el ancho de banda.

En los sistemas de interacción remota, se necesita ancho de banda adecuado para la transmisión de señales de control, información sensorial e imágenes en tiempo real. Existe un sistema de teleoperación para el robot móvil Nomad que permite controlar el Nomad con seguridad desde distantes centros de control. Las imágenes y los datos del Nómada también estaban inmediatamente disponibles en Internet. Se ha demostrado que un ancho de banda de 1,4 Mbps es suficiente para transportar imágenes reales desde el robot a una estación de control local y después a los sitios de control remotos.

Las conclusiones siguientes pueden ser útiles para manejar el problema del ancho de banda limitado.

- En los sistemas basados en Internet, los comandos de alto nivel son ideales para interactuar con los robots remotos porque requieren menos ancho de banda. También la idea de superar las restricciones de la comunicación utilizando interacción de nivel más abstracto y aumentando la autonomía del robot es una idea fundamental para el control remoto vía Internet.
- Diferentes tipos de datos tienen niveles diferentes de importancia para el operador. Se recomienda transmitir con resolución óptima aquellos datos que se necesitan realmente.
- La limitación del ancho de banda de Internet limita la velocidad de refrescar las imágenes de videos por eso es recomendable prohibir experimentos en los que la escena podría variar a velocidades altas para evitar los fallos abruptos y saltos en la visualización. Los modelos gráficos y las imágenes de realidad virtual de una simulación dada tienen necesidades mucho más bajas en cuanto al ancho de banda, por lo tanto se pueden considerar como una mejor alternativa a las imágenes reales de la cámara en este tipo de situaciones.
- Para proporcionar en tiempo real imágenes de sitios remotos, el sistema debería reaccionar dinámicamente a los cambios del ancho de banda y a los recursos computacionales, y sólo transmitir aquellos píxeles que en realidad se necesitan utilizando técnicas inteligentes (la fragmentación inteligente, velocidad de escenas inteligente, velocidad de tarea inteligente y la compresión bruta de fuerza).
- Permitir a varios usuarios utilizar el sistema simultáneamente significa que los recursos del sistema tienen que estar compartidos y, por lo tanto, algunos tipos de interacción pueden estar perjudicados o prohibidos, particularmente aquéllos que requieren un ancho de banda alto y especializado.

2.3.2.3 Pérdida de Paquetes

Probablemente la preocupación más grande de los sistemas de interacción remota basados en Internet es el comportamiento no determinista del sistema que resultaría durante la pérdida de paquetes o la caída total de la comunicación entre los sitios del sistema.

La pérdida de paquetes se origina por exceder la capacidad de la red causando que un dispositivo de la red deje caer un paquete. Este parámetro depende de la carga de la red y el mecanismo de encolamiento utilizado en el nodo de la red.

Una posibilidad para prevenir la pérdida de paquetes está implementada en TCP. En este protocolo, cuando se descubre una pérdida de paquetes, se pide un reenvío por el receptor. Esto produce una latencia más alta con el protocolo TCP comparándolo con el UDP, por eso existe una compensación entre porción de pérdida de paquetes y el retraso temporal. Generalmente, el parámetro del retraso temporal es más crucial que la pérdida de paquetes.

2.3.2.4 Jitter

Un componente crucial del retraso temporal son los retrasos arbitrarios de encolamiento en los dispositivos de la red. Debido a estos retrasos variantes dentro de la red, el tiempo desde la generación de un paquete hasta que se recibe, puede fluctuar de un paquete a otro. Este fenómeno se llama variabilidad instantánea o *jitter*. El *jitter* es la variación en la latencia en una ruta de conexión.

Se puede calcular el jitter enviando y recibiendo paquetes consecutivos. Como se muestra en la figura 2.8, dos paquetes se están enviando de un remitente a un contestador.

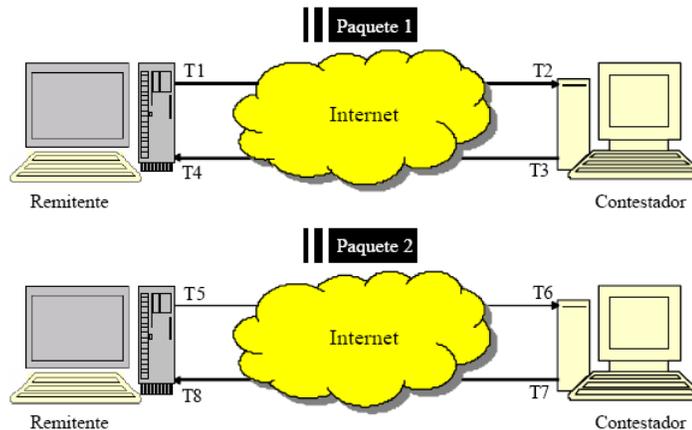


Fig. 2.8: Jitter

Siendo que:

T1: Tiempo de envío del paquete 1

T2: Tiempo de recepción del paquete 1

T3: Tiempo de envío de la contestación del paquete 1

T4: Tiempo de recepción de la contestación del paquete 1

T5: Tiempo de envío del paquete 2

T6: Tiempo de recepción del paquete 2

T7: Tiempo de envío de la contestación del paquete 2

T8: Tiempo de recepción de la contestación del paquete 2

Para estos dos paquetes:

Jitter de la fuente al destino = $(T6-T2) - (T5-T1)$

Jitter del destino a la fuente = $(T8-T4) - (T7-T3)$

El jitter se calcula para cada dos paquetes consecutivos. Para medir el jitter usando las medidas del tiempo de ciclo, se supone que la medida i -th del tiempo de ciclo es R_i , entonces el *jitter* se calcula como el rango intercuartil (*Inter Quartile Range- IQR*) de la distribución de frecuencia de R .

Se ha clasificado la degradación de redes en cuatro categorías en base del jitter según se muestra en la tabla 2.1.

Categoría de Degradación	Jitter Máximo
Perfecta	0 mseg.
Bien	75 mseg.
Mediana	125 mseg.
Baja	225 mseg

Tabla 2.1: Niveles de Degradación de Redes

Como se puede ver en la figura 2.9, las aplicaciones más sensibles al retraso son las aplicaciones de voz. Aunque utilizar la comunicación hablada como herramienta de interacción remota requiere transmitir poca cantidad de datos, el *jitter* afecta a la calidad de la voz llegada al sitio remoto donde se encuentra el robot.

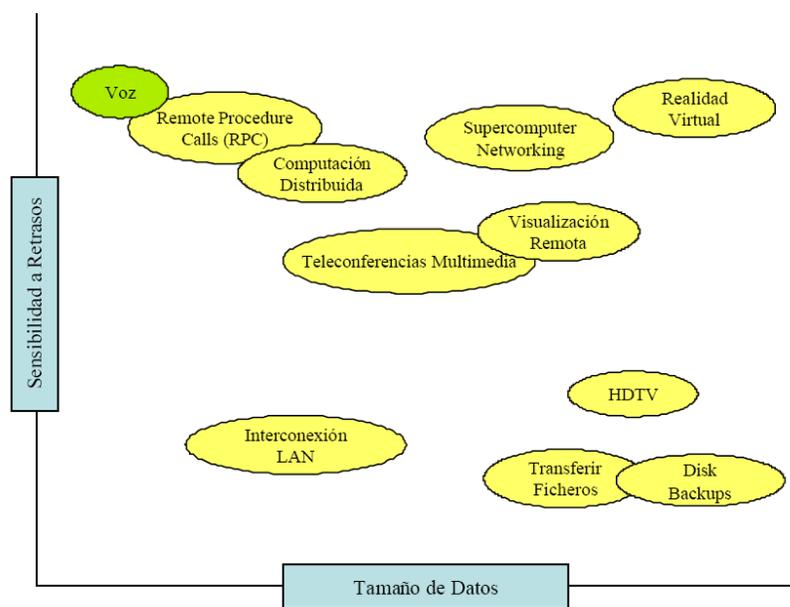


Fig. 2.9: Aplicaciones de Internet

Se pueden utilizar algunas pasarelas de voz para manejar el problema del *jitter* como *Cisco IOS H.323*, que puede manejar el retraso causado por *jitter* hasta 240 mseg. Entre los mecanismos que se pueden usar para eliminar el *jitter* en algunas aplicaciones especiales que son sensibles a él, como son las aplicaciones de voz o telefonía de Internet.

2.4 CONTROL REMOTO BASADO EN INTERNET

Muchos investigadores han discutido los sistemas basados en Internet que permiten teleoperar un vehículo y la estrategia de control adecuada para desarrollar este tipo de sistemas. Se ha discutido la teleoperación remota basada en Internet, como un nuevo método para controlar un telerobot a largas distancias, donde los retrasos en la comunicación son significantes. Se ha probado que tales retrasos desestabilizan potencialmente el sistema y degradan la intuición y el rendimiento del operador humano.

Se ha desarrollado un protocolo de gestión de comunicaciones que puede funcionar encima del protocolo estándar de Internet orientado a datagramas (User Datagram Protocol-UDP). Este protocolo proporciona el mejor balance posible de la transmisión de datos y tiempo de respuesta, al adaptarse su comportamiento de comunicaciones a los recursos de canales de comunicaciones realmente disponibles. La clave está en diseñar la interfaz, de forma que, los procesos de usuario de alto nivel accedan a esta capa de servicio de transporte (*Transport Layer Service*) y puedan evaluar la reducción de las comunicaciones en tiempo real.

Se ha propuesto un sistema de control que garantiza que un robot personal pueda evitar obstáculos y pueda reducir los errores de trayectoria y la diferencia de tiempo entre un robot virtual en local y un robot real en el sitio remoto. En el sistema propuesto se controlaba el robot personal a través de un simulador que se controlaba en el sitio local del operador, por eso este sistema ha sido insensible al retraso temporal. Según sus medidas, el retraso de Internet aumentaba con la distancia física entre el sitio local y el remoto, y

también dependía del número de nodos cruzados entre el sitio local y remoto. También el retraso dependía fuertemente de la carga de Internet, por eso no se podía modelar.

Se ha propuesto usar la teoría de control basado en eventos como un algoritmo de programación, en el lado del servidor, para un sistema de teleoperación vía Web. Este sistema proporciona un control estable en presencia de incertidumbre en el tiempo de transmisión de la red y un ancho de banda limitado.

En las subsecciones siguientes se presentan dos estrategias de control que pueden ser útiles para desarrollar sistemas de control remoto basado en Internet.

2.4.1 CONTROL REMOTO MANUAL EN LAZO CERRADO

Mediante un examen de los diferentes sistemas de teleoperación basados en Internet, se descubre que todos están basados en una arquitectura similar. Estos sistemas toleran los retardos, ya que, existe un operador humano como enlace inteligente al sistema de control. Cuando se produce un error en el posicionamiento del dispositivo remoto, se visualiza el caso mediante realimentación visual y el operador se encarga de enviar comandos al dispositivo para compensar. Este modelo tiene los componentes que se muestran en la figura 2.10. A continuación se describe el papel de cada componente.

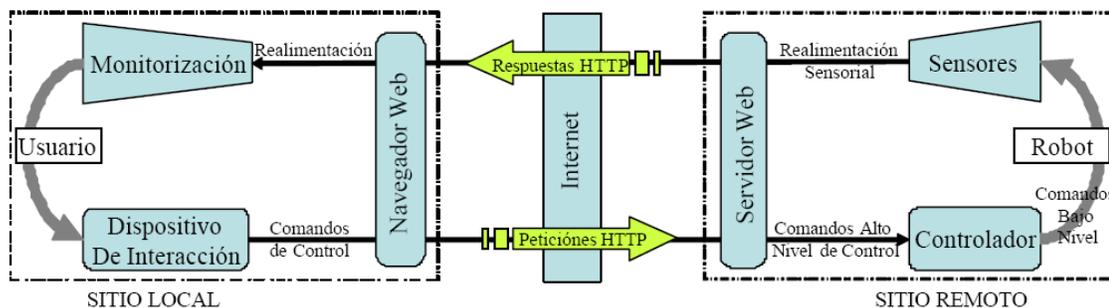


Fig. 2.10: Control Remoto Manual en Lazo Cerrado

El modelo de control remoto manual en lazo cerrado está basado en un modelo simple de programación distribuida y el protocolo “Petición-Respuesta” de la arquitectura cliente-servidor. El cliente interactúa con el sistema usando cualquier navegador Web que le muestre la interfaz de usuario. La interfaz reúne los datos necesarios y genera las peticiones que el navegador Web se encarga de transportar como peticiones HTTP. Estas son atendidas por el servidor Web, que se encarga de procesar los datos y las peticiones enviadas por el cliente para generar peticiones de alto nivel. Los servidores de control del robot se encargan de interpretar las órdenes de alto nivel y de generar comandos de bajo nivel que entenderán los actuadores, ejecutándose así las tareas demandadas.

La realimentación de la información sensorial proporciona al usuario información acerca de las acciones emprendidas por el robot dentro de su entorno, pudiendo analizar las consecuencias que tienen sus peticiones sobre el robot.

Si bien el sistema de control manual en lazo cerrado no es ciertamente óptimo, sí es un sistema simple y que funciona. Se pueden utilizar pantallas de predicción para mejorar este modelo. Debido al retardo de las comunicaciones una realimentación inmediata no puede venir del lugar remoto y debe ser generada en la estación del operador.

2.4.2 CONTROL SUPERVISADO

En los sistemas basados en Internet y con la existencia de las restricciones de comunicación discutidas previamente, es recomendable intentar lograr un equilibrio entre la autonomía y la intervención del usuario para que éste sólo pueda ayudar al robot en casos excepcionales de emergencia. Sin embargo, el robot debe manejar la mayoría de operaciones locales automáticamente para disminuir la sensibilidad del sistema a los retrasos en la comunicación y su dependencia en el ancho de banda. Investigadores han estudiado la selección de la estrategia de control teniendo en cuenta las consideraciones del retraso temporal. Se ha dado un ejemplo sobre cómo desarrollar un sistema de assembly basado en Internet.

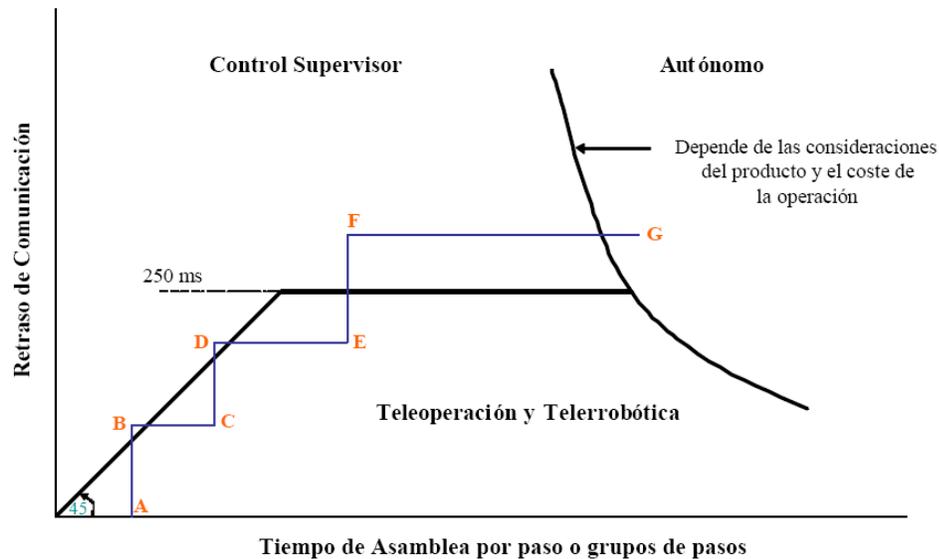


Fig. 2.11: Estrategia de Control de un Sistema de Asamblea.

Como se muestra en la figura 2.11, empezando en el punto A, con el aumento del retraso de comunicación de A a B (debido al tamaño del paquete, al tráfico de Internet, a la pérdida de paquetes, etc.) la teleoperación ya no es deseable cuando el retraso de comunicación iguala al tiempo de paso de ensamblaje. Se puede usar un controlador supervisor en este punto o formar nuevos grupos de pasos y automatizar ciertos pasos de ensamblaje hasta que la ensamblaje se pueda llevar a cabo telerrobóticamente (es decir, mover de B a C). En el punto C, como el tiempo de retraso se aumenta de nuevo (por el aumento del tráfico de Internet, transmisión de información sensorial adicional, etc.), se mueve hasta el punto D donde se requiere de nuevo el control supervisor. Como antes, la opción es quedarse con el control supervisor o formar grupos más largos de pasos y automatizar ciertas operaciones hasta que la ensamblaje pueda hacerse telerrobóticamente (punto E). Como se aumenta más el retraso a lo largo del camino de E a F (de nuevo debido al tráfico aumentado, las transmisiones adicionales, etc.), el control de la teleoperación y la telerrobótica se vuelve inviable como resultado de exceder el retraso a los 250 mseg. A estas alturas, el control supervisor o el control autónomo vuelven a ser la única opción.

El control autónomo también podría seleccionarse debajo de la línea de 250 mseg en base a la consideración del coste de la asamblea, los costes operacionales y el tipo y el coste de los pasos del proceso de la asamblea. Esto se puede determinar usando la información disponible de la experiencia en la operación y el conocimiento de la asamblea y el proceso de la asamblea. Este ejemplo da directrices generales que pueden ser útiles para elegir la estrategia de control conveniente en base a las consideraciones del retraso temporal.

Un esquema para reducir la cantidad de datos que se transmiten entre los dos sitios del sistema es mediante la incorporación del control supervisado y la autonomía en el sistema remoto. De esta manera, el operador interactúa con el sistema remoto a un nivel más alto que requiere interacciones de comandos comparativamente bajos. Esto significa que los sensores, las capacidades de control y las capacidades cognoscitivas del sistema remoto deben ser adecuados para realizar las tareas requeridas.

El control supervisado mejora la intervención del operador y evita los problemas de inestabilidad, donde el control del robot está compartido entre un lazo de control remoto y el operador. Este paradigma de control no pretende que el robot realice todas las operaciones autónomamente, pero habilita al robot a realizar operaciones simples que el operador puede secuenciar. Mediante el control supervisado el usuario se puede comunicar con un sistema remoto a un nivel más abstracto enviando comandos de alto nivel al robot, el cual, al incrementar su nivel de autonomía permite disminuir la cantidad de datos a enviar. Limitar la interacción remota a comandos de alto nivel ayuda a disminuir el ancho de banda necesario, e incrementar la autonomía del robot ayuda a reducir la sensibilidad al retraso.

2.5 ARQUITECTURA AD

La arquitectura AD (Automática-Deliberativa) es una arquitectura híbrida propuesta por R. Barber para el control de los robots móviles autónomos. Está basada en la capacidad de

razonar y de actuar de los seres humanos. Como se muestra en la figura 2.12, los dos niveles que forman la arquitectura son el Nivel Automático y el Nivel Deliberativo.

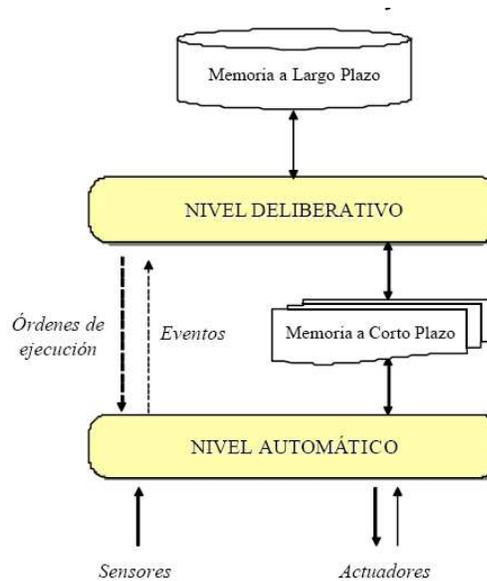


Fig. 2.12: Niveles de la Arquitectura AD

Ambos niveles de la arquitectura presentan las mismas características: están formados por habilidades. Las habilidades son las diferentes capacidades para razonar o llevar a cabo una acción. La comunicación entre el Nivel Deliberativo y el Automático es bidireccional. El nivel Deliberativo envía órdenes de ejecución al Nivel Automático y este le devuelve eventos.

La arquitectura considera también como forma de intercambio de información diversos tipos de memoria. La memoria a corto plazo o memoria de trabajo aparece como un elemento de intercambio de información entre los dos niveles de la arquitectura. Esta se diferencia de la memoria a largo plazo porque la información almacenada es la información del estado del robot, mientras que en la memoria a largo plazo los datos almacenados pueden ser considerados estables en el tiempo.

2.5.1 NIVEL AUTOMÁTICO

2.5.1.1 Acciones Reflejas

Son respuestas prioritarias e involuntarias a un determinado estímulo. En estas acciones reflejas existe una *conexión directa* entre percepción y acción sin necesidad de un modelo del mundo. Se procesa la información sensorial en tiempo real y se envían con carácter prioritario órdenes de ejecución a otras habilidades, o comandos de movimiento a los actuadores.

2.5.1.2 Habilidades Automáticas

Las habilidades automáticas son definidas como la capacidad de procesar información procedente de los sensores virtuales y/o generar órdenes de ejecución sobre los actuadores virtuales.

Las habilidades automáticas se pueden clasificar en función de los tipos de datos que obtienen como resultados y de cómo interactúan con los dispositivos hardware del robot, es decir, sensores y actuadores. Según este tipo de clasificación las habilidades pueden ser:

- **Habilidades Perceptivas:** Son aquellas que interpretan la información procedente de los sensores o de otras habilidades, y que no generan comandos de movimiento como la habilidad “Detectar Obstáculos” con el sonar o con el láser y la habilidad “Detectar Puerta”.
- **Habilidades Sensorimotoras:** Además de interpretar la información sensorial o de otras habilidades, se encargan de enviar órdenes de movimiento al robot en determinadas circunstancias. Para ello se deben conectar al objeto de datos del actuador virtual correspondiente y actualiza sus valores. Las habilidades “Ir a Punto”, “Girar” y “Evitar Obstáculos” representan habilidades sensorimotoras.

Todas las habilidades automáticas tienen las siguientes características:

- ✓ Pueden ser activadas por habilidades situadas en el mismo nivel o en el nivel deliberativo. Una habilidad sólo puede desactivar habilidades que ella misma ha activado previamente.
- ✓ Deben almacenar los resultados de forma tal que puedan ser utilizados por otras habilidades.
- ✓ Pueden generar eventos diversos y los notificarán únicamente a aquellas habilidades que los hayan pedido previamente.

2.5.2 NIVEL DELIBERATIVO

En el Nivel Deliberativo de la arquitectura AD se encuentran los módulos que requieren capacidad de razonamiento. Estos módulos no proporcionan respuestas inmediatas debido a que necesitan procesar la información para planear la acción o acciones a ejecutar. En la figura 2.14 se puede ver un esquema de este nivel.

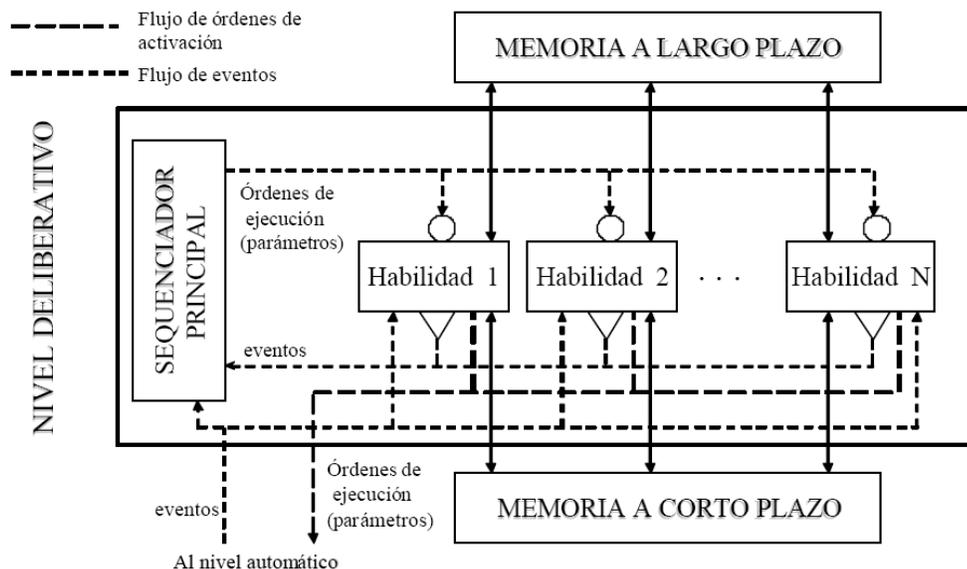


Fig. 2.14: Nivel Deliberativo de la Arquitectura AD

A continuación se explican los elementos que forman parte de este nivel.

2.5.2.1 Habilidades Deliberativas

Las habilidades deliberativas son cada una de las capacidades de las capacidades de razonamiento y aprendizaje de las que dispone el sistema autónomo. Estas habilidades se encargan tanto de gestionar y modificar la memoria a largo plazo como de gestionar y secuenciar las habilidades del Nivel Automático. Algunos ejemplos de estas habilidades pueden ser los planificadores, los supervisores, los módulos que gestionan el mapa, los módulos que realizan exploración, los módulos de modelado del entorno, los módulos de relocalización y los módulos que gestionan las comunicaciones con el usuario.

Estas habilidades deliberativas se caracterizan por:

- **Carácter secuencial.** Las actividades deliberativas se llevan a cabo secuencialmente. Es decir, no es posible estar reflexionando sobre más de una cosa al mismo tiempo.
- **Carácter temporal.** Para razonar es necesario tener en cuenta las acciones pasadas a fin de adquirir experiencia, e imaginarse posibles acciones futuras a fin de prever las consecuencias de cada una de ellas.
- **Adaptabilidad.** El análisis de forma deliberativa permite determinar cuál es la respuesta más adecuada ante situaciones nuevas que se presentan y, si no se elige la respuesta más conveniente, se tendrá en cuenta para la siguiente vez que se produzca la misma situación, adaptando la forma de actuar, es decir, aprendiendo.
- **Velocidad de respuesta lenta.** Las habilidades deliberativas requieren gran cantidad de tiempo para el análisis y razonamiento.
- **Las habilidades deliberativas pueden pasar a ser automáticas.** Cuando se ejecuta por primera vez una tarea, el nivel Deliberativo es consciente de los movimientos que realiza, prestando atención de todo lo que le rodea y de los resultados obtenidos. Una vez que el sistema aprende dicha tarea, su ejecución se realiza de manera automática. Se puede asemejar a lo que ocurre al aprender a conducir. Al principio los movimientos son lentos y requieren de razonamiento,

para luego convertirse en movimientos más rápidos y menos dependientes de los procesos mentales, pasando incluso a ser reflejos.

2.5.2.2 Memoria a largo plazo

La memoria a largo plazo contiene información que puede ser considerada más estable a lo largo del tiempo, es decir, no dependiente del estado del robot. A dicha memoria sólo tiene acceso las habilidades deliberativas, las cuales pueden realizar razonamientos sobre dicha información, modificando la información cuando sea necesario. En ella se incluirán la información a priori, como pueden ser los mapas, e información procedente del razonamiento o aprendizaje de las distintas habilidades deliberativas.

2.5.2.3 Secuenciador Principal

El secuenciador se encarga de gestionar las habilidades deliberativas, dando la orden de ejecución de cada una de ellas en el momento oportuno. Este secuenciador viene dado a priori y es el que define el comportamiento del sistema. El secuenciador va decidiendo que habilidades debe activar en función de su secuencia y de los eventos que le vayan llegando tanto de cada una de las habilidades de este nivel como del nivel automático.

A parte de este secuenciador, la arquitectura contempla la posibilidad de otros secuenciadores tanto en habilidades deliberativas que permiten activar habilidades del Nivel Automático, así como secuenciadores dentro de las habilidades automáticas que permiten formar otras habilidades más complejas.

CAPÍTULO III

INTERACCIÓN HOMBRE-ROBOT

3.1 INTRODUCCIÓN

La interacción hombre-robot (IHR) juega un papel importante en cualquier sistema de robótica teniendo en cuenta que todavía no existe un robot con capacidad totalmente autónoma. Incluso si esta meta de la autonomía completa se alcanzara, el papel humano y el nivel de interacción variarían pero el hombre seguirá siendo una parte del sistema. Por ejemplo, un robot personal interactuara regular y frecuente con un humano, mientras que un robot planetario de exploración recibiría comandos supervisados únicamente en casos ocasionales.

La IHR puede definirse como el estudio de los seres humanos, los robots, y la forma en que uno influye en el otro. Existe una tendencia a pensar que los robots han de volverse más "humanos", que necesitan interactuar con el ser humano (y quizás entre sí) por la manera en que los seres humanos interactúan entre sí, y que, finalmente, ellos pueden sobrepasarlos por completo. Esta metodología, a veces se denomina "robótica centrada al hombre", y da énfasis al estudio de los seres humanos como modelos para los robots, o incluso al estudio de los robots como modelos para los seres humanos. Debido a la naturaleza de la inteligencia necesitada por los robots modernos, la IHR debe combinar el sueño de inteligencia artificial (IA) de crear un ser inteligente, criatura, o programa con la visión de la interacción persona-ordenador (IPO) de construir sistemas que se centran alrededor de las necesidades y los deseos del usuario.

En este capítulo se describen las últimas tendencias en el campo de la interacción hombre-robot. En primer lugar, se describen las relaciones entre el hombre y los robots desde diferentes puntos de vista como la familiaridad con la robótica, las diferentes taxonomías de relaciones y los niveles de control y los papeles de usuario. A continuación, se intenta

contestar la pregunta "¿cómo podrían interactuar los seres humanos con los robots"? discutiendo lecciones aprendidas de las disciplinas relacionadas como la IPO, automatización, ciencia de ficción y ciencia cognoscitiva, etología, emoción y personalidad. Más adelante se clasifican los diferentes tipos de interacción según la naturaleza de la interacción, y luego el tema de interacción hombre-robot se clasifica según la accesibilidad a interacción directa e interacción remota. A continuación, los diferentes elementos de interacción se plantean. Y al final del capítulo se presenta los diferentes métodos de realimentación.

3.2 RELACIONES HOMBRE-ROBOT

La interacción humana y la autonomía del robot son las funciones claves que pueden ampliar el uso del robot en la vida diaria. Hoy en día, la mayoría de los robots disponibles pueden interactuar únicamente con sus creadores o con un grupo pequeño de individuos especialmente entrenados. El objetivo final de las investigaciones en robótica es desarrollar un robot que pueda interactuar con seres humanos y participar en la sociedad humana. Este tipo de robot debe tener interfaces efectivas, intuitivas y transparentes con nivel alto de autonomía por lo cual el robot será capaz de sobrevivir en situaciones diferentes.

3.2.1 FAMILIARIDAD CON LA ROBÓTICA

Desde el punto de vista de la familiaridad con los robots, se pueden clasificar los usuarios en distintos niveles, como se muestra en la figura 3.1.

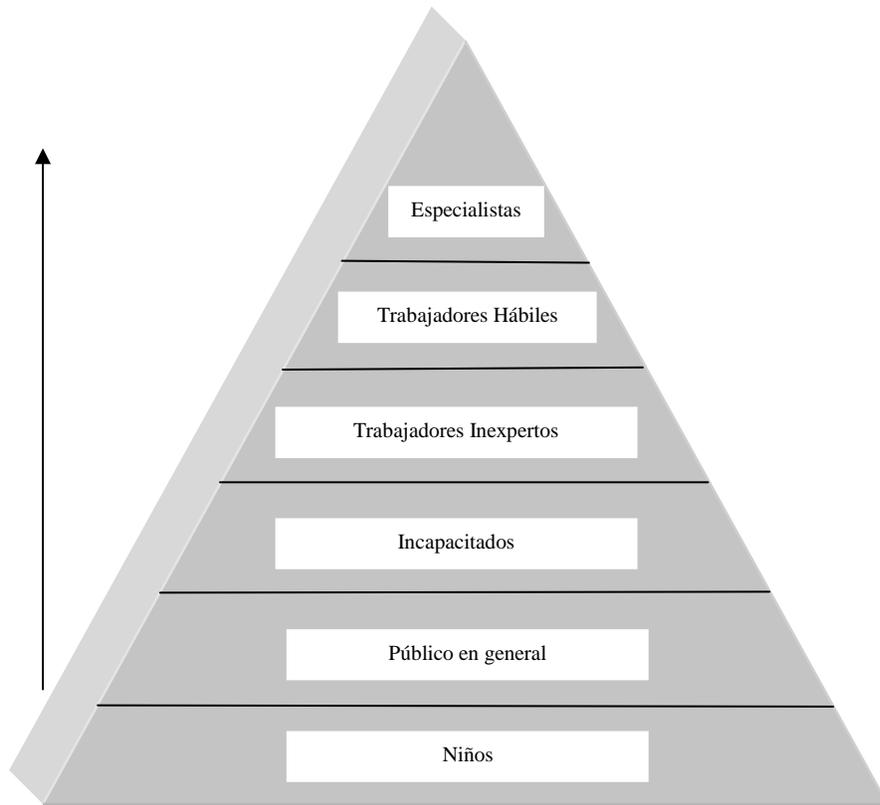


Fig. 3.1: Familiaridad con los Robots

Al nivel más alto de la familiaridad con los robots y especialización están los expertos, los investigadores en robótica, los especialistas y los técnicos en robótica. En el siguiente nivel se sitúan los trabajadores hábiles en otras áreas (poca o ninguna experiencia de robótica o informática), p. ej., los trabajadores de búsqueda y rescate, mineros, trabajadores de fabricación, etc. Estos trabajadores tienen una relación de colaboración con el robot. En el próximo nivel de familiaridad con los robots estarían los trabajadores inexpertos, quienes pueden encontrar los robots como parte de su entorno de trabajo, aunque no trabajen directamente con los robots.

Cuando encuentran el robot, tienen que establecer una relación con él. En otro nivel de usuario están los discapacitados, que tienen poca o ninguna experiencia de ordenadores o robots. En este caso los robots son robots personales de servicio que ayudan a los discapacitados hacer varias tareas. En el próximo nivel estaría el público o la gente normal

que tiene poca o ninguna experiencia de informática o robótica y que usa los robots personales de servicio como aparatos de limpieza, cortacéspedes, etc. En nivel más baja de capacidad existen los niños que operan robots de entretenimiento.

3.2.2 TAXONOMÍAS DE RELACIONES

Los seres humanos pueden jugar distintos papeles en el sistema con diferente limitación de uso y autoridades. Se ha clasificado la relación hombre-robot basándose en tres taxonomías: relación numérica, relación espacial, y relaciones de autoridad.

- **Relaciones Numéricas:** La relación numérica determina la escalabilidad del sistema como se muestra en la tabla 3.1.

Hombres	Robots
un usuario	un robot
un usuario	varios robots
varios usuarios	un robot
grupos de usuarios	grupos de robots

Tabla 3.1: Relación Numérica

Un tema importante que afecta a la escalabilidad de una metodología es cómo se integran los usuarios con el sistema durante la interacción. Esto involucra tanto el acceso como el control de los recursos del sistema. Los sistemas de un usuario único pueden permitir acceso total a sus recursos sin ninguna restricción. Agregar más usuarios, significa que estos recursos tienen que estar compartidos y por lo tanto algunos tipos de interacción pueden estar perjudicados o prohibidos, particularmente aquellos que requieren un ancho de banda alto y especializado.

Se puede usar la metodología de *round robin* para manejar el acceso de los usuarios. Cuando sólo haya un usuario conectado, no se da ninguna restricción en el uso. Sin embargo, si se conectan varios usuarios simultáneamente, sólo uno tendrá el acceso durante una cantidad especificada de tiempo. Una vez que el tiempo haya expirado, el próximo usuario en línea tendrá la oportunidad de controlar el sistema y el primer usuario se moverá al extremo de la lista de espera. Este mecanismo tiene una limitación en caso de que el número de usuarios crezca.

Existen situaciones donde se necesitan más de un robot para realizar una tarea asignada. La interacción de los seres humanos con sistemas multi-robot incluye sistemas robóticos distribuidos para aplicaciones prácticas.

- **Relaciones Espaciales:** Según la distancia entre el usuario y el robot, se puede clasificar la interacción hombre-robot en interacción directa o local e interacción remota. Más adelante se discute la interacción directa y remota con los robots en más detalle.
- **Relaciones de Autoridad:** Las relaciones de autoridad tienen un estilo piramidal por lo que los privilegios de control, se pueden determinar. La tabla 3.2 muestra dichas relaciones.

Autoridad	Función
Supervisor	Comandos “qué”
Operador	Comandos “cómo”
Cooperador	Interactúa
Espectador	Interactúa

Tabla 3.2: Autoridad: niveles de control

El nivel de control se refiere a la naturaleza de responsabilidad humana para el funcionamiento del robot y determina la importancia relativa y la frecuencia de las tareas

realizadas por el hombre. En el apartado siguiente, se discuten los distintos niveles de control con más detalles.

3.2.3 NIVELES DE CONTROL

Generalmente los papeles del usuario en su interacción con la máquina se pueden describir mediante el concepto de niveles de control. El nivel de control determina la importancia relativa y la frecuencia de las tareas realizadas por el usuario. Se refiere a la naturaleza de la responsabilidad humana con la funcionalidad de la máquina y se varía de control total a control estratégico como se muestra en la figura 3.2.

Durante el control total, el usuario es responsable de todas las decisiones, desde la planificación estratégica al control de las trayectorias. Por otra parte, el usuario es sólo responsable de los planes relativamente a largo plazo; por lo menos mientras la máquina está realizando la tarea (la programación tiene lugar antes de la ejecución de la tarea). Como se muestra en la figura 3.2, los niveles de control son los siguientes:

- **Control Manual:** A este nivel de control, el usuario debe controlar el rango entero de la funcionalidad del sistema, desde el seguimiento de trayectorias hasta la planificación. La tarea de la máquina es monitorizar la información del entorno de trabajo y actuar según las entradas del usuario.
- **Control Manual con Asistencia Inteligente:** A medida que las máquinas son más inteligentes, el usuario puede enseñar la máquina información rudimentaria sobre el sitio de trabajo, como definir regiones en las que no debe entrar. La máquina puede modificar las pantallas de información para reforzar la información de video disponible y modificar las entradas del usuario para mejorar el guiado, quizás en forma de restricciones de movimiento. La teleoperación asistida por ordenador y el control compartido se encuentran en esta área. Cuando la máquina se vuelve más inteligente, el usuario puede delegar más responsabilidad en ella.

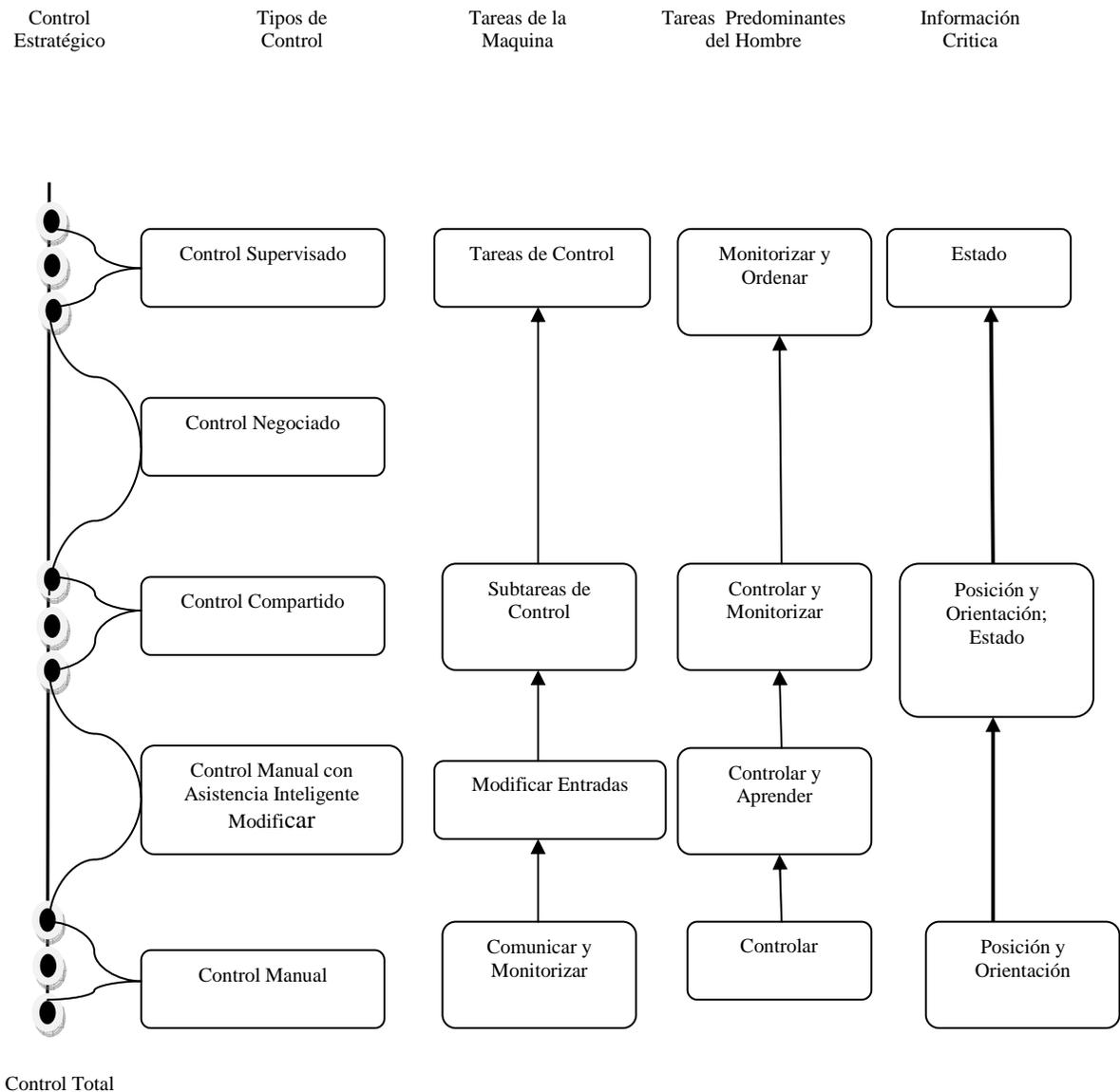


Fig. 3.2: Niveles de control con los tipos de control, las tareas primarias de la máquina y del hombre, y la información crítica para el operador humano.

- Control Compartido:** En este nivel, el usuario es responsable de controlar algunas subtareas mientras que la máquina controla otras simultáneamente. Un ejemplo es el control humano de velocidad horizontal y el control por parte de la máquina de la orientación y la velocidad vertical de un submarino.

- **Control Negociado:** La máquina y el hombre son consecutivamente responsables de las subtareas, es decir, algunas veces la máquina tiene control completo y a veces el hombre lo tiene. A este nivel, el usuario puede estar controlando, ordenando, o supervisando (con programación ocasional o enseñanza) dependiendo de la subtask.
- **Control Supervisado:** El nivel siguiente, denominado control supervisado, se define como un modo de control en el que uno o más de los operadores están intermitentemente programando y recibiendo información continuamente de un ordenador que controla un teleoperador. La máquina es responsable de controlar tareas y el ser humano está supervisando interviniendo ocasionalmente para ordenar, operar o programar. La interacción humana con el sistema es simbólica, es decir, involucra la selección de tareas del teleoperador y metas pero no involucra control directo de las acciones del teleoperador. El usuario entrará en el bucle de control sólo si aparecen situaciones anormales.

La figura 3.3 ilustra la naturaleza del papel humano en el bucle de control para cada nivel de control. En esta figura, las flechas oscuras indican responsabilidad primaria, las flechas sombreadas indican responsabilidad intermitente, y las líneas finas indican monitorización o sólo modificación.

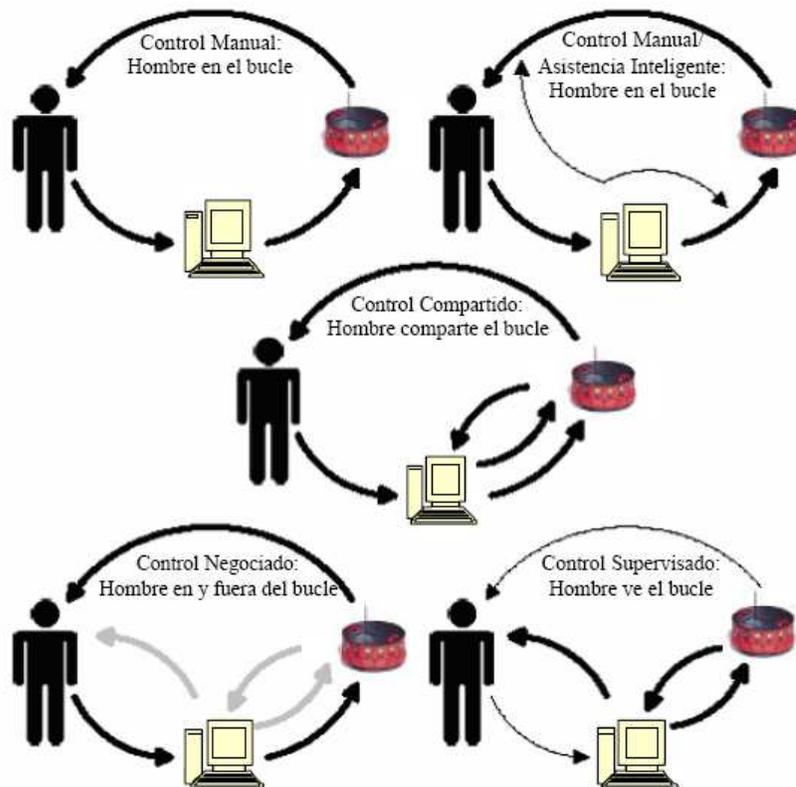


Fig. 3.3: Papeles del humano y de la maquina dentro de cada tipo de control.

Las interfaces de usuario para un teleoperador deben ser capaces de acomodar interacciones hombre-máquina a los niveles apropiados de control para el sistema. Es importante notar que los futuros teleoperadores no tendrán siempre el mismo papel, sino que este cambiará según los requisitos de la misión y la capacidad de la máquina. Sin embargo, no es verdad que un teleoperador capaz de operar a un nivel de control, sea automáticamente capaz de operar a niveles más bajos. Las interfaces del usuario deben ser bastante flexibles para acomodar el rango de tareas humanas que corresponden a los niveles de control que el teleoperador exhibirá durante una misión.

Las interfaces graficas proporcionan maneras útiles para ordenar y controlar un robot remotamente, y permiten al robot presentar información útil sobre su estado. La complejidad de las interfaces debe variar de interfaces de bajo nivel muy sofisticadas (en el

caso de ingenieros de la robótica) a interfaces de alto nivel muy intuitivas y atractivas (en el caso de los robots de entretenimiento). Más adelante, se discuten las interfaces hombre-robot con más detalles.

3.3 ¿CÓMO PODRÍAN INTERACTUAR LOS SERES HUMANOS CON LOS ROBOTS?

Esta sección se intenta contestar la pregunta "¿cómo podrían interactuar los seres humanos con los robots?". En el desarrollo de intentar entender cómo interactúan los seres humanos con los robots, se pueden deducir varias lecciones de las disciplinas siguientes:

- La Interacción Persona-Ordenador (IPO)
- La automatización
- La ciencia ficción
- Trabajo Cooperativo apoyado por ordenador
- La Ciencia cognoscitiva, Etología, Emoción y Personalidad

Todas estas áreas son valiosas, pero cada una está enfocando en un aspecto diferente de interacción por lo que se deben deducir lecciones de todas.

3.3.1 INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR (IPO)

El campo de la interacción persona-ordenador ha crecido firmemente en los años recientes. Muchas de las lecciones aprendidas en IPO deben ser útiles en la interacción hombre-robot. Por supuesto, existen diferencias particulares, entre los ordenadores y los robots. Entre estas diferencias, se encuentra la habilidad de los robots de moverse a través del mundo físico. No obstante, un descubrimiento importante de investigadores de IPO fue que el método más rápido de avanzar técnicamente era llevar a cabo nuevos tipos de interacciones y evaluar su actuación. El paradigma general en IPO es el de un humano que controla y una máquina bastante simple, que recibe órdenes de la persona. La interacción centrada en el

hombre y la interacción centrada en la máquina son dos metodologías en la interacción persona-ordenador.

3.3.3.1 Sistemas Centrados en el Hombre

El término centrado en el hombre se ha llamado de varias formas "centrado en el usuario", "centrado en el uso", "amigable a usuario", "centrado en el hombre ", y más recientemente, "centrado en la práctica". En tales sistemas, los siguientes principios deben lograrse:

- Los operadores humanos son completamente responsables de los resultados de los procesos dirigidos por seres humanos y máquinas.
- Los seres humanos deben estar a cargo de todos los componentes de los sistemas que emprenden esos procesos. Deben tener autoridad total encima de los sistemas, es decir, que deben tener los medios para intervenir constructivamente en los procesos.
- Muchos sistemas hombre-máquina distancian al operador de los procesos en curso, algunos intencionadamente, y otros por defectos. Sin una participación activa de manera continua en el proceso, el operador humano no podrá entender el problema y tomar el control en caso de fallo de la máquina.
- Sin una buena información acerca del proceso en curso, un operador humano no puede permanecer activamente involucrado en ese proceso. En este caso, la máquina y no el hombre, es la que está al mando.
- Como las máquinas han progresado desde tareas simples de control a la gestión de información y más recientemente a la gestión de todo el proceso, se ha vuelto más difícil seguir lo que están haciendo. Esto lleva a la necesidad de informar al hombre de qué tales máquinas están funcionando debidamente, en lugar de simplemente cuando fallan.
- A menos que una máquina se comporte predeciblemente, un hombre no puede formarse un modelo interior de cómo funciona, y así no puede permanecer involucrado en el proceso.

- Los seres humanos también fallan. Las máquinas saben bastante sobre el proceso de interacción, y este conocimiento puede permitir a las máquinas supervisar la actuación humana para los errores, así como los humanos deben poder supervisar la actuación de la máquina ante errores o averías.
- Para entender qué resultado se desea, cualquier agente en un sistema hombre-máquina debe entender lo que están intentando lograr otros componentes del sistema. Esto requiere el conocimiento de las intenciones de cada uno de los agentes.

3.3.3.2 Sistemas Centrados en la Máquina

La tabla 3.3 muestra una comparación entre las características de la máquina y del hombre en los sistemas centrados en el hombre y en la máquina.

Vista de Sistemas Centrados en la Máquina		Vista de Sistemas Centrados en el Hombre	
Persona	Máquina	Persona	Persona
Vaga	Precisa	Creativa	Muda
Desorganizada	Ordenada	Flexible	Rígida
Distraible	No distraible	Atenta al cambio	Insensible al cambio
Emocional	Impasible	Lista	Falta de imaginación
Ilógica	Lógica	Las decisiones son flexibles y están basados en métodos cualitativos y cuantitativos	Las decisiones son consistentes porque están basados en variables cuantitativas

Tabla 3.3: Tecnología Centrada en la Máquina y Centrada en el Hombre

Como seres humanos, nos guiamos por patrones y eventos, emociones, aprendiendo de errores pasados, razonamiento, interpretación, y comprensión. Además tenemos habilidades intelectuales y comportamiento social que no tienen las máquinas. Las máquinas pueden realizar funcionamientos complejos por orden del ser humano, y trabajar bien cuando se

combinan con la inteligencia artificial. La máquina también debe proyectar una imagen de su funcionamiento. La idea es que las personas suelen desarrollar modelos interiores, mentales, y conceptuales de la manera en que el dispositivo funciona, y forman esos modelos a partir de sus expectativas y experiencia con el propio dispositivo. Por esta razón, el dispositivo debe proyectar una imagen que pueda ser útil para desarrollar esta conceptualización.

Implicaciones para los robots: En la interacción persona-máquina, es esencial tener un buen modelo de cómo opera el otro, por lo que se entiende lo que está a punto de hacer, y el progreso de lo que está haciendo. En los sistemas de ordenadores, la necesidad de realimentación es bien conocida. Sin embargo, la información exigida para obtener un modelo conceptual bueno y coherente sobre su funcionamiento no es tan bien conocida.

3.3.2 AUTOMATIZACIÓN

Con la automatización tradicional, la máquina cada vez asume más funciones inicialmente realizadas por humanos. Por eso, aunque la persona podría darle inicialmente instrucciones, desde ese momento, la máquina funciona de manera relativamente autónoma. Si el comportamiento autónomo es inesperado por parte de un operador humano, se percibe a menudo como "animado"; la máquina parece tener "mente propia". El humano debe decidir si el comportamiento percibido es apropiado, o si representa un fallo de un componente del sistema. Esta decisión puede ser bastante difícil, sobre todo si el sistema no está bien documentado o no proporciona realimentación.

En muchos dominios, el uso considerable de la automatización ha simplificado el trabajo del ser humano y ha mejorado la seguridad de los sistemas. La filosofía general entre muchos diseñadores es automatizar lo más posible y dejar que el ser humano asuma al resto. Ésta es una manera de diseñar verdaderamente mala. La manera correcta es entender totalmente las tareas a realizar y los puntos fuertes y débiles de las personas y las máquinas, y se diseña el sistema con un esfuerzo cooperativo, donde las personas hacen lo que pueden

hacer mejor que las máquinas y las máquinas hacen lo que pueden hacer mejor que el hombre. La compenetración entre los dos debe ser alta y debe estar diseñada teniendo en cuenta las necesidades y las capacidades humanas.

Implicaciones para los Robots: No intentar que el robot haga una tarea para la cual no es adecuado y por tanto requiere monitorización humana continua. El humano se aburrirá que cuando el robot trabaje correctamente y no sea capaz de tomar el control en las situaciones críticas. Es mejor hacer la tarea completa, o no hacer nada, o al menos hacerla cooperativamente.

3.3.3 CIENCIA FICCIÓN

La ciencia ficción puede ser una fuente útil de ideas e información que proporciona escenarios sobre cómo un dispositivo como el robot, podría encajar dentro del trabajo y las actividades cotidianas, aunque algunos escenarios son más útiles que otros, por supuesto. Las leyes de la robótica de Asimov resultan ser más pertinentes de lo que uno podría pensar. Asimov desarrolló una serie de novelas para analizar las dificultades cuando los robots autónomos poblaron la tierra. Como resultado, él postuló las tres leyes de la robótica añadiéndose posteriormente una cuarta ley, denominada la ley Cero.

Las Leyes de Asimov son algo prematuras para el estado del arte actual, pero aún así es recomendable seguirlas. De hecho, la mayoría de los robots tienen muchos aspectos claves de las leyes implementados. Por eso, aunque la ley cero está más allá de la capacidad actual, la primera ley (no dañar) se lleva a cabo parcialmente a través de los sensores de proximidad y colisión que salvaguardan a cualquier persona con la que el robot podría entrar en contacto. Así un dispositivo simple como un ascensor o la puerta de un garaje tiene sensores que inmediatamente detienen el cierre de la puerta si hay una persona. De forma análoga, los robots intentan evitar colisionar con personas u objetos. La segunda ley (seguir órdenes) también está integrada en los robots. La pregunta es ¿desobedecerá un robot la segunda ley para proteger la primera ley? quizá. En este caso, cuando un sensor

descubre a una persona en su camino, ¿avanzará el robot tal y como se ha ordenado, o anulará el sensor la orden de avance?

Todavía no existe el caso de órdenes en conflicto, pero pronto aparecerán robots interactivos, donde las peticiones de un robot podrían entrar en conflicto con las peticiones de los supervisores humanos en este caso, determinar la precedencia y la prioridad será más importante. La tercera ley (proteger su propia existencia) también se integra en muchos robots. Así, los sensores para evitar caerse de escaleras u otros riesgos conocidos se integran. Además, muchos robots monitorizan el estado de energía y bien entran en modo “*sleep*” o regresan a una estación de carga cuando su nivel de energía baja mucho.

La aplicación total de las Leyes de Asimov no se puede realizar salvo que el robot tenga conciencia de su propio conocimiento, y auto conciencia de su estado, actividades, e intenciones. Puede analizar sus acciones actuales con respecto a las leyes y puede modificar las acciones cuando sea necesario.

Con los dispositivos bastante primitivos de hoy, tener algunas de estas capacidades sería útil. En casos de conflicto, podría ignorar algunos comandos. Incluso el perro Aibo de Sony (figura 3.4) tiene conciencia. Su funcionamiento está controlado por su "deseo" de jugar con su usuario, y para indicar su estado emocional, mostrado cuando está aburrido. Aibo regresa a su estación de carga cuando se le está acabando la energía, aunque los usuarios deseen jugar más con él. Esto parece anteponer la tercera ley de Asimov de autoprotegerse sobre la segunda ley de seguir órdenes.



Fig. 3.4: El Aibo de Sony

Las Leyes de Asimov, tienen ciertas suposiciones que quizás no se puedan aplicar en los sistemas actuales.

Suposición 1: Funcionamiento autónomo. Los robots de Asimov parecían ser totalmente autónomos, es decir, al darles una orden, pasarían automáticamente a su ejecución. Análogamente, los robots razonarían entre ellos y determinarían un curso de acción, que de nuevo se lleva a cabo autónomamente. Probablemente, se necesitan más robots cooperativos, sistemas en lo que hombre y robot o equipos de robots trabajan juntos. En el caso de cooperación, las leyes no tienen mucho sentido, y además necesitan estar complementadas con otras (como la necesidad de comunicación total de intenciones, estado actual, y progreso).

Suposición 2: Control central. La misma formulación de las leyes implica una estructura de control central, que siga una estructura jerárquica, priorizada. En realidad, se desarrollan sistemas de control local, con estructuras de control cooperativo e interactivo. La cognición distribuida y el control distribuido son probablemente candidatos para otros sistemas. En otras palabras, las redes neuronales y las estructuras interactivas de las células del autómatas de la vida artificial en lugar de una lógica central basada en reglas. En estos casos, las leyes se vuelven a ser estructuras de pesos en lugar de la priorización.

3.3.4 TRABAJO COOPERATIVO APOYADO POR ORDENADORES

Cuando se desarrollan sistemas de comportamiento cooperativo, una de las cosas más críticas es el requisito de comunicación completa y total. Así, en algunos accidentes de aviones que involucran automatización, los sistemas automatizados mantuvieron el control del avión, incluso cuando la automatización estaba acercándose al límite de su control. Cuando se llega al límite, el sistema falla de repente por lo que el piloto se da cuenta de que algo está saliendo mal, y se enfrenta de repente con un avión inestable.

Si el sistema hubiese sido más comunicativo, podría haber dicho que "El avión no está equilibrado uniformemente, pero lo estoy compensando". Entonces, después, podría haber dicho que "el desequilibrio es cada vez mayor. Quizás el piloto deba intentar determinar la causa". Y finalmente, podría haber dicho que "estoy alcanzando el extremo de mi habilidad de compensar - yo alcanzaré ese límite en 1 minuto, si la velocidad de cambio de las variables continúa." Teniendo un humano volando en el avión cuando el desequilibrio inicial se descubrió, entonces la conversación anterior probablemente habría tenido lugar entre los miembros de la tripulación.

Implicaciones para los Robots: No se quieren robots demasiado habladores. Por otro lado, el robot debe supervisar sus acciones continuamente y asegurar que los humanos sepan sobre su estado y qué predicciones pueden hacerse.

3.3.5 CIENCIA COGNOSCITIVA, ETOLOGÍA, EMOCIÓN Y PERSONALIDAD

3.3.5.1 Ciencia Cognoscitiva

El estudio de los mecanismos que permiten a un individuo que adquiera información o habilidades de otro individuo ha sido tema de debate en muchas áreas de la ciencia cognoscitiva. Se ha descrito el siguiente grupo de definiciones simplificadas como un ejemplo del rango de comportamientos considerados bajo el aprendizaje social entre "A" y "B" como dos individuos o subconjunto de poblaciones de individuos:

- **Imitación:** "A" aprende un comportamiento realizado por "B", que es nuevo en el repertorio de comportamientos de "A". "A" es capaz de realizar el comportamiento en la ausencia de "B".
- **Emulación de la meta:** después de observar las acciones de "B", "A" produce el mismo que "B". La forma de comportamiento de "A" es distinta que la de "B".
- **Perfeccionamiento del estímulo:** se desvía la atención de "A" a un objeto o situación como resultado del comportamiento de "B".

- **Apoyo social:** es más probable que “A” aprende el comportamiento de “B” debido a que la actuación de “B” produce un estado motivacional similar en “A”.
- **Exposición:** como resultado de la asociación de “A” con “B”, los dos se exponen a entornos comparables y por lo tanto adquieren comportamientos comparables.
- **Facilitación social:** un comportamiento innato de “A” parece como resultado de la actuación de “B”.

La investigación en robótica se ha centrado en el aprendizaje social por muchas razones como el interés comercial en construir robots que puedan ser usados por personas normales en sus casas, su trabajo, y en espacios públicos como hospitales y museos. Este interés invoca el aprendizaje social como un mecanismo que permite a los usuarios personalizar sistemas a entornos particulares o preferencias de usuario. Por otra parte, la investigación en inteligencia artificial se ha enfocado en el aprendizaje social como posible medio para construir máquinas que pueden adquirir nuevo conocimiento autónomamente, y aumentan su complejidad y capacidad sin requerir esfuerzo adicional de los diseñadores.

3.3.5.2 Etología y Emoción

La etología es el estudio de los comportamientos de los animales, en especial de animales domésticos. Los estudios de las emociones en los seres humanos y su ocurrencia similar como motivacional en animales pueden proporcionar un apoyo para el desarrollo de una interacción hombre-robot eficaz.

La emoción humana es crítica para nuestro poder intelectual. Además, la emoción es un dispositivo comunicativo, tanto dentro de la persona como entre la gente. Así, una función de la emoción es comunicar las propiedades autónomas, subconscientes del cuerpo con la mente consciente. Así la sensación de hambre es una manera para el cuerpo para señalar a la mente la necesidad de comer. Cuando esa necesidad se hace bastante urgente, la sensación de hambre puede requerir la atención humana y llevar a la búsqueda urgente de comida. Dado que las emociones reflejan un conjunto multidimensional complejo de disparos, su reflexión es un conjunto similarmente complejo de comportamientos (por

ejemplo, en el humano, las expresiones faciales, son una manera rica y sofisticada para comunicar mensajes complejos). Los robots podrían hacer igual para emular tal complejidad.

La etología y las emociones se pueden usar como base para desarrollar varias aplicaciones prometedoras como robots interactivos de entretenimiento, los robots de *edutainment* (educación y entretenimiento), los humanoides, etc.

Se ha desarrollado un robot de auto preservación para estudiar la comunicación emocional entre los seres humanos y los robots. Un robot da impresiones inteligentes, no sólo poseyendo funciones, pero también expresando las funciones.

Una arquitectura propuesta se dirigió a las necesidades fundamentales propuestas por este dominio y está basada en los dos aspectos siguientes:

- La incorporación de modelos etológicos de comportamientos como una base para proporcionar a las personas la habilidad de relacionarse de manera predecible con un artefacto robotizado.
- La generación de comportamientos motivacionales (emociones por ejemplo) que apoya los conceptos humanos de las criaturas vivas, y por lo tanto anima una unión natural entre el ser humano y el robot.

Se ha usado esta arquitectura con éxito en robots de entretenimiento como el perro AIBO de Sony y el humanoide SDR que aparece en la figura 3.5.



Fig. 3.5: El Humanoide SDR de Sony

Un entorno de trabajo altamente inspirado en el trabajo en etología, psicología, y el desarrollo cognoscitivo se ha presentado para diseñar sistemas motivadores específicamente para los robots autónomos para regular la interacción hombre-robot. Este sistema implementa los motores, emociones, y expresiones faciales que interactúan entre sí para mantener una interacción mutuamente regulada con el ser humano a un nivel apropiado de intensidad.

3.3.5.3 Personalidad

La personalidad es una forma de modelo conceptual. Para ello encauza comportamientos, creencias, e intenciones en un comportamiento cohesivo y consistente. Ésta es una simplificación bastante drástica del campo complejo de la personalidad humana y de los muchos debates científicos que tienen lugar dentro de ese campo. Proporcionar deliberadamente una personalidad a un robot se puede dar a los seres humanos buenos modelos y un buen entendimiento del comportamiento.

Así, el robot Aibo de Sony tiene la personalidad de un cachorro que significa que si no entiende no obedece, o si intenta ejecutar una orden y falla, los mismos fracasos agregan a

su experiencia que es justo como los perritos reaccionan. De forma similar, el robot Kismet de MIT (figura 3.6) tiene la personalidad de un niño y por lo tanto cometer errores y equivocaciones parece normal.

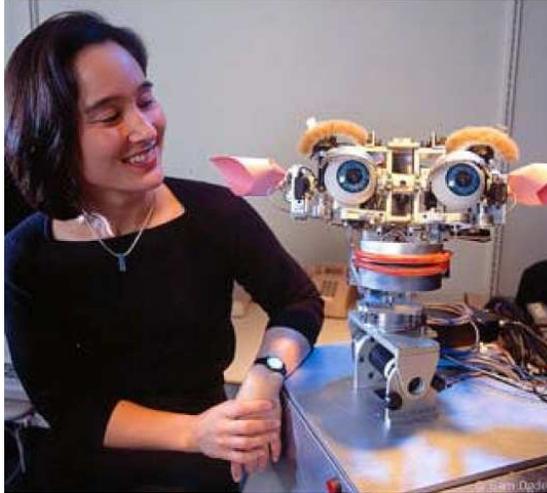


Fig.3.6: El robot Kismet de MIT

La personalidad es una herramienta potente de diseño, porque puede proporcionar a los seres humanos un buen modelo conceptual para entender e interpretar el comportamiento del robot y para entender cómo deben comportarse en la interacción y en dar órdenes.

3.4 NATURALEZA DE LA INTERACCIÓN

Esta sección discute los tipos de interacción hombre-robot. Como se muestra en los apartados siguientes, estos tipos han sido clasificados basándose en la naturaleza de la interacción como interacción con un robot real, simulación, realidad virtual y realidad aumentada.

3.4.1 INTERACCIÓN CON UN ROBOT REAL

Para interactuar con un robot real, hay que utilizar un dispositivo de interacción por medio del cual el usuario pueda mandar sus peticiones al sistema robotizado y también hay que

facilitar medios de realimentación para proveer información sobre el sistema al usuario. Los distintos elementos de interacción y medios de realimentación se discuten más adelante respectivamente.

La interacción es necesaria en los sistemas modernos mecatrónicos, sobre todo en los robots, para llevar a cabo tareas específicas. En cuanto a las tareas a ejecutar, los robots pueden hacer las tareas para las cuales el diseñador los ha creado aunque los robots industriales o de servicio y personales a veces crean la impresión de actuar bastante inteligentemente. Se diseñan con ciertas capacidades de percepción, como entender el idioma y computación, y habilidades para cumplir tareas que les permita funcionar según las expectativas del usuario. Así, se pueden construir robots para entretenimiento como el perrito Aibo de Sony que básicamente se comporta como un perro, y también está entrenado para aprender el idioma. Por otra parte, se pueden diseñar otros robots para servicio, para la industria, para la ayuda médica, o para la ayuda a personas discapacitadas.

3.4.2 SIMULACIÓN

Se puede usar la simulación para proporcionar visualización gráfica y animación del movimiento de los sistemas robotizados. Recientemente, las necesidades de simuladores para robots están aumentando para proporcionar herramientas *off-line* eficaces e interfaces hombre-robots intuitivas. En el modelo de simulación descrito, mediante el uso de un ojo simulado y una mano, se interactúa con una tarea teleoperada fija y simple de maniobrar en un entorno evitando otros objetos móviles. Mejorando el sistema de simulación para las componentes cinemáticas mediante interfaces hombre-máquina modernas y estableciendo una comunicación en tiempo real, llevan a un sistema de realidad virtual.

3.4.3 REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual (RV) es una representación de las cosas a través de medios electrónicos, que nos da la sensación de estar en una situación real en la que podemos interactuar con lo

que nos rodea. Es una presentación de imágenes virtuales interactivos reforzados por un proceso especial y por modalidades de presentación no visuales, como audio y hápticos, para convencer a los usuarios de que se sumerjan en un espacio sintético. También se puede considerar la RV como una interfaz hombre-ordenador de alto-nivel que permite la interacción del usuario con entornos simulados en tiempo real y a través de múltiples canales sensoriales.

En los sistemas de teleoperación, la realidad virtual ofrece la capacidad de desplegar gran cantidad de información al usuario. Dicha información se organiza en cierto modo de forma que sea importante y no sea excesiva, dando al teleoperador la oportunidad de tomar decisiones rápidas, así como para acortar dramáticamente el tiempo necesario para extraer resultados y conclusiones de ciertos experimentos.

En los sistemas basados en Internet, la limitación del ancho de banda limita la velocidad de refrescar las imágenes de video que hace imposible experimentos en los que la escena podría variar a velocidades altas ocurriendo fallos abruptos y saltos en la visualización de los eventos. Las imágenes de realidad virtual de una simulación dada tienen necesidades mucho más bajas en cuanto al ancho de banda, por lo tanto, es una mejor alternativa a las imágenes reales de la cámara en este tipo de situaciones. En el robot TOM (TeleOperated Machine), un modelo VRML-*Virtual Reality Modeling Language* (Lenguaje para Modelado de Realidad Virtual) se ha desarrollado como se muestra en figura 3.7 a través del cual el teleoperador puede lograr una vista local del estado del experimento de manera rápida y eficaz.

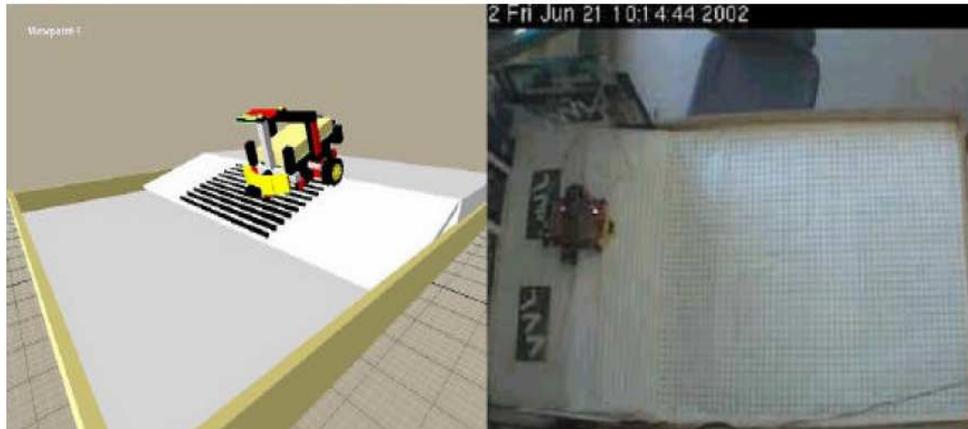


Fig. 3.7: Modelo VRML de TOM y la imagen de la Cámara

VRML provee un conjunto básico de primitivas para el modelado geométrico tridimensional y tiene la capacidad de dar comportamiento a los objetos y asignar diferentes animaciones que pueden ser activadas por eventos generados por diferentes usuarios. Existen ahora otros lenguajes de programación que tratan de desarrollar entornos de realidad virtual como X-VRML (*VRML basada en XML*), Java 3D y X3D. Con la realidad virtual, la interfaz de usuario se puede aumentar con otra ventana que muestra la simulación virtual del experimento real, con la opción de superimposición de imágenes virtuales y las de la cámara, una técnica conocida como realidad aumentada que sirve para mostrar las diferencias entre los eventos reales y simulados.

3.4.4 REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada se refiere a la combinación de lo real y lo virtual para ayudar al usuario en su entorno. Las aplicaciones incluyen la telemedicina, la arquitectura, la construcción, y muchas otras. Los objetos relacionados con el entorno o el trabajo en ejecución se pueden representar en la vista del operador. La telepresencia con esta propiedad se llama realidad aumentada. Si los objetos pueden crearse interactivamente y remotamente con la ayuda de una herramienta fácil de usar, da una sensación extra y una fuente de información al operador al operar la máquina en un entorno desconocido o parcialmente conocido.

3.5 ACCESIBILIDAD

Las nuevas tendencias en la robótica y en los sistemas de automatización ayudaron a desarrollar muchos sistemas robotizados para extender las aplicaciones del robot a varias tareas útiles en la vida diaria. La mayoría de estas nuevas tendencias se ha hecho posible gracias a la evolución de los ordenadores personales (en términos de coste, potencia, y robustez) e Internet (en términos de seguridad, velocidad, y fiabilidad). Desde el punto de vista espacial, la interacción hombre-robot se puede clasificar en interacción directa o local e interacción remota.

3.5.1 INTERACCIÓN DIRECTA

En la interacción directa, no existe ninguna barrera física entre el ser humano y el robot. Se suele aplicar este tipo de interacción en la mayoría de los robots como los robots de servicio y los robots personales. La próxima sección discute los diferentes métodos de interacción por los que se puede lograr la interacción directa entre el ser humano y el robot. Desde el punto de vista de la arquitectura software, el modelo cliente/servidor de dos capas se puede usar para llevar a cabo tal tipo de interacción como aplicaciones locales. En estos modelos, el lado del cliente es responsable del acceso a los datos, la implementación de la lógica, estructuración de los datos, la interfaz de usuario y la entrada de los datos. El servidor maneja ambos datos y procesos. Si el cliente y el servidor son parte del mismo programa, residen en el mismo espacio de direcciones y el cliente sostiene una referencia al servidor (su dirección de memoria) para invocar sus funcionamientos. Debido a que todos los detalles involucrarán en el lado del cliente (clientes complejos), los programas son muy difíciles de adaptar a las aplicaciones remotas. Por eso este modelo es más conveniente para las aplicaciones locales.

3.5.2 INTERACCIÓN REMOTA

En la interacción remota, el hombre y el robot están separados por barreras físicas. Hoy en día, la red de Internet se usa normalmente como un medio de comunicación para la interacción remota.

3.6 ELEMENTOS DE INTERACCIÓN

Los avances recientes en informática y robótica hacen los robots más aplicables en la vida diaria. Los robots y las personas co-existirán para compartir y cooperar en tareas de varias maneras. Se necesitan medios naturales por los cuales las personas puedan comunicarse e interactuar con los robots en cualquier sitio y en cualquier momento. Para llevar a cabo la interacción hombre-robot se utilizan varios instrumentos como los ordenadores o las recientes tecnologías como la comunicación hablada o las basadas en gestos. Esta sección discute los dispositivos principales de interacción por los que el hombre puede interactuar con el robot para realizar ciertas tareas.

3.6.1 ORDENADORES

Los dispositivos tradicionales de entrada de los ordenadores como el teclado, el ratón y las pantallas táctiles se usan normalmente para realizar la interacción hombre-robot. Un área para la aplicación de interacciones hombre-robot avanzadas está en diseñar nuevos dispositivos de entrada y salida para los ordenadores. Estas aplicaciones incluyen un ratón modificado para presentar al usuario con pantallas táctiles las señales visuales por el movimiento del puntero del ratón, y diseñar dispositivos de entrada y salida para el concepto de un ordenador portátil.

El uso de pantallas táctiles puede mejorar la accesibilidad a los sistemas de interacción hombre-robot de una serie de usuarios que presentan restricciones de movimientos. Ello requiere un diseño de la interfaz de entrada diferente a la habitual en este tipo de pantallas. Se propusieron unas disposiciones, en las que se utiliza para entrada de datos una parte de

la superficie táctil que no coincide con la pantalla, que pueden ser útiles para las personas con leves discapacidades motoras, sino también para usuarios sin discapacidad.

3.6.2 FUERZA

El operador humano puede generar órdenes apropiadas aplicando fuerzas al sistema robotizado. Los proyectos de investigación han empleado el uso de la fuerza como un medio de interacción hombre-sistema en lo siguiente: el uso de un brazo maestro de siete grados de libertad (GDL) para controlar un manipulador remoto y un robot en un entorno virtual, control manual reflejando fuerza de un telemanipulador que usa un joystick isotónico de 6 GDL, un brazo maestro controlado por un operador en el sitio local para manejar un robot esclavo en un sitio remoto, un operador humano que mueve un manipulador maestro para la teleoperación, el uso de dos maestros mecánicos para controlar herramientas quirúrgicas en micro-cirugía telecontrolada de ojos, un operador humano que cambia la forma de una mano de exoesqueleto usada como un manipulador maestro, el control del operador humano de un conjunto de antebrazo antropomórfico y una mano mecánica, control de un par de macrobrazos para teleoperar un par de micro-brazos, brazos maestros y esclavos con la misma estructura cinemática, y operar un brazo maestro para manipular objetos virtuales.

3.6.3 COMUNICACIÓN HABLADA

Los sistemas de voz admiten diferentes niveles de complejidad, desde manejar un menú mediante voz, hasta establecer un diálogo con el usuario referente a la tarea a realizar.

El reconocimiento de voz es generalmente un proceso de dos pasos: procesar la señal (para transformar una señal de audio a vectores de rasgos) seguido por la búsqueda de diagrama (para equiparar expresiones al vocabulario). La mayoría de los sistemas actuales usan modelos ocultos de Markov para determinar *estocásticamente* el patrón más probable.

Para desarrollar un sistema robotizado con habilidad de entendimiento del idioma natural, deben tenerse en cuenta muchos problemas como tratar con la naturaleza no gramatical de muchas pronunciaciones habladas, la detección de errores en reconocimiento de voz y en la interpretación, y el diseño de diálogos claros e inteligentes.

3.6.4 CONTROL DE MIRADA

La mirada fija es un buen indicador de qué está mirando una persona y qué presta atención. Una dirección de mirada de una persona se determina por dos factores: la orientación de la cabeza y la orientación del ojo. Este tipo de control está basado en el procesamiento de imágenes utilizando un sistema de visión. Las aplicaciones de procesar imagen para la IHR son: procesamiento de imagen en tiempo real y reconocimiento de expresiones faciales básicas, cámaras de monitorización para adquirir información visual de un objeto indicado, y el seguimiento automatizado y el reconocimiento de objetos móviles no rígidos. Aunque numerosos sistemas de visión se han desarrollado para investigar la orientación de la cabeza (generalmente con base en caras frontales), pocos investigadores han intentado investigar la mirada del ojo mediante el uso de sólo visión pasiva. Además, estos sistemas de seguimiento no han resultado fiables ni altamente precisos. El control de mirada fija puede jugar un papel importante en la interacción hombre-robot. Se ha desarrollado un robot que tiene dos sistemas de visión: un sistema omnidireccional para adquirir la información visual necesaria y un sistema binocular estéreo de visión. El sistema de visión binocular indica qué está mirando el robot y no se usa para la locomoción. En este sistema, el robot obtiene toda la información visual necesaria desde el sistema omnidireccional o antes de comenzar los movimientos de la mirada, y entonces el robot deja de tener acceso a información visual durante el control de la mirada. El robot se comunica con el ser humano usando el control de mirada, que expresa sus estados internos, y parece para los observadores que el robot expresa sus intenciones. La idea clave es desarrollar un puntero basado en el ojo para saber donde está mirando el usuario realmente en la pantalla, y permite utilizar la pupila del ojo como un ratón 2D.

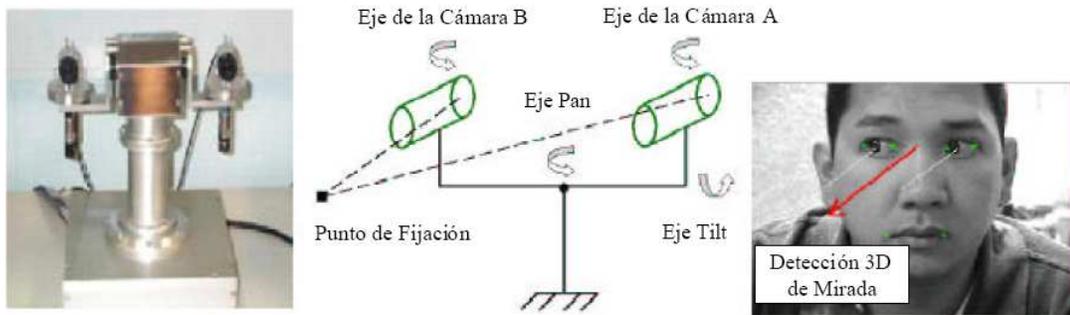


Fig. 3.8: Seguimiento Activo de Mirada

3.6.5 GESTOS

La interacción basada en gestos es un proceso de interacción en tiempo real en el que el sistema de visión y el control del robot se combinan para extender la capacidad de percepción y reforzar el nivel inteligente del robot. Gesto literalmente significa "un movimiento expresivo de una parte del cuerpo o la mano para traer intenciones y actitud". El reconocimiento del gesto, o la identificación y clasificación de movimientos humanos, se está estudiando ampliamente como un mecanismo de entrada de datos en un ordenador. Mientras hay muchas herramientas de análisis del gesto humano basadas en varias técnicas, existen pocos sistemas robustos de gestos visuales. El seguimiento fiable tridimensional de los hombres en tiempo real (cabeza, manos, cuerpo, etc.) es una tarea difícil, y muchos sistemas de reconocimiento de gestos basados en visión restringen su aplicación a un entorno restringido. La figura 3.9 muestra los pasos de control remoto del robot basado en gestos.

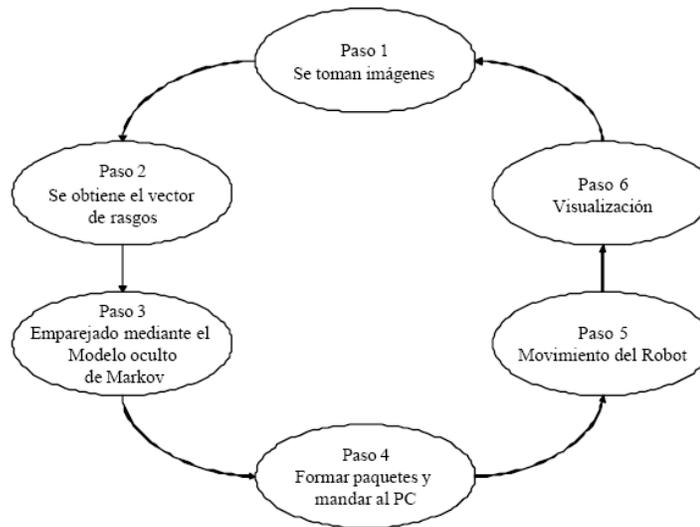


Fig. 3.9: Control basado en Gestos

3.6.6 INTERACCIÓN FACIAL

La cara es la parte más importante para la interacción hombre-hombre. La comunicación cara-a-cara es la mejor manera para establecer comunicación entre los seres humanos. Eso significa que nuestras caras incluyen información no verbal importante. Las expresiones faciales no solamente pueden usarse en comunicación entre los seres humanos o comunicación no verbales para los sordos, sino también en sistemas de automatización avanzados, como robots de servicio para los que la interfaz hombre-máquina es un componente íntegro. Así, la cara puede ser una herramienta necesaria para comunicar con los robots. La interacción cara-a-cara es el mejor modelo para obtener interfaces transparentes del robot que personas normales pueden utilizar.

Varias técnicas inteligentes se pueden usar para resolver el problema del reconocimiento de expresiones faciales. Estas técnicas incluyen redes artificiales neuronales, metodología de modelado fuzzy que usa rasgos basados en distancia manualmente extraídos, metodología basada en movimiento usando flujo óptico, y metodología basada en unidad de acción (*Action Unit - AU*) utilizando un modelo gráfico de ordenador. Pero todavía existen varias

dificultades o limitaciones en llevar a cabo un sistema práctico de reconocimiento que sea capaz de extraer rasgos fiables en tiempo real.

3.6.7 DISPOSITIVOS MÓVILES

La independencia del lugar es la ventaja más grande de los dispositivos móviles comparada a otras interfaces de control. Estos dispositivos móviles pueden ser útiles para las aplicaciones que requieren control remoto como las aplicaciones de los robots u otros equipos de automatización. Otra ventaja es el uso de dispositivos que ya existen y que los usuarios son familiares con su uso. Las posibles aplicaciones incluyen los robots personales y la automatización de la casa. Un robot de limpieza, tanto en casa como en una zona exterior como los centros comerciales o las estaciones, se puede dirigir y controlar por el operador desde cualquier sitio mediante el uso de un teléfono móvil.

Aunque no son muy abundantes, existen algunas aplicaciones de dispositivos móviles interactuando con robots móviles. Se ha desarrollado un sistema basado en WAP para teleoperar un robot móvil. Este sistema permite al operador controlar los movimientos del robot a través de un teléfono móvil. El robot está equipado con una cámara de video. El usuario periódicamente recibe en la pantalla del móvil las tramas de video desde la cámara del robot, también se pueden recibir imágenes de otras cámaras diferentes a la del robot. Investigadores han estudiado el control de un robot móvil a través de la voz (un menú de comandos sencillos como *Go*, *Stop*, *Turn*) utilizando un teléfono móvil. Se ha desarrollado un interfaz PDA *Palm Pilot* para el control remoto de vehículo en entornos peligroso.

Se utiliza un teléfono *Motorola i85s* con J2ME interfaz para controlar el robot *Lego Flashbot* (ver figura 3.10). Este dispositivo realiza una conexión HTTP vía Internet a un servidor. Un servlet maneja los comandos que envía el teléfono y utiliza *Java Communications API* para enviar comandos por el puerto serie a una torre de infrarrojos. Esta torre transmite los comandos hacia el robot.



Fig. 3.10: Robot Flashbot

Los laboratorios de Fujitsu S.A. han anunciado el desarrollo de un nuevo robot (MARON-1) para casa que se puede controlar remotamente mediante un teléfono móvil para operar en aparatos electrónicos domésticos o para la vigilancia como se muestra en la figura 3.11. Se ha diseñado este prototipo con una gama amplia de funciones, incluso el teléfono, cámara, telemando, cronómetro y equipo de vigilancia. Con estas características, por ejemplo, se podrá utilizar MARON-1 para supervisar casas u oficinas por la noche o para vigilar personas que requieren cuidado especial y monitorización.



Fig. 3.11: MARON-1

3.7 REALIMENTACIÓN

Realimentación inadecuada, u opacidad, denota una situación en la que un robot no comunica, o comunica pobremente o ambiguamente, lo que está haciendo, o por qué está haciéndolo, o en algunos casos, por qué está a punto de cambiar, o acaba de cambiar, lo que está haciendo. Sin esta realimentación, el hombre debe entender, de memoria o de un modelo mental de comportamiento del robot, la razón del comportamiento observado. En esta sección se plantean los diversos métodos que se pueden utilizar para proveer realimentación.

3.7.1 REALIMENTACIÓN VISUAL

El uso de dispositivos visuales es el método más común para proveer realimentación del sistema robotizado al usuario. Las imágenes visuales proporcionadas al usuario podrían ser de cuatro tipos posibles: (1) imágenes reales, (2) imágenes virtuales, (3) imágenes combinadas (4) datos. El primer tipo de demostración visual presenta las imágenes reales de un entorno al hombre, tomadas de escenas reales. El segundo tipo implica la presentación de un entorno virtual al hombre, como los entornos generados por ordenadores. En el tercer tipo de demostración visual las imágenes reales y las virtuales se combinan y se presentan al usuario para determinar las diferencias entre dos. Tales metodologías son necesarias para ver en qué se diferencian la predicción del sistema del entorno de tarea, del entorno real.

Para proporcionar en tiempo real imágenes de sitios remotos, el sistema debería reaccionar dinámicamente a los cambios del ancho de banda y los recursos computacionales y sólo transmitir aquellos píxeles que en realidad se necesitan utilizando técnicas inteligentes (la fragmentación inteligente, velocidad de escenas inteligente, velocidad de tarea inteligente y la compresión bruta de fuerza). La figura 3.12 muestra diferentes métodos de realimentación visual.

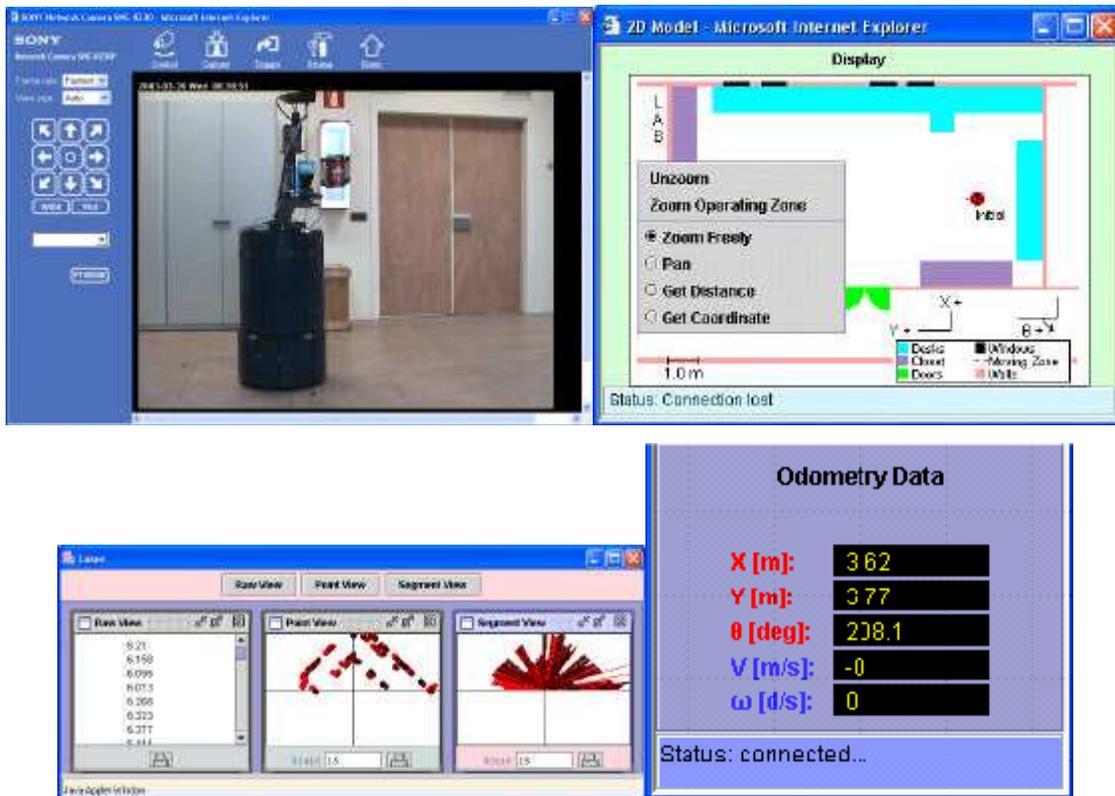


Fig. 3.12: Realimentación Visual

3.7.2 REALIMENTACIÓN DE AUDIO

El sonido es esencial para realizar la experiencia visual y la interacción hombre-robot, pero por lo general, la mayor parte de los esfuerzos de investigación y desarrollo se concentra principalmente en la generación de sonido, la síntesis de voz y el reconocimiento de voz. La razón por la que sólo existe una pequeña atención sobre el análisis auditivo es que la percepción en tiempo real de una mezcla de sonidos es difícil. Los sonidos presentados al usuario a través de los dispositivos de audio pueden ser: (1) sonidos reales capturados del entorno; (2) sonido virtual generado por el ordenador; o 3) dispositivos de audio de información y datos que se convierten en formas de sonido. La información no auditiva presentada como sonidos incluye el estado de sistema interno, o la realimentación desde un sitio remoto, como la transformación de datos de realimentación de fuerza en sonidos.

3.7.3 REALIMENTACIÓN DE FUERZA

Es posible para un sistema proporcionar fuerzas al hombre, donde estas fuerzas de realimentación permiten al hombre percibir mejor el entorno de la tarea. Estas fuerzas son de dos tipos: (1) fuerzas transmitidas por un entorno real (sitio local o remoto); o 2) fuerzas de un entorno virtual, como las fuerzas generadas por un ordenador. En ambos casos las fuerzas deben pasar por un proceso de escalado para proveer al usuario una realimentación de fuerza realista y segura.

3.7.4 REALIMENTACIÓN TÁCTIL

Se usa la información táctil para proporcionar al usuario una percepción mejor del entorno de la tarea. La realimentación táctil consiste en textura, sensación de agarre, y otra información similar. Los casos de la utilización de realimentación táctil son: un monitor vibro-táctil para el dedo índice y pulgar de un operador para sustituir la realimentación de fuerza de la tarea de teleoperación, realimentación táctil generando la sensación de geometría del objeto virtual a los niveles macroscópicos y microscópicos, realimentación táctil que se proporciona por un ratón de ordenador modificado usando pulsaciones ligeras con el dedo en el botón del ratón, la textura y realimentación de sensación de agarre proporcionadas en el guante del operador usando efectos de vibración de pulsos piezoeléctricos, y pulsación de luz de la cabeza de un piloto para el dispositivo táctil de información a través de los cascos.

3.7.5 EXPRESIONES

La realimentación emocional no verbal por medio de las expresiones faciales y el movimiento de cabeza/cuerpo juega un papel muy importante en la interacción humana. Movimientos pequeños de la cabeza, la boca, los ojos, o las cejas son a menudo suficientes para indicar el estado del proceso de interacción como distraído, disfrutando, entendiendo, etc. Investigadores intentaron estudiar la influencia de las personas para reconocer las

sutilezas de la expresión como un mecanismo de realimentación. Esta expresión se lleva a través de muchos cauces: el discurso, expresión facial, gesto, y postura. Estos usaron un modelo animado 3D para desplegar la cara del robot. El discurso y los fonemas acompañados que se usan para sincronizar los labios, se generan usando un software especial texto-a-discurso. De este experimento, concluyeron que teniendo una cara expresiva e indicando la atención con movimientos hacen un robot más irresistible para interactuar con él.

El robot Kismet es un robot cuyo propósito es la interacción social cara-a-cara. Este robot usa expresiones faciales y vocalizaciones para indicar sus emociones y guiar la interacción de personas con él. Se ha diseñado este robot con dos sistemas estereofónicos activos, visión y audio, adornados con rasgos faciales para la expresión emotiva. Estos rasgos faciales incluyen cejas, orejas, globos del ojo, y párpados. Este robot puede mostrar expresiones reconocibles como enojo, fatiga, temor, hastío, la excitación, felicidad, interés, tristeza, y sorpresa. Otro ejemplo es el robot CERO (*Co-operative Robot Operator*), que trabaja como un punto focal para el usuario. Usando cuatro motores RC-servo, el robot puede cabecear, agitar su cabeza y mover sus brazos. Su diseño sin ojos pretende señalar al usuario que no hay capacidades de visión. En el proyecto Lino, la cabeza del robot con una apariencia buena y lista y realimentación emocional puede configurarse de forma que el usuario humano disfruta de la interacción y aceptará fácilmente posibles equivocaciones. La figura 3.13 muestra las expresiones emocionales de este robot.

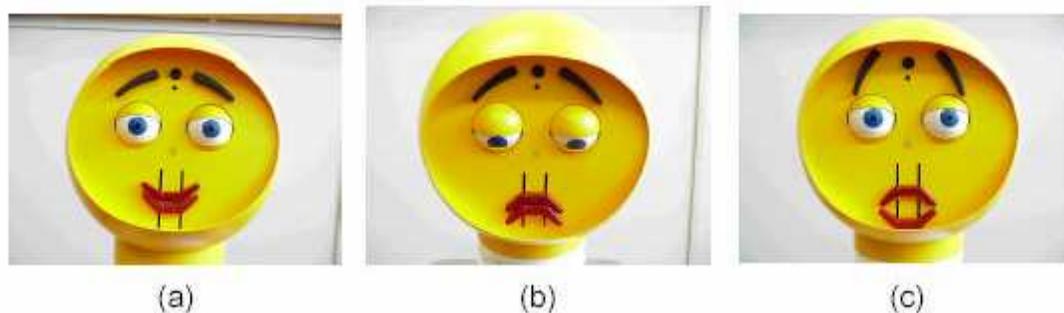


Fig. 3.13: Cabeza mecánica 3D que expresa emociones del robot *Lino*

a) feliz, b) triste, c) sorprendido.

En lugar de usar actuación mecánica, otra metodología para proporcionar expresiones faciales es utilizar gráficos de ordenador y técnicas de animación. Por ejemplo, Vikia tiene una cara 3D de mujer. Como la cara de Vikia (véase la figura 3.14) se muestra gráficamente, están disponibles muchos grados de libertad para generar expresiones.



Fig. 3.14: Cara de Vikia generada por ordenador

3.7.6 INTERACCIÓN MULTIMODAL

Existen varios robots de guía de turismo en los museos diseñados para interactuar con personas utilizando varios modelos de interacción. El robot Minerva usa el aprendizaje reforzado para aprender cómo atraer a las personas para interactuar con él, usando una recompensa proporcional a la proximidad y a la densidad de personas alrededor de él. Las acciones que el robot podría emplear para esta tarea incluyeron movimientos de cabeza, expresiones faciales, y actos de discurso. Sus resultados experimentales nos mostraron que ciertas acciones tuvieron más éxito que otras con cualquier importancia estadística más de que las expresiones amistosas tuvieron más éxito en atraer a las personas.

En Minerva, se ha implementado una máquina de estado emocional. Esta máquina codifica el comportamiento de interacción del recorrido completo en un total de cuatro estados, como se muestra en la figura 3.15. Minerva empieza con un estado "feliz", sonriendo mientras viajando entre las paradas del recorrido, hasta el primer enfrentamiento con un

obstáculo humano que no puede esquivar trivialmente. A estas alturas, el robot anuncia amablemente que está haciendo un recorrido y cambia de sonreír a la expresión neutra, mientras apuntando su cabeza hacia la dirección en la que necesita viajar. Si esto no tiene éxito, Minerva adopta una expresión triste, y pide a la persona de obstrucción que se ponga detrás de él. Si la persona todavía no se mueve, entonces Minerva se enfada y se vuelve más exigente.

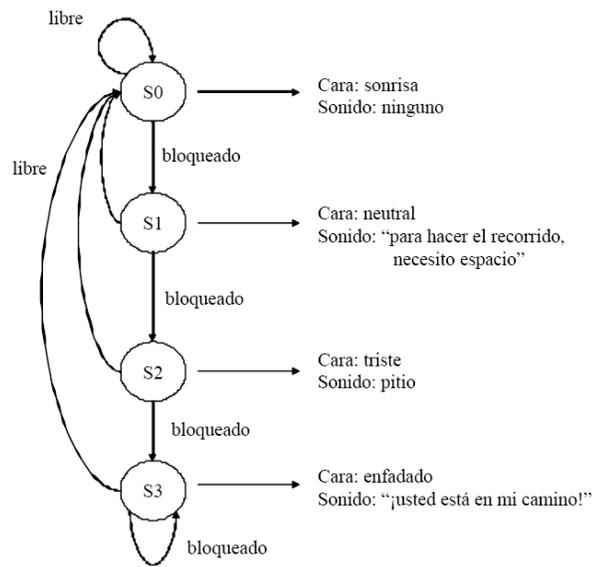


Fig. 3.15: Diagrama de estados de las emociones de Minerva durante el recorrido.

CAPÍTULO IV

DISPOSITIVOS MÓVILES COMO ELEMENTOS DE INTERACCIÓN REMOTA

4.1 DISPOSITIVOS MÓVILES

A pesar del crecimiento en las tecnologías inalámbricas y los servicios en los años recientes ha habido una falta relativa de investigación en los posibles usos de estos sistemas en el control remoto de los robots móviles. Esto principalmente es una consecuencia del hecho de que el uso de estos sistemas tiene que tratar con problemas específicos relacionados con las limitaciones de los dispositivos móviles (procesadores lentos, memoria limitada, y pantallas pequeñas) y las redes inalámbricas (ancho de banda limitado, retardos altos, estabilidad de conexión baja, y disponibilidad predecible baja). Estas tecnologías se pueden usar para mejorar el alcance y la funcionalidad de los entornos de teleoperación de los robots. En esta parte, se describen las características básicas de los dispositivos móviles y las tecnologías de desarrollo disponibles para las aplicaciones inalámbricas.

4.1.1 TELÉFONOS MÓVILES

El mundo de Internet ha llegado más allá de los ordenadores y ha ido a parar a unos aparatos que son mucho más comunes: los teléfonos móviles. El número total de teléfonos móviles registrados en el mundo en el año 2003 se estima que supere los 1000 millones. Esta cifra contrasta con el número de ordenadores personales instalados en todo el mundo en el año 2000 que era de 311 millones

Como consecuencia de este rápido crecimiento, se han desarrollado varias tecnologías que permiten desarrollar aplicaciones útiles para mejorar la calidad de vida. Utilizar los teléfonos móviles como elementos de interacción con los robots puede ampliar el uso de los robots en la vida diaria. En la sección 4.2 se discuten las tecnologías, que se pueden utilizar para llevar a cabo aplicaciones inalámbricas.

4.1.2 ASISTENTES DIGITALES PERSONALES (PDA)

Las asistentes digitales personales (*PDA- Personal Digital Assistant*) pueden ser útiles para las aplicaciones que requieren control remoto como las aplicaciones de los robots u otros equipos de automatización. Estos dispositivos son totalmente configurables según las necesidades del usuario. Actualmente existe una gran cantidad de software en Internet para instalar en las PDAs (juegos, bases de datos, calculadoras,...), y tienen muchos accesorios, como fundas, lápices, módems, memoria Compact Flash, etc. Las PDAs, además, tienen muchas otras propiedades interesantes, como la de poder conectarse a un PC para intercambiar información.

Las PDAs disponibles varían en apariencia, funcionalidad y programas disponibles. En una encuesta entre 344 consumidores realizada el año 2003, Compaq iPaq 3870 ha tenido la clasificación más alta entre las PDAs más vendida en el mercado. Los criterios de la encuesta han sido la confianza de la marca, la facilidad de uso, la memoria/capacidad y la robustez /durabilidad.

Se ha estudiado el uso de las PDAs como iPAQ de Compaq 3870 PDA, que tiene las características mostradas en la figura 4.1, como un dispositivo de interacción con robots móviles.

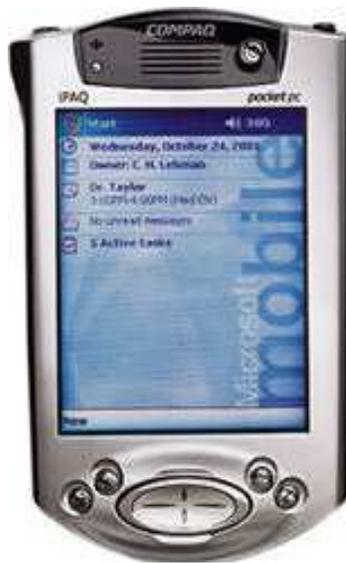


Fig. 4.1: Características de Compaq iPAQ 3870

- Procesador 206-MHz Intel StrongARM SA-1110 32-bit RISC.
- Memoria 64 Mb RAM / 32 Mb ROM Posibilidad de ampliación de memoria. Admite tarjetas de memoria MMC (Multimedia Card) y SD (Secure Digital) Mediante módulos de expansión Compact Flash o PCMCIA.
- Pantalla táctil TFT con 65.536 colores de 16 bit. Resolución de 240 x 320 píxeles. Ancho de pixel: 0.24 mm Ajuste automático de iluminación.
- Sistema Operativo: Microsoft Pocket PC 2002.
- Medidas: 133 x 84 x 16 mm.
- Alimentación: Batería recargable 1400 mAh Lithium Polymer.

Para poder utilizar interfaces Java con este dispositivo, hay que instalar *JeodeRuntime* que es una implementación certificada de la especificación PersonalJava 1.2 de Sun. Se usa *JeodeRuntime* como conexión del Pocket Internet Explorer del iPAQ, para ejecutar subprogramas de Java desde una página Web. O como máquina virtual de Java independiente, para ejecutar aplicaciones de Java en iPAQ.

Se pueden resumir las características básicas de *JeodeRuntime* en los siguientes puntos:

- **Ejecución de subprogramas de Java:** La conexión de Jeode para Pocket Internet Explorer se incluye al instalar *JeodeRuntime*. La próxima vez que el explorador abra una página Web que contenga un subprograma de Java lo ejecutará. Todo esto sucede automáticamente, sin necesidad de que el usuario haga nada.
- **Subprogramas en archivos CAB:** Actualmente, *JeodeRuntime* no admite la carga de subprogramas de archivos CAB de Microsoft, ya que los archivos CAB no forman parte de la tecnología estándar de Java. Si el sitio Web asume (según el tipo de explorador) el comportamiento de la máquina virtual que se está usando, puede provocar problemas en la carga del subprograma.
- **Subprogramas en archivos JAR o ZIP:** *JeodeRuntime* admite el uso de subprogramas contenidos en archivos JAR o ZIP. Sin embargo, debido a que Pocket Internet Explorer es compatible con la Especificación HTML 3.2, éste no admite el uso del atributo ARCHIVE de la etiqueta APPLET en la página HTML que llama al subprograma; por lo tanto, en esas circunstancias Pocket Internet Explorer no admitirá la carga de subprogramas de archivos JAR o ZIP. Si se puede reescribir el código HTML de la página Web que llama al subprograma, se pueden usar los archivos JAR y ZIP especificando el contenedor como nombre de parámetro, como atributo ARCHIVE (mediante `<param name=archive>`). Por ejemplo: `<param name=archive value=myclasses.jar>`
- **Fallo al ejecutar el applet:** Puede ver un mensaje del tipo:

Failed to run applet. Please Reload

Esto significa que la conexión ha detectado una condición que impide la ejecución del subprograma. Hay varias posibilidades: un problema habitual es la falta de memoria en el iPAQ, ya que algunos subprogramas están escritos asumiendo que habrá una cantidad ilimitada de memoria. La conexión Jeode no tiene control sobre los requisitos de memoria del subprograma. Si no queda suficiente memoria para que la conexión siga ejecutándose, emitirá un mensaje y se cerrará.

- **JeodeRuntime con JavaScript:** Mientras que Java sólo lo usan programadores para crear objetos y subprogramas nuevos, JavaScript está diseñado para que lo usen autores de páginas HTML para secuenciar dinámicamente el comportamiento de objetos que se ejecutan en el cliente o en el servidor. JavaScript y Java son lenguajes de programación completamente distintos; por lo tanto, Jeode no se utiliza para ejecutar JavaScript. Además, la conexión Jeode actualmente no admite las comunicaciones entre JavaScript y subprogramas de Java. Eso significa que los subprogramas que requieren esta interacción no funcionarán con *JeodeRuntime*.
- **JeodeRuntime con Swing:** Lamentablemente, Swing 1.1.1 no es compatible con PersonalJava 1.2; por lo tanto, *JeodeRuntime* no admitirá Swing 1.1.1. Por esta razón, sólo se puede utilizar Java AWT en lugar de Java Swing para el desarrollo de la interfaz.

4.2 TECNOLOGÍAS DE DESARROLLO

Las dos tecnologías principales para el desarrollo de aplicaciones inalámbricas son la tecnología WAP y el uso de la edición micro de java 2 (J2ME). A continuación se describe el uso de las dos tecnologías para desarrollar aplicaciones inalámbricas.

4.2.1 TECNOLOGÍA JAVA

En Junio de 1998, comenzó el proyecto *Spotless* en los laboratorios de *Sun Microsystems* para investigar el uso de Java en dispositivos pequeños. El logro de este proyecto fue construir un entorno Java capaz de ejecutarse en un espacio igual a la décima parte de un tamaño estándar. Otro logro fue construir una máquina virtual Java con las siguientes características:

- Tamaño pequeño.
- Portabilidad.
- Facilidad de uso y lectura del código fuente.

El tamaño reducido es importante, ya que la mayoría de los dispositivos móviles tiene capacidades reducidas y a menudo sólo unas pocas decenas o centenas de Kbytes de memoria disponibles para las aplicaciones. La mayoría de los fabricantes de estos dispositivos tienen decenas o quizá centenas de diferentes configuraciones, y sería muy costoso el desarrollo para todas las configuraciones.

Cuando el proyecto estuvo iniciado, el grupo de proyecto estableció contactos con clientes. Los clientes externos, especialmente Motorola jugó un papel significativo para convencer a Sun para que este proyecto se convirtiera en un producto comercial. La versión del producto de la máquina virtual *Spotless* es hoy en día conocida como máquina virtual K o máquina virtual Kjava.

4.2.1.1 Edición Micro de Java (J2ME)

La edición micro de Java 2 (J2ME - Java 2 Micro Edition) es una versión de Java estándar (J2SE) para dispositivos con capacidades hardware y software mucho más limitadas que los PC como, las PDAs, teléfonos móviles, electrodomésticos inteligentes, etc.

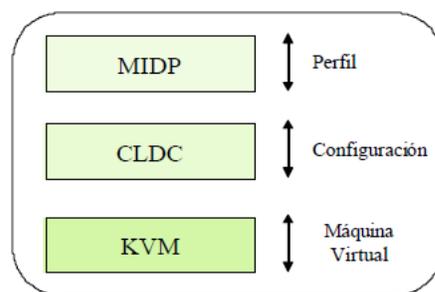


Fig. 4.2: Componentes de J2ME

J2ME se compone de una selección de los componentes siguientes como se muestra en la figura 4.2:

- **Maquina Virtual Reducida (KVM):** KVM está específicamente definida para dispositivos pequeños. Se puede ejecutar KVM con microprocesadores de 16/32 bits, además la memoria mínima para implementar KVM está sobre 128 KB incluyendo la máquina virtual, librerías mínimas y algo de espacio para ejecutar aplicaciones Java. Las aplicaciones más típicas requieren 256 Kbytes, de los cuales al menos 32 Kbytes son utilizados para aplicaciones, 60 u 80 Kbytes para la máquina virtual y el resto está reservado para librerías.
- **Configuración CLDC:** La especificación CLDC (*Connected Limited Device Configuration*) tiene como objetivo definir el “denominador común más bajo” de la plataforma Java para una gran variedad de dispositivos pequeños. Esta configuración define los componentes y las librerías Java mínimas para estos pequeños dispositivos. El lenguaje Java y las características de máquina virtual, librerías, entrada/salida, red y seguridad son los términos primarios tratados por la especificación CLDC. El estándar CLDC define un bloque de propósito general para el perfil de la categoría de dispositivos definidos.
- **Perfiles Específicos para los Diferentes Dispositivos:** El perfil MIDP (*Mobile Information Device Profile*) está basado en la plataforma definida por la estandarización CLDC, añadiendo características y API's que están especialmente enfocados a la comunicación de dos direcciones de dispositivos inalámbricos. Módulo de aplicación, interfaz de usuario, red y almacenamiento de API's son las áreas primarias de la especialización MIDP.

4.2.1.2 Modelo de Programación

Como se muestra en la figura 4.3, este modelo es una mezcla del modelo de programación Java y el modelo de programación Web.

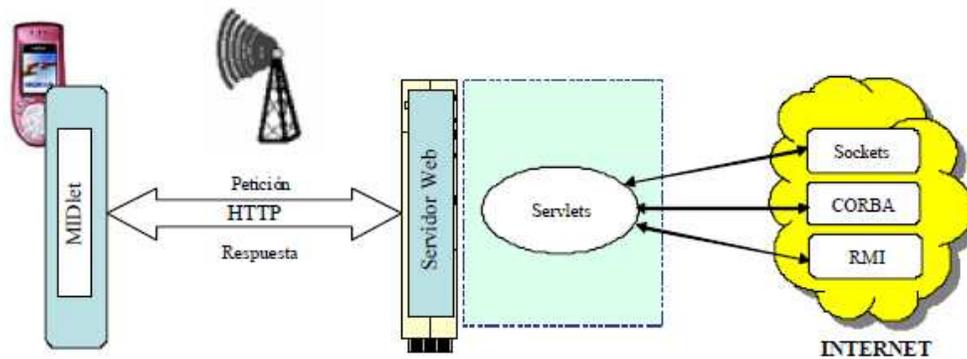


Fig. 4.3: Modelo de Programación MIDP

Un MIDlet es un pequeño programa J2ME que implementa la configuración CLDC y el perfil MIDP, al que deben su nombre. Está formado por un fichero Descriptor Java (.JAD) y un fichero ejecutable (.JAR). Un MIDlet se descarga en un terminal y puede ejecutarse localmente sin conexión, o bien puede conectarse con otros elementos de la red, mediante GSM, GPRS o UMTS, facilitando el intercambio de información a través de la red y el mantenimiento de una relación cliente-servidor con algún servidor remoto. La tecnología J2ME permite que los MIDlets guarden de forma persistente datos en el terminal, por lo que sólo se navega cuando es realmente necesario, utilizando la red de la forma más eficiente posible.

De forma similar a los Applets, donde un Applet está descrito en un fichero HTML, un MIDlet o grupos de MIDlets (conocidos como MIDlet suite) está descrito en un fichero JAD. Mientras que los Applets se ejecutan en un navegador Web, los MIDlets se ejecutan en un software de manejo de MIDlet, que está preinstalado en los dispositivos MIDP y que proporciona un entorno operativo para KVM y MIDlet. A diferencia de los Applets, los MIDlet no se destruyen cuando finaliza su ejecución, se mantienen instalados en el dispositivo hasta que sean expresamente borrados. Así se mantienen disponibles para usarse *off-line* ya que MIDP soporta operaciones sin conexión. Esto es una ventaja para aplicaciones de entretenimiento como los juegos.

En la presente tesis, se ha utilizado el emulador *J2ME Wireless Toolkit 1.0.4* para desarrollar y probar las interfaces J2ME. Este emulador soporta el desarrollo de aplicaciones Java que funcionan en dispositivos MIDP, tales como teléfonos celulares o PDAs. Como se muestra en la figura 4.4, la herramienta *KToolBar* incluida en *J2ME Wireless Toolkit* es el entorno mínimo de desarrollo para compilar, empaquetar y ejecutar aplicaciones MIDP.

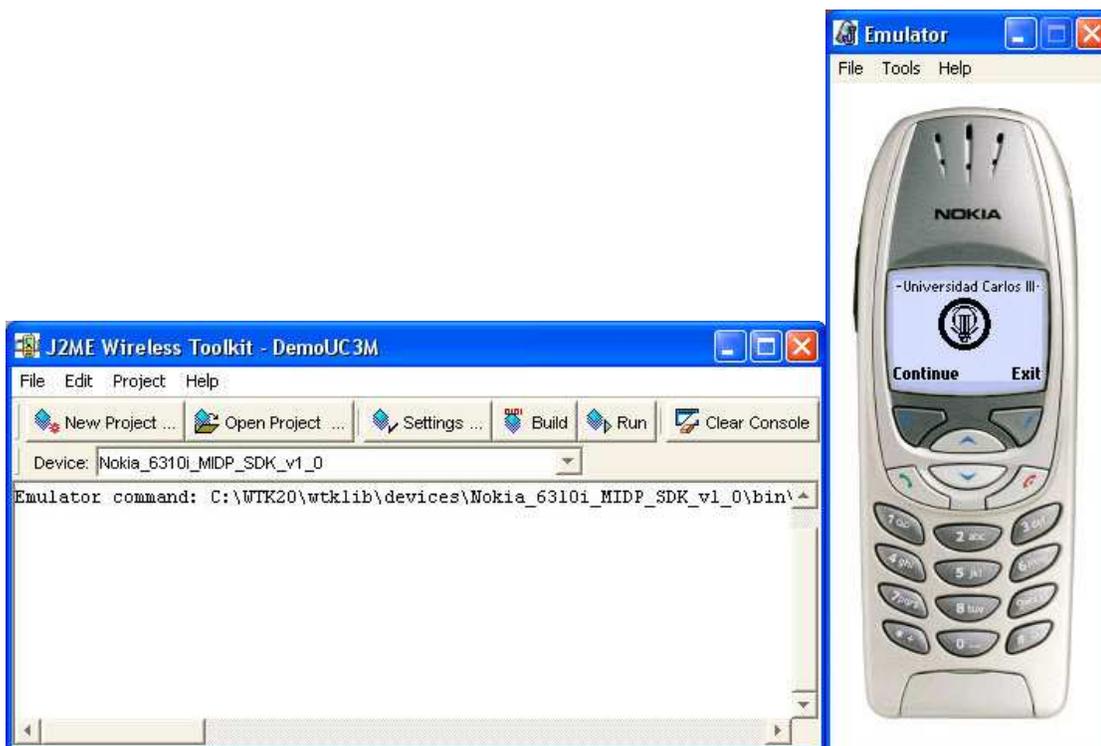


Fig. 4.4: J2ME Wíreless Toolkit

Los dispositivos permiten descargar aplicaciones escritas en J2ME vía cable o utilizando la técnica *Over The Air (OTA)*. Actualmente los MIDlets no se pueden descargar con la técnica OTA directamente. Para facilitar esta descarga se necesita alguna clase de entornos en los dispositivos que permita a los usuarios introducir una URL para un MIDlet, por ejemplo. Este entorno puede muy bien ser un navegador WAP. Similar a los Java Applets que están integrados en HTML, los MIDlets pueden integrarse en paginas WML. La página WML puede entonces ser llamada desde un navegador WAP y los MIDlets habilitados

consiguen instalarse en el dispositivo. Para facilitar esto se necesita un navegador WAP que soporte descarga OTA en el dispositivo.

4.2.2 TECNOLOGÍA WAP

La tecnología WAP permite acceder a ciertos contenidos Web mediante dispositivos móviles que estén preparados para ello. En los apartados siguientes, se presentan el protocolo WAP y el modelo de programación de esta tecnología.

4.2.2.1 Protocolo WAP

El Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas o *Wireless Application Protocol* (WAP) es una especificación abierta que maneja las características de las redes inalámbricas para adaptarlas a los diferentes dispositivos inalámbricos usando protocolos Web, o introduciendo algunos nuevos. La reutilización de las tecnologías Web existentes reduce el tiempo de desarrollo de aplicaciones WAP y este tiempo es similar al tiempo de desarrollo de aplicaciones Web basadas en HTML.

Se ha utilizado WapIDE 3.2.1 como herramienta para desarrollar una interfaz WAP para el control directo del robot. Esta herramienta es un entorno de programación de libre distribución, que permite desarrollar y probar aplicaciones WAP reales. La figura 4.5 muestra el entorno WapIDE 3.2.1.

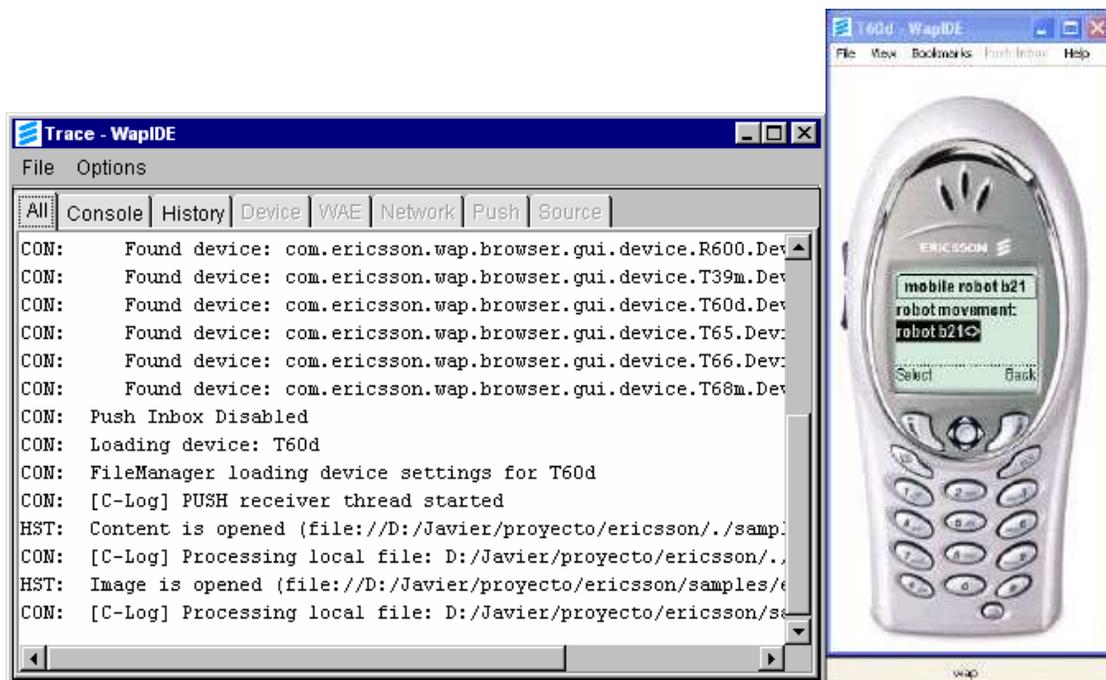


Fig. 4.5: WapIDE 3.2.1

4.2.2.2 Modelo de Programación WAP

Este modelo es similar al modelo de programación Web con modificaciones para adaptarse a las características del entorno inalámbrico. La figura 4.6 muestra el modelo de programación WAP.

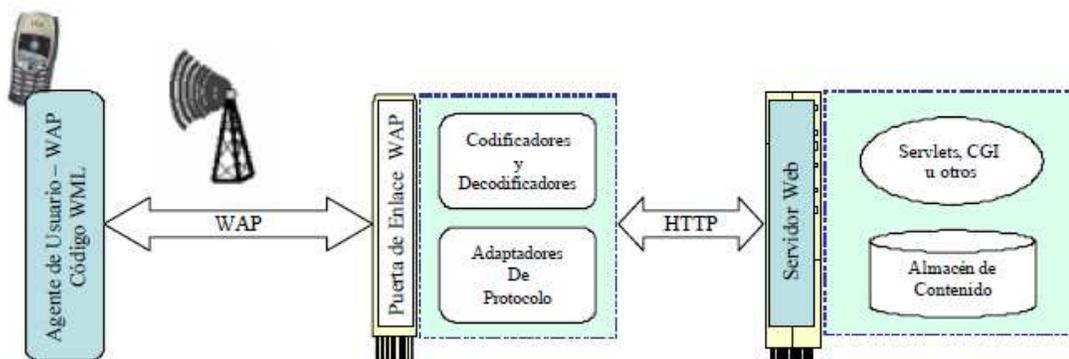


Fig. 4.6: Modelo de Programación WAP

Como puede verse el modelo de programación WAP está basado en el modelo de programación Web. Si bien WAP no se ha diseñado para usar HTML, en algunos casos, los servicios de datos localizados en el servidor Web están basados en HTML. Algunas puertas de enlace WAP (*WAP gateways*) son capaces de convertir páginas HTML a un formato tal que se puedan visualizar en dispositivos inalámbricos. A su vez HTML no fue diseñado para pantallas pequeñas, por lo que el protocolo WAP define su propio lenguaje, *Wireless Markup Language* (WML), el cual se une al estándar XML y está diseñado para habilitar aplicaciones potentes sin las restricciones de los dispositivos móviles.

4.2.3 COMPARATIVA

Existen muchos factores a favor de usar la tecnología Java para desarrollar aplicaciones inalámbricas. Entre ellos cabe citar la compatibilidad de plataforma, la elección dinámica de aplicaciones y servicios, la seguridad y la disponibilidad de documentación y soporte técnico. Los siguientes apartados discuten con más detalles las diferencias entre las dos tecnologías.

4.2.3.1 Navegación

La navegación en aplicaciones WAP se basa en el uso de la etiqueta <A>, la cual aparece como una opción del menú y puede seleccionar el movimiento a la siguiente carta. De otra manera la navegación entre pantallas de los MIDlets se puede realizar también usando comandos. Los comandos en MIDP son similares a la etiqueta <A> ya que se implementan en las teclas programables. A diferencia de MIDP, WAP proporciona una mala navegación y un mal modelo de interacción con algunos de sus rutas de navegación ocultos.

Para dar una apariencia profesional, se pueden asociar iconos con mensajes de error y confirmación. Se puede hacer en MIDP y WAP. WAP soporta formato Wireless bitmap (WBMP) y MIDP soporta el formato no patentado Portable Network Graphics (PNG). Las figuras 4.7 y 4.8 muestran la navegación a través de una interfaz.

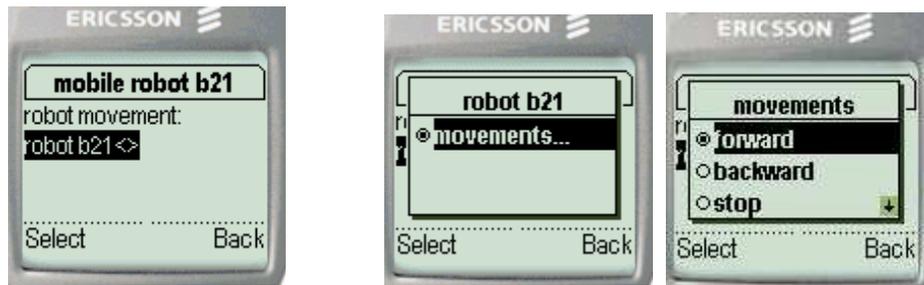


Fig. 4.7: Navegación por la interfaz WML



Fig. 4.8: Navegación por la interfaz J2ME

WAP y MIDP resuelven problemas similares pero cada uno toma un par de soluciones distintas. Hay características especiales que están disponibles en WAP pero no en MIDP y viceversa.

- WAP tiene soporte de funcionalidades adicionales para teléfonos tales como configuración e integración con agendas. A pesar de que no todos los teléfonos WAP soportan esta característica, no hay APIs equivalentes disponibles para MIDP. Es posible que estén disponibles en una futura versión de MIDP.
- MIDP tiene APIs gráficas de alto nivel (tales como Form, List, Choice Group y otros). Proporciona también APIs de bajo nivel que habilitan a los programadores a tener control sobre cada píxel de la pantalla del dispositivo.
- En aplicaciones de entretenimiento, los MIDlets existen en un dispositivo hasta que son explícitamente eliminados, permitiendo así a los usuarios, ejecutarlos aunque no haya conexión con el servidor.

- WML proporciona etiquetas y atributos de presentación pero no define un modelo de interacción. Por ejemplo WML define un elemento SELECT para proporcionar una lista. Algunos dispositivos WAP interpretaran la etiqueta como una lista de menú, mientras que otros lo interpretaran como un menú que puede ser usado para navegación. No hay un modelo estándar de interacción definido para este elemento. Si un desarrollador lo usa, la aplicación se ejecutará bien en unos dispositivos y mal en otros. Los MIDlets proporcionan un estándar claramente definido para la interacción usando comandos.

4.2.3.2 Factores a Favor de Java

Los proveedores y fabricantes de productos inalámbricos citan cinco factores que conducen a usar la tecnología Java en dispositivos inalámbricos.

- **Elección dinámica de aplicaciones y servicios:** A diferencia de la mayoría de los dispositivos de hoy, los dispositivos de próximas generaciones serán capaces de descargar aplicaciones – seguramente- en tiempo real.
- **Compatibilidad de plataforma:** Ya que las aplicaciones escritas para la tecnología Java se ejecuta en múltiples dispositivos. Se puede ejecutar idénticos servicios en PDAs y teléfonos móviles. Se puede descargar la misma aplicación, escrita con especificaciones CLDC y MIDP, en un teléfono Motorola o en un Nokia y funcionarán exactamente igual. Todos estos dispositivos ejecutan diferentes sistemas operativos, tienen diferentes microprocesadores y en algunos casos diferentes protocolos de red. Esta compatibilidad es extremadamente importante para fabricantes, proveedores de contenidos, etc.
- **Experiencia de usuario:** Los programadores pueden escribir aplicaciones más ricas y más útiles utilizando tecnología Java que con entornos basados en navegadores. Las aplicaciones Java tienen gráficos más ricos, con interacción más rápida. Existen ejemplos que incluyen mapas de ciudades descargables, juegos y venta de entradas de conciertos. Todos ejecutan protocolos de diferentes vendedores. Se proporcionan

APIs para habilitar a los programadores para crear rápidamente componentes de trabajo.

- **Acceso sin conexión:** Las aplicaciones de teléfonos de tecnología Java, se pueden ejecutar cuando el teléfono está desconectado o fuera de cobertura. Cuando se usa una aplicación en un dispositivo WAP se necesita estar conectado todo el tiempo, si se está fuera de cobertura ya no funciona.
- **Seguridad:** La próxima generación de teléfonos trabajará sobre TCP/IP y es más fácil escribir aplicaciones Java compatibles para trabajar sobre TCP/IP. Con la nueva generación de teléfonos se introducirá un nuevo nivel de seguridad para el mundo inalámbrico. El comercio móvil actualmente se basa en *i-mode* y WAP pero se hará realidad cuando esté en TCP/IP y exista más seguridad. Hoy los teléfonos WAP proporcionan y visualizan datos vía micronavegador, pero necesitan una puerta de enlace para hacer conversiones de protocolo entre protocolos orientados a Internet (TCP/IP, SSL, etc.) y la red inalámbrica. La puerta de enlace es necesaria porque convierte el protocolo entre el teléfono y el servidor y aquí hay una brecha en la seguridad. La seguridad de la plataforma Java es muy importante, ya que dispone de verificación bytecode y cada vez que se carga la aplicación, asegura la integridad del código. Así se asegura que no tenga virus y que la aplicación funcione bien, lo que es muy importante para operaciones de red.

CAPÍTULO V

CÁMARAS IP

5.1 ESTUDIO DE LAS CÁMARAS IP

5.1.1 ¿QUE ES UNA CÁMARA DE RED?

Una cámara de red, también llamada cámara IP, puede describirse como una cámara y un computador, combinados para formar una única unidad. Los componentes principales que integran este tipo de cámaras de red incluyen un objetivo, un sensor de imagen, uno o más procesadores y memoria. Los procesadores se utilizan para el procesamiento de la imagen, la compresión, el análisis de video y para realizar funciones de red. La memoria se utiliza para fines de almacenamiento del firmware de la cámara de red (programa informático) y para la grabación local de secuencias de video. Como un computador, la cámara de red dispone de su propia dirección IP, está directamente conectada a la red y se puede colocar en cualquier ubicación en la que exista una conexión de red. Esta característica es la diferencia respecto a una cámara Web, que únicamente puede ejecutarse cuando está conectada a un computador personal (PC) por medio del puerto USB o *IEEE 1394* (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), que es un estándar multiplataforma para entrada/salida de datos en serie a gran velocidad. Asimismo, es necesaria la existencia de software instalado en el PC para que pueda funcionar.



Fig. 5.1: Cámara de red conectada directamente a la red LAN.

Las cámaras de red pueden configurarse para enviar video a través de una red IP para visualización y/o grabación en directo, ya sea de forma continua, en horas programadas, en un evento concreto o previa solicitud de usuarios autorizados. Las imágenes capturadas pueden secuenciarse como Motion JPEG, MPEG-4 o H.264 utilizando distintos protocolos de red. Asimismo, pueden subirse como imágenes JPEG individuales usando FTP (*File Transfer Protocol*), correo electrónico o HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

Además de capturar video, algunas cámaras de red ofrecen gestión de eventos y funciones de video inteligentes como detección de movimiento, detección de audio, alarma anti-manipulación activa y auto-seguimiento. La mayoría de las cámaras de red también disponen de puertos de entrada/salida (E/S) que habilitan las conexiones con dispositivos externos como sensores y relés. Igualmente, pueden incluir prestaciones como funciones de audio y soporte integrado para alimentación por Ethernet (*Power over Ethernet*, PoE), es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre al dispositivo de red como, por ejemplo, un teléfono IP o una cámara de red, usando el mismo cable que se utiliza para una conexión de red. Elimina la necesidad de utilizar tomas de corriente en las ubicaciones de los equipos.

5.1.2 LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA POR VIDEO

Los sistemas de vigilancia por video se originaron entre los años 50s. Avances en los 70s. Empezaron siendo sistemas analógicos al 100% y paulatinamente se fueron digitalizando. Los sistemas de hoy en día han avanzado mucho desde la aparición de las primeras cámaras analógicas con tubo conectadas a VCR (*video cassette recorder*).

En la actualidad, estos sistemas utilizan cámaras y servidores de PC para la grabación de video en un sistema completamente digitalizado. Sin embargo, entre los sistemas completamente analógicos y los sistemas completamente digitales existen diversas

soluciones que son parcialmente digitales. Dichas soluciones incluyen un número de componentes digitales pero no constituyen sistemas completamente digitales.

5.1.2.1 Sistemas de circuito cerrado de TV analógicos usando VCR

Un sistema de circuito cerrado de TV (CCTV) analógico que utilice un VCR (*video cassette recorder*), representa un sistema completamente analógico formado por cámaras analógicas con salida coaxial, conectadas al VCR para grabar.

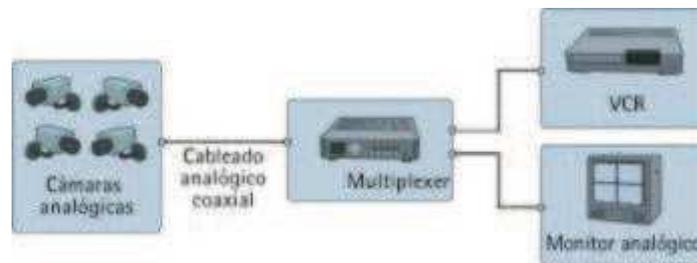


Fig. 5.2: Circuito cerrado de TV analógica usando VCR.

El VCR utiliza el mismo tipo de cintas que una grabadora doméstica. El video no se comprime y, si se graba a una velocidad de imagen completa, una cinta durará como máximo 8 horas. En sistemas mayores, se puede conectar un multiplexor entre la cámara y el VCR. El multiplexor permite grabar el video procedente de varias cámaras en un solo grabador, pero con el inconveniente que tiene una menor velocidad de imagen. Para monitorizar el video, es necesario un monitor analógico.

5.1.2.2 Sistemas de circuito cerrado de TV analógicos usando DVR

Un sistema de circuito cerrado de TV (CCTV) analógico usando un DVR (*digital video recorder*), es un sistema analógico con grabación digital. En un DVR, la cinta de video se sustituye por discos duros para la grabación de video, y es necesario que el video se digitalice y comprima para almacenar la máxima cantidad de imágenes posible de un día.

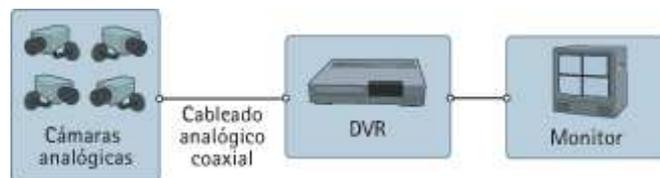


Fig. 5.3: Circuito cerrado de TV analógica usando DVR.

Con los primeros DVR, el espacio del disco duro era limitado, por tanto, la duración de la grabación era limitada, o debía usarse una velocidad de imagen inferior. El reciente desarrollo de los discos duros significa que el espacio deja de ser el principal problema. La mayoría de DVRs disponen de varias entradas de video, normalmente 4, 9 ó 16, lo que significa que también incluyen la funcionalidad de los multiplexores.

El sistema DVR añade las siguientes ventajas:

- No es necesario cambiar las cintas
- Calidad de imagen constante

5.1.2.3 Sistemas de circuito cerrado de TV analógicos usando DVR de red

Un sistema de circuito cerrado de TV (CCTV) analógico usando un DVR IP (*digital video recorder IP*) es un sistema parcialmente digital que incluye un DVR IP equipado con un puerto Ethernet para conectividad de red. Como el video se digitaliza y se comprime en el DVR, se puede transmitir a través de una red informática para que se monitorice en un PC en una ubicación remota.

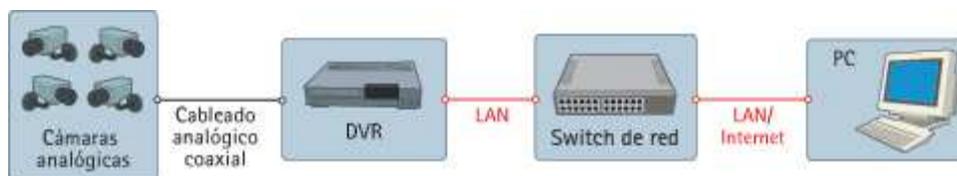


Fig. 5.4: Sistema de circuito cerrado de TV analógico usando DVR de red.

Algunos sistemas pueden monitorizar tanto video grabado como en directo, mientras otros sólo pueden monitorizar el video grabado. Además, algunos sistemas exigen un cliente Windows especial para monitorizar el video, mientras que otros utilizan un navegador web estándar, lo que flexibiliza la monitorización remota.

El sistema DVR IP añade las siguientes ventajas:

- Monitorización remota de video a través de un PC
- Funcionamiento remoto del sistema.

5.1.2.4 Sistemas de video IP que utilizan servidores de video

Un sistema de video IP que utiliza servidores de video incluye un servidor de video, un switch de red y un PC con software de gestión de video. La cámara analógica se conecta al servidor de video, el cual digitaliza y comprime el video.

A continuación, el servidor de video se conecta a una red y transmite el video a través de un switch de red a un PC, donde se almacena en discos duros. Esto es un verdadero sistema de video IP.

Un sistema de video IP que utiliza servidores de video añade las ventajas siguientes:

- Utilización de red estándar y hardware de servidor de PC para la grabación y gestión de video
- El sistema es escalable en ampliaciones de una cámara cada vez
- Es posible la grabación fuera de las instalaciones
- Preparado para el futuro, ya que este sistema puede ampliarse fácilmente incorporando cámaras IP

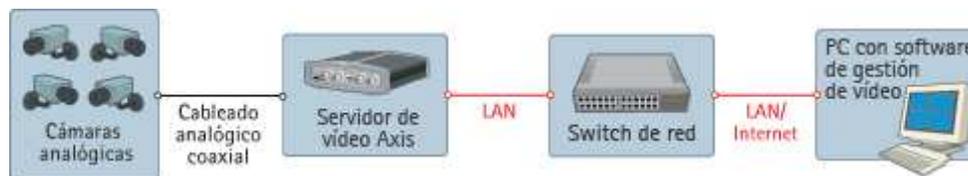


Fig. 5.5: Sistema de video IP que utiliza servidor de video

En la figura 5.5, se muestra un verdadero sistema de video IP, donde la información del video se transmite de forma continua a través de una red IP. Utiliza un servidor de video como elemento clave para migrar el sistema analógico de seguridad a una solución de video IP.

5.1.2.5 Sistemas de video IP que utilizan cámaras IP

Una cámara IP combina una cámara y un computador en una unidad, lo que incluye la digitalización y la compresión del video así como un conector de red.

El video se transmite a través de una red IP, mediante los switches de red y se graba en un PC estándar con software de gestión de video. Esto representa un verdadero sistema de video IP donde no se utilizan componentes analógicos.

Un sistema de video IP que utiliza cámaras IP añade las ventajas siguientes:

- Cámaras de alta resolución (megapíxel)
- Calidad de imagen constante
- Alimentación eléctrica a través de Ethernet y funcionalidad inalámbrica Funciones de Giro/Inclinación/zoom, audio, entradas y salidas digitales a través de IP, junto con el video
- Flexibilidad y escalabilidad completas

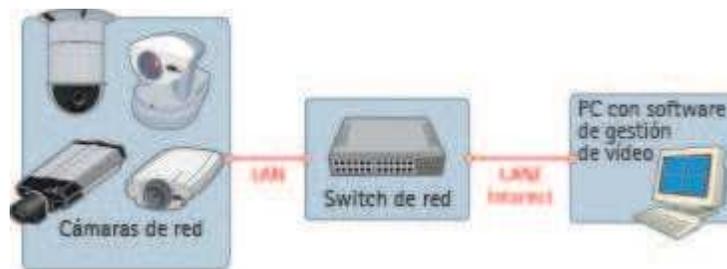


Fig.5.6: Sistema de video IP que utiliza cámaras IP

En la Figura 5.6, se indica un verdadero sistema de video IP, donde la información del video se transmite de forma continua a través de una red IP, utilizando cámaras IP. Este sistema saca el máximo partido de la tecnología digital y proporciona una calidad de imagen constante desde la cámara hasta el visualizador, en cualquier sitio que esté.

La diferencia entre el Sistema de video IP que utilizan servidores de video descrita en el subcapítulo 5.1.2.4 y el Sistema de video IP que utiliza cámaras IP descrita en este subcapítulo, es que el Sistema de video IP descrita anteriormente utilizan cámaras análogas por ende para la transmisión hasta el servidor de video utilizan cable coaxial, en el servidor se digitaliza y comprime el video en la cual el servidor de video se enlaza con la red LAN, mientras que el Sistema descrito en este subcapítulo utiliza cámaras IP en la misma cámara incorpora un computador en el cual se digitaliza y comprime la señal de video para luego ser transmitido al servidor de video a través de la red LAN, en este sistema tanto las cámaras IP y el servidor forman la red LAN.

5.1.3 TIPO DE CÁMARAS DE RED

Las cámaras de red se pueden clasificar en función de si están diseñadas únicamente para su uso en interiores o para su uso en interiores-exteriores. Las cámaras de red para exteriores suelen tener un objetivo con iris automático para regular la cantidad de luz a la que se expone el sensor de imagen. Una cámara de exteriores también necesitará una carcasa de protección externa, salvo que su diseño ya incorpore un cerramiento de protección. Las carcasas también están disponibles para cámaras para interiores que

requieren protección frente a entornos adversos como polvo y humedad y frente a riesgo de vandalismo o manipulación.

Las cámaras de red, diseñadas para su uso en interiores o exteriores, pueden clasificarse en cámaras de red fijas, domo fijas, PTZ (*Pan-Tilt-Zoom*) y domo PTZ.

5.1.3.1 Cámara de red fijas

Una cámara de red fija, que puede entregarse con un objetivo fijo o varifocal, es una cámara que dispone de un campo de vista fijo (normal/telefoto/gran angular) una vez montada. Este tipo de cámara es la mejor opción en aplicaciones en las que resulta útil que la cámara esté bien visible. Normalmente, las cámaras fijas permiten que se cambien sus objetivos. Pueden instalarse en carcasas diseñadas para su uso en instalaciones interiores o exteriores.



Fig. 5.7: *Cámaras de red fijas*

En la figura 5.7, se puede observar un sinnúmero de cámaras fijas las cuales incluyen versiones inalámbricas.

5.1.3.2 Cámara de red domo fijas.

Una cámara domo fija, también conocida como mini domo, consta básicamente de una cámara fija preinstalada en una pequeña carcasa domo. La cámara puede enfocar el punto seleccionado en cualquier dirección. La ventaja principal radica en su discreto y disimulado

diseño, así como en la dificultad de ver hacia qué dirección apunta la cámara. Asimismo, es resistente a las manipulaciones.

Uno de los inconvenientes que presentan las cámaras domo fijas es que normalmente no disponen de objetivos intercambiables, y si pueden intercambiarse, la selección de objetivos está limitada por el espacio dentro de la carcasa domo. Para compensarlo, a menudo se proporciona un objetivo varifocal que permita realizar ajustes en el campo de visión de la cámara.

Las cámaras domo fijas están diseñadas con diferentes tipos de cerramientos, a prueba de vandalismo y/o con clasificación de protección IP66 cuyo valor significa, IP índice de protección, el primer dígito 6 protección completa contra personas y entrada de polvo, el segundo dígito 6 protección contra fuertes chorros de agua de todas direcciones, incluido olas. Generalmente, las cámaras domo fijas se instalan en la pared o en el techo.



Fig. 5.8: Cámaras de red domo fijas

5.1.3.3 Cámara PTZ

Las cámaras PTZ (*Pan-Tilt-Zoom*) pueden moverse horizontalmente, verticalmente y acercarse o alejarse de un área o un objeto de forma manual o automática. Todos los comandos PTZ se envían a través del mismo cable de red que la transmisión de video.

Algunas de las funciones que se pueden incorporar a una cámara PTZ:

- ***Estabilización electrónica de imagen (EIS).*** En instalaciones exteriores, las cámaras domo PTZ con factores de zoom superiores a los 20x son sensibles a las vibraciones y al movimiento causados por el tráfico o el viento. La estabilización electrónica de la imagen (EIS) ayuda a reducir el efecto de la vibración en un video. Además de obtener videos más útiles, EIS reducirá el tamaño del archivo de la imagen comprimida, de modo que se ahorrará un valioso espacio de almacenamiento.
- ***Máscara de privacidad.*** La máscara de privacidad permite bloquear o enmascarar determinadas áreas de la escena frente a visualización o grabación para que en esa área no grave y aparezca en el video solo una franja blanca.
- ***Posiciones predefinidas.*** Muchas cámaras PTZ permiten programar posiciones predefinidas, normalmente entre 20 y 100 posiciones. Una vez las posiciones predefinidas se han configurado en la cámara, el operador puede cambiar de una posición a la otra de forma muy rápida.
- ***E-flip.*** En caso de que una cámara PTZ se monte en el techo y se utilice para realizar el seguimiento de una persona, por ejemplo en unos grandes almacenes, se producirán situaciones en las que el individuo en cuestión pasará justo por debajo de la cámara. Sin la funcionalidad E-flip, las imágenes de dicho seguimiento se verían del revés. En estos casos, E-flip gira las imágenes 180 grados de forma automática. Dicha operación se realiza automáticamente y no será advertida por el operador.
- ***Auto-flip.*** Generalmente, las cámaras PTZ, a diferencia de las cámaras domo PTZ, no disponen de un movimiento vertical completo de 360 grados debido a una parada mecánica que evita que las cámaras hagan un movimiento circular continuo. Sin embargo, gracias a la función Auto-flip, una cámara de red PTZ puede girar al instante 180 grados su cabezal y seguir realizando el movimiento horizontal más

allá de su punto cero. De este modo, la cámara puede continuar siguiendo el objeto o la persona en cualquier dirección.

- **Autoseguimiento.** El autoseguimiento es una función de video inteligente que detecta automáticamente el movimiento de una persona o vehículo y lo sigue dentro de la zona de cobertura de la cámara. Esta función resulta especialmente útil en situaciones de video vigilancia no controlada humanamente en las que la presencia ocasional de personas o vehículos requiere especial atención. La funcionalidad recorta notablemente el coste de un sistema de supervisión, puesto que se necesitan menos cámaras para cubrir una escena. Asimismo, aumenta la efectividad de la solución debido a que permite que las cámaras PTZ graben áreas de una escena en actividad.

Aunque las cámaras PTZ y domo PTZ comparten funciones similares, existen algunas diferencias entre ellas:

- Las cámaras de red PTZ no disponen de un movimiento horizontal de 360 grados debido a la existencia de un tope mecánico. Esto significa que la cámara no puede seguir a una persona que esté andando de forma continua en un círculo completo alrededor del dispositivo. Son excepciones de ello las cámaras PTZ que disponen de la funcionalidad Auto-flip.
- Las cámaras de red PTZ no están diseñadas para la operación automática continua o las llamadas rondas de vigilancia, en las que la cámara se mueve automáticamente de una posición predefinida a la siguiente.

5.1.3.3.1 Cámara de red PTZ mecánica

Las cámaras de red PTZ mecánicas se utilizan principalmente en interiores y en aplicaciones donde se emplea un operador. El zoom óptico en cámaras PTZ varía normalmente entre 10x y 26x. Una cámara PTZ se puede instalar en el techo o en la pared.



Fig. 5.9: *Cámaras de red PTZ mecánica.*

5.1.3.3.2 Cámara de red PTZ no mecánica

Las cámaras de red PTZ no mecánicas, ofrecen capacidades de movimiento horizontal, vertical y zoom sin partes móviles, de forma que no existe desgaste de potencia por lo que no existen motores para que realicen el movimiento. Con un objetivo gran angular, ofrecen un campo de visión más completo que las cámaras de red PTZ mecánicas.



Fig. 5.10: *Cámara de red PTZ no mecánica.*

Una cámara PTZ no mecánica utiliza un sensor de imagen megapíxel y permite que el operador aleje o acerque, de forma instantánea, cualquier parte de la escena sin que se produzca ninguna pérdida en la resolución de la imagen. Esto se consigue presentando una imagen de visión general en resolución VGA (640x480 píxeles) aunque la cámara capture una imagen de resolución mucho más elevada. Cuando se da la orden a la cámara de acercar o alejar cualquier parte de la imagen de visión completa, el dispositivo utiliza la resolución megapíxel original para proporcionar una relación completa, en resolución VGA.

El primer plano resultante ofrece buenos detalles y una nitidez mantenida. Si se utiliza un zoom digital normal, la imagen acercada pierde, con frecuencia, en detalles y nitidez. Una cámara PTZ no mecánica resulta ideal para instalaciones discretas montadas en la pared.

5.1.3.3.3 Cámara de red domo PTZ

Las cámaras de red domo PTZ pueden cubrir una amplia área al permitir una mayor flexibilidad en las funciones de movimiento horizontal, vertical y zoom. Asimismo, permiten un movimiento horizontal continuo de 360 grados y un movimiento vertical de normalmente 180 grados. Debido a su diseño, montaje y dificultad de identificación del ángulo de visión de la cámara (el cristal de las cubiertas de la cúpula puede ser transparente o ahumado), las cámaras de red domo PTZ resultan idóneas para su uso en instalaciones discretas.

Las cámaras de red domo PTZ también proporcionan solidez mecánica para operación continua en el modo ronda de vigilancia, en el que la cámara se mueve automáticamente de una posición predefinida a la siguiente de forma predeterminada o aleatoriamente. Normalmente, pueden configurarse y activarse hasta 20 rondas de vigilancia durante distintas horas del día. En el modo ronda de vigilancia, una cámara de red domo PTZ puede cubrir un área en el que se necesitarían 10 cámaras de red fijas ya que se pueden configurar para que vigilen en diferentes puntos es decir que no solo graba el entorno total sino también puede grabar distintos puntos configurados. El principal inconveniente de este tipo de cámara es que sólo se puede supervisar una ubicación en un momento concreto, dejando así las otras nueve posiciones sin supervisar.

El zoom óptico de las cámaras domo PTZ se mueve, generalmente, entre valores de 10x y 35x. Las cámaras domo PTZ se utilizan con frecuencia en situaciones en las que se emplea un operador. En caso de que se utilice en interiores, este tipo de cámara se instala en el techo o en un poste o esquina para instalaciones exteriores.



Fig. 5.11: *Cámaras de red domo PTZ.*

5.1.3.4 Cámara de red con visión diurna/nocturnal

La totalidad de los tipos de cámaras de red, fijas, domo fijas, PTZ y domo PTZ, dispone de función de visión diurna y nocturna. Las cámaras con visión diurna y nocturna están diseñadas para su uso en instalaciones exteriores o en entornos interiores con poca iluminación.

Las cámaras de red a color con visión diurna y nocturna proporcionan imágenes a color a lo largo del día. Cuando la luz disminuye bajo un nivel determinado, la cámara puede cambiar automáticamente al modo nocturno para utilizar la luz prácticamente infrarroja IR (radiación infrarroja) para proporcionar imágenes de alta calidad en blanco y negro.

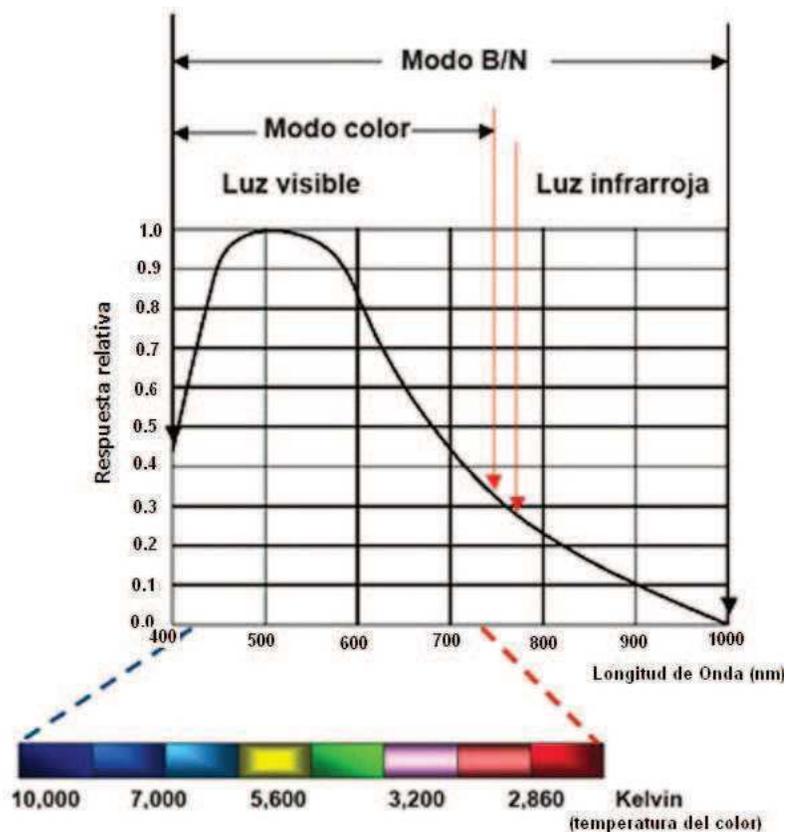


Fig. 5.12: *Respuesta del sensor de imagen frente a la luz infrarroja visible y a la luz próxima al espectro infrarrojo*

En la figura 5.12, se muestra cómo un sensor de imagen responde a la luz infrarroja visible y a la luz próxima al espectro infrarrojo. La luz casi-infrarroja, se observa que implica con la longitud de onda desde 700 nanómetros (nm) hasta cerca de 1.000 nm, está más allá de la visión humana, pero la mayoría de los sensores de cámara pueden detectarla y utilizarla, pero como se puede observar en la figura que la respuesta relativa del sensor de imagen va disminuyendo frente a la longitud de onda. Durante el día, la cámara de visión diurna y nocturna utiliza un filtro de paso IR (radiación infrarroja). La luz de paso IR se filtra de modo que no distorsiona los colores de las imágenes en el momento en que el ojo humano las ve, como se puede observar en la figura cuando se tiene una longitud de onda entre los 500 nanómetros la respuesta relativa del sensor de imagen llega a un máximo, en esos puntos se puede obtener un comportamiento casi sin distorsión de colores frente a la

imagen. Cuando la cámara está en modo nocturno (blanco y negro), el filtro de paso IR se elimina, lo que permite que la sensibilidad lumínica de la cámara alcance los 0,001 lux o un nivel inferior.

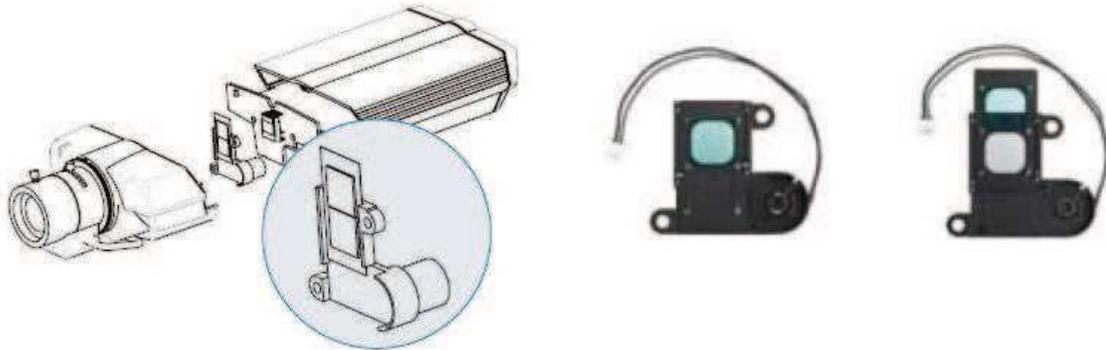


Fig. 5.13: Cámara de red con visión diurna y nocturna

En la figura 5.13, se puede observar a la izquierda una cámara de red con visión diurna y nocturna y con filtro de paso IR; en el centro, posición de un filtro de paso IR durante el día y a la derecha, posición del filtro de paso IR durante la noche.

Las cámaras diurnas/nocturnas resultan útiles en entornos que restringen el uso de luz artificial. Incluyen vigilancia por video con escasa luz, vigilancia oculta y aplicaciones discretas, por ejemplo, en una situación de vigilancia del tráfico en la que las luces brillantes podrían entorpecer la conducción nocturna.

Los iluminadores de infrarrojos que proporcionan luz próxima al espectro infrarrojo también pueden utilizarse junto con las cámaras de visión diurna/nocturna para mejorar la capacidad de producción de video de alta calidad en condiciones de escasez lumínica o nocturna.



Fig. 5.14: *Comparación entre una imagen con ilustración infrarrojo y sin ilustración infrarrojo*

En la figura 5.14, a la izquierda se observa una imagen en la noche sin iluminador de infrarrojos; a la derecha, imagen con un iluminador de infrarrojos, en la misma se puede distinguir claramente que cuando se tiene una cámara con ilustrador de infrarrojos se observa todo el entorno enfocado por la cámara.

5.1.3.5 Cámaras de red con resolución megapíxel

Las cámaras de red con resolución megapíxel, disponible en las cámaras fijas y domo fijas, incorporan un sensor de imagen megapíxel para proporcionar imágenes con un millón o más megapíxeles. Se trata de una resolución como mínimo dos veces mejor que la que ofrecen las cámaras analógicas. Las cámaras de red fijas con resolución megapíxel pueden utilizarse de una de las dos formas siguientes: pueden permitir a los visualizadores ver detalles más concretos en una resolución de imagen más elevada, lo que puede resultar útil para la identificación de personas y de objetos. Asimismo, pueden utilizarse para cubrir una parte más amplia de la escena si la resolución de imagen se mantiene como la de las cámaras sin resolución megapíxel.

Actualmente, las cámaras con resolución megapíxel son, en general, menos sensibles a la luz que las cámaras de red que no incorporan esta tecnología. Las secuencias de video de resolución más elevada generadas por las cámaras con resolución megapíxel también

requieren requisitos más exigentes en el ancho de banda de la red y el espacio de almacenamiento para las grabaciones, aunque estas exigencias pueden reducirse utilizando el estándar de compresión de video H.264.

A continuación se presenta un cuadro de resumen de todos los tipos de cámaras.

Tipo de cámaras	Características	Variantes
Cámara de red fijas	Dispone de un campo de vista (normal/telefoto/gran angular)	Puede elegir cámaras de red fijas con: <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapíxel • Funciones para exteriores • Alimentación a través de Ethernet • Sonido bidireccional • Conectividad inalámbrica.
Cámara de red domo fijas	Una cámara domo fija es una cámara de pequeño tamaño que se alberga en una carcasa de forma abovedada. Su ventaja radica en su discreto y disimulado diseño, así como en la dificultad de ver hacia que dirección apunta la cámara. Además, la carcasa abovedada de la cámara la protege de forma eficaz contra el redireccionamiento y el desenfoque.	Tiene a su elección diferentes domo fijos, entre ellas cámaras que ofrecen: <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapíxel • Carcasa a prueba de agresiones • Gama de temperaturas mejorada • Sonido bidireccional • Alimentación a través de Ethernet • Características especiales para autobuses y trenes.
Cámara de red PTZ mecánicas	Es una cámara de red PTZ mecánica en la que tanto el movimiento como la dirección de visualización sean visibles	La gama de cámaras PTZ incluye cámaras con: <ul style="list-style-type: none"> • Zoom óptico de hasta 26x • Funcionalidad de visión día/noche

		<ul style="list-style-type: none"> • Una mecánica precisa y rápida de movimiento horizontal y vertical • Resolución megapíxel • Lámpara IR integrada • Sonido bidireccional
Cámara de red PTZ no mecánicas	Es la cámara que ofrece visión panorámica, movimiento vertical/horizontal y zoom instantáneo. Y todo sin partes móviles, de modo que no hay desgaste de energía debido a que no existe motor para realizar el movimiento.	<p>Puede elegir cámaras de red PTZ no mecánicas con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapíxel • Funcionalidad de visión día/noche • Audio bi-direccional • Alimentación a través de Ethernet • Carcasa a prueba de agresiones
Cámara de red domo PTZ	Las cámaras domo PTZ son ideales para la supervisión en directo, cuando el usuario desea seguir a una persona o un objeto. También pueden manejarse en el modo de recorrido protegido, en el que la cámara se mueve de una posición preestablecida a otra. Hay disponible varios accesorios, incluyendo un mando para maniobrar la cámara con facilidad y kits de montaje para instalaciones en interiores y exteriores.	<p>Tiene a su elección diferentes domos PTZ, entre ellas cámaras que ofrecen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolución megapíxel • Zoom óptico de hasta 35x • Alcance amplio y dinámico • Estabilización electrónica de la imagen • Zoom de área • Funcionalidad de visión día/noche. • Alimentación a través de Ethernet • Carcasa domo a prueba de manipulaciones.
<p>La totalidad de los tipos de cámaras de red se pueden encontrar con función de visor diurna y nocturna y para uso en instalaciones exteriores o en interiores que se menciona en el subcapítulo 1.1.3.4 (cámaras de red con visión diurna/nocturna).</p>		

También se pueden encontrar en las cámaras de red con resolución megapixel en los tipos: cámaras fijas y en las cámaras domo fijas y PTZ.

Tabla 5.1: Resumen de los tipos de cámaras de red

5.1.4 COMPONENTES QUE CONSTITUYEN UNA CÁMARA IP

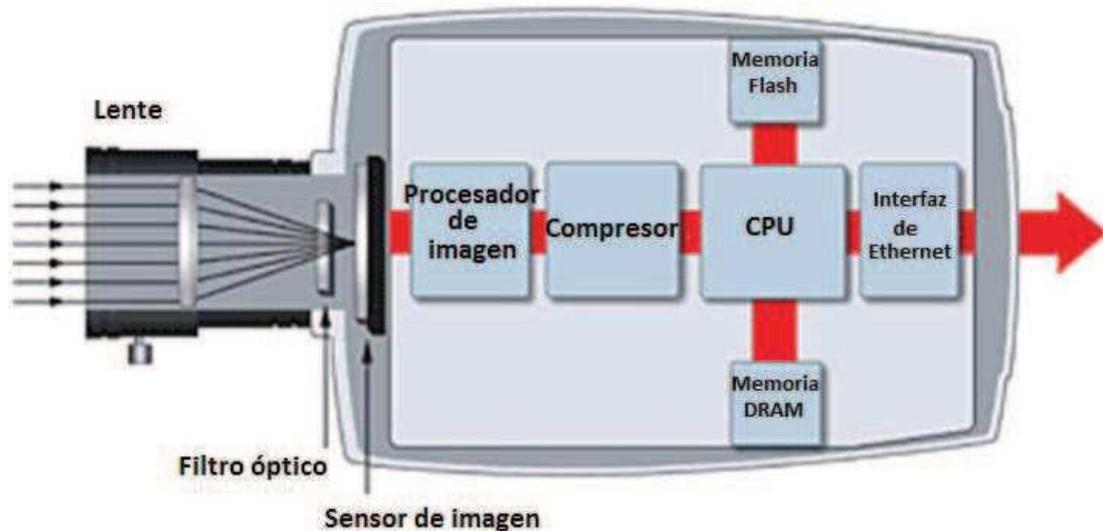


Fig. 5.15: Componentes de una cámara IP

Básicamente una cámara IP se compone de:

- La "cámara" de video tradicional (lentes, sensores, procesador digital de imagen, etc.)
- Un sistema de compresión de imagen (para poder comprimir las imágenes captadas por la cámara a formatos adecuados como MPEG4)
- La CPU, la memoria Flash y la memoria DRAM representan el "cerebro" o las funciones informáticas de la cámara y están diseñadas específicamente para aplicaciones de red. Gestionan la comunicación con la red y el servidor Web.
- A través del puerto Ethernet, una cámara de red de gama alta puede enviar imágenes directamente a diez o más computadores de forma simultánea. Si las imágenes se envían primero a un servidor Web externo (en lugar de directamente a los usuarios

que las visualizan), un número ilimitado de usuarios puede ver el video en tiempo real.

5.1.5 FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS IP

Las cámaras IP se conectan directamente a la conexión LAN de la instalación de internet o red doméstica u oficina a través de un router, asignándole una dirección IP interna. Cada una de las cámaras envían la información por medio del servicio de banda ancha y se accede a ella a través de cualquier PC conectada a internet con sólo teclear en el navegador la dirección IP de la cámara que se quiere observar. Es decir, se ingresa a la página web del sistema, donde la visualización de las imágenes es sumamente sencilla y desde donde se puede mover las cámaras en diferentes direcciones es una cámara PTZ (*Pan-Tilt-Zoom*), se puede tomar fotografías, grabar videos y hasta escuchar el sonido del ambiente monitoreado.

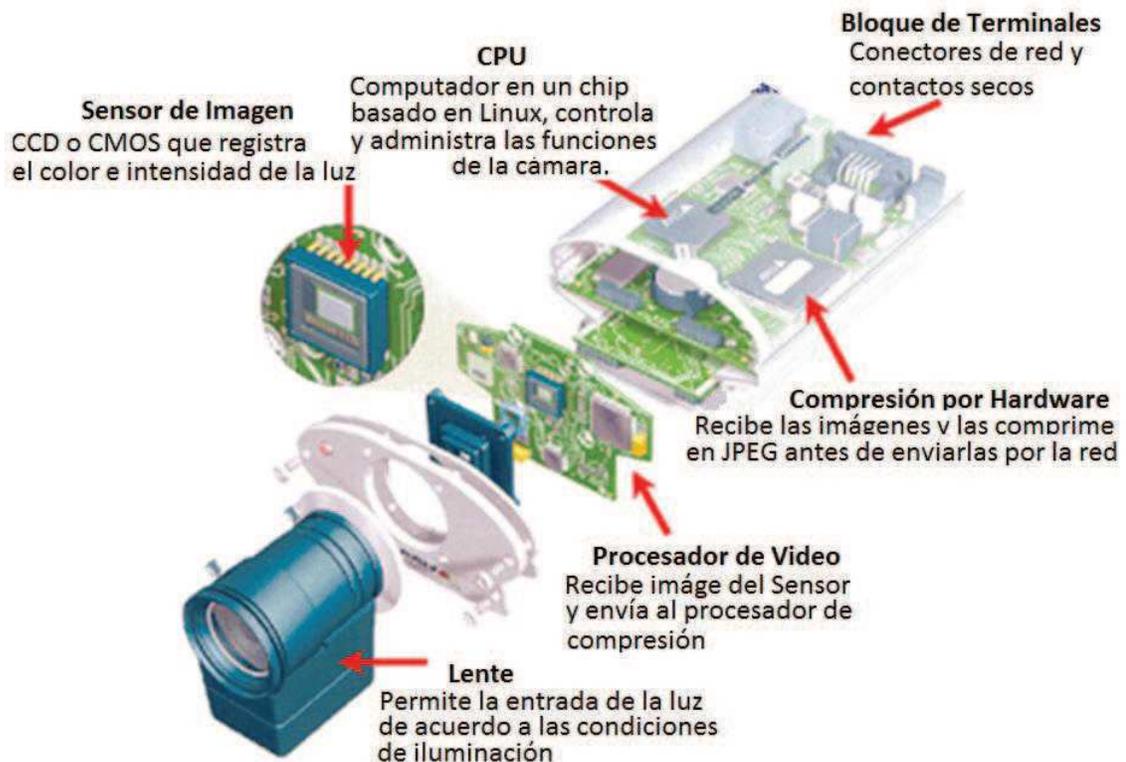


Fig. 5.16: *Componentes de una cámara de red*

En la figura 5.16, se observa los componentes que constituyen una cámara IP, a continuación se explica el funcionamiento de una cámara IP:

- a. El proceso que sigue para la transformación de las imágenes ópticas a digitales se lleva a cabo a través de los componentes de la cámara que inicialmente captan las imágenes y convierten las diferentes ondas de luz a señales eléctricas, las cuales son convertidas a formato digital y transferidas a la función de cómputo que las comprime y envía a través de la red.
- b. El lente de la cámara enfoca la imagen en el sensor CCD / CMOS (*chargecoupled device / Complementary Metal Oxide Semiconductor*) antes de esto la imagen pasa a través del filtro óptico el cual remueve cualquier luz infrarroja (IR) para que los colores sean mostrados correctamente. En cámaras infrarrojas, este filtro es removible para que se pueda proporcionar imágenes de alta calidad en blanco y negro en condiciones de poca iluminación. Finalmente el sensor de imagen transforma las ondas de luz en señales eléctricas que a su vez se convierten en señales digitales en un formato que puede ser comprimido y transferido por la red.
- c. El procesador realiza las funciones de administración y control de la exposición (Niveles de Luz), balance de blancos (Ajuste de Colores), brillo de la imagen y otros aspectos relacionados con la calidad de la imagen, también este procesador incluye un componente de compresión el cual comprime las imágenes digitales a un formato que contiene menos datos y que puede ser transmitido por la red de forma eficiente.
- d. El conector de red Ethernet es habilitado por el chip ETRAX (*Ethernet, Token Ring, Axis*), desarrollado por Axis, el cual es una solución optimizada para conectar periféricos en la red. El chip ETRAX incluye un CPU de 32 bits, conectividad

Ethernet de 10/100 Mbits, funciones avanzadas para el manejo de memoria directa (DMA) y un amplio rango de interfaces de entrada/salida (I/O).

- e. El CPU, las memorias Flash y DRAM representan el "cerebro" de la cámara, ya que están diseñadas específicamente para aplicaciones de red y en su conjunto manejan las comunicaciones de la red y del servidor web.
- f. A través del puerto de red Ethernet, una cámara de red de alta tecnología puede enviar imágenes directamente a 10 ó más clientes ó computadoras simultáneamente, si las imágenes son enviadas a un servidor web externo en lugar de a los clientes directamente, se pueden manejar prácticamente un número ilimitado de usuarios.

Con todo esto únicamente se necesita conectar la cámara IP al Router ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) y a la alimentación eléctrica, si se piensa usar la cámara en una red local se conecta la cámara a un HUB (es un equipo de redes que permite conectar entre sí otros equipos y retransmite los paquetes que recibe desde cualquiera de ellos a todos los demás) o en un SWITCH y pasa a ser un equipo más que se comunica con el resto de la LAN (y con el exterior si la red LAN dispone de conexión a Internet)

5.1.6 ACCESO A UNA CÁMARA IP

El acceso a las cámaras se realiza vía Web Browser o mediante un software administrador, el mismo que permiten establecer varios niveles de seguridad sobre el acceso entre ellos se pueden mencionar:

- Administrador: Para poder configurar el sistema, a este usuario se debe proteger mediante una contraseña ya que mediante este usuario se puede configurar todo el sistema.
- Usuario: Para poder ver las imágenes, manejar la cámara y manejo del relé de salida. Pide un usuario y una contraseña.

- Demo: permite un acceso libre. No pide ningún tipo de identificación.

5.1.6.1 Administración del video

Un aspecto importante del sistema de video vigilancia es la gestión de video para la visualización, grabación, reproducción y almacenamiento en directo. Si el sistema está formado por una sola cámara o por pocas cámaras, la visualización y la grabación básica de video se pueden gestionar mediante la interfaz Web incorporada de las cámaras de red y los codificadores de video. Cuando el sistema consta de más cámaras, se recomienda utilizar un sistema de gestión de video en red.

Actualmente, existen cientos de sistemas de gestión de video diferentes, cubriendo diferentes sistemas operativos (Windows, UNIX, Linux y Mac OS), segmentos de mercado e idiomas. Los aspectos que deben considerarse son la elección de plataforma de hardware (PC basado en servidor o uno basado en una grabadora de video en red); plataforma de software; características del sistema, que incluyen la instalación y configuración, gestión de eventos, video inteligente, administración y seguridad; y posibilidades de integración con otros sistemas, como punto de venta o gestión de edificios.

5.1.6.1.1 Plataforma de hardware

Existen dos tipos diferentes de plataformas de hardware para un sistema de gestión de video en red: una plataforma de servidor de PC formada por uno o más PC que ejecuta un programa de software de gestión de video y uno basado en una grabadora de video en red (NVR) que es un hardware patentado con software de gestión de video preinstalado.

- *Plataformas de servidor de PC*, una solución de gestión de video basada en una plataforma de servidor de PC incluye servidores de PC y equipos de almacenamiento que se pueden seleccionar directamente con el fin de obtener un rendimiento superior para el diseño específico del sistema. Una plataforma abierta

de estas características facilita la opción de añadir funcionalidades al sistema, como un almacenamiento incrementado o externo, firewalls, protección contra virus y algoritmos de video inteligentes, en paralelo con un programa de software de gestión de video. Una plataforma de servidor de PC también se puede ampliar, permitiendo añadir cuantos productos de video en red sean necesarios. El hardware del sistema se puede ampliar o actualizar para satisfacer nuevas necesidades de rendimiento. Una plataforma abierta también permite una integración más sencilla con otros sistemas como control de acceso, gestión de edificios y control industrial. Esto permite a los usuarios gestionar video y otros controles de edificios mediante un simple programa e interfaz de usuario.

- *Plataforma NVR*, un grabador de video en red se presenta como una caja de hardware con funcionalidades de gestión de video preinstaladas. En este sentido, un NVR es parecido a un DVR. (Algunos DVR, también llamados DVR híbridos, incluyen una función NVR, es decir, la capacidad también de grabar video basado en red). Un hardware de NVR normalmente está patentado y diseñado específicamente para gestión de video. Está dedicado a sus tareas específicas de grabación, análisis y reproducción de video en red y normalmente no permite que ninguna otra aplicación se conecte a éste. El sistema operativo puede ser Windows, UNIX/Linux o patentado. Un NVR está diseñado para ofrecer un rendimiento óptimo para un conjunto de cámaras y normalmente es menos escalable que un sistema basado en servidor de PC. Esto permite que la unidad resulte más adecuada para sistemas más pequeños donde el número de cámaras se encuentra dentro de los límites de la capacidad de diseño de un NVR.

5.1.6.1.2 Plataforma de software

Se pueden utilizar plataformas de software diferentes para gestionar video. Implican el uso de interfaz Web incorporada, o el uso de un programa de software de gestión de video independiente que es una interfaz basada en Windows o en Web.

- *Funcionalidad incorporada*, se puede acceder a las cámaras de red por medio de la red introduciendo la dirección IP del producto en el campo Dirección/Ubicación de un navegador Web de un computador. Una vez se ha conectado con el producto de video en red, se visualiza de forma automática en el navegador la “página inicial” del producto junto con los enlaces a las páginas de configuración del producto. La interfaz Web incorporada de los productos de video en red de Axis ofrece funciones de grabación simples: grabación manual de secuencias de video (H.264, MPEG-4, Motion JPEG) a un servidor haciendo clic en un icono; o grabación activada por evento de imágenes JPEG individuales a una o varias ubicaciones. La grabación activada por evento de secuencias de video es posible con productos de video en red que admiten almacenamiento local. Para obtener una mayor flexibilidad y más funcionalidades de grabación en términos de modos (por ejemplo, grabaciones continuas o programadas), se requiere un programa de software de gestión de video independiente. La configuración y gestión de un producto de video en red mediante su interfaz Web incorporada sólo funciona cuando se tiene un sistema con número reducido de cámaras.
- *Software basado el cliente de Windows*, cuando se llega a programas de software independientes para gestión de video, los programas basados en cliente de Windows son los más populares. Los programas de software basados en Web también están disponibles. Con un programa basado en cliente de Windows, primero se debe instalar el software de gestión de video en el servidor de grabación. Después, se puede instalar un programa de software de cliente de visualización en el mismo servidor de grabación o en cualquier PC, ya sea localmente en la misma red donde se encuentra el servidor de grabación o remotamente en una estación de visualización ubicada en una red independiente. En algunos casos, la aplicación cliente también permite a los usuarios cambiar entre diferentes servidores que tengan el software de gestión de video instalado y, de este modo, hacer posible la gestión de video en un sistema grande o en muchos sitios remotos.
- *Software basado en web*, primero se debe instalar un programa de software de gestión de video basado en Web en un servidor de PC que sirva tanto de servidor

Web como de grabación. Esto permite a los usuarios de cualquier parte y con cualquier tipo de computador conectado a la red acceder al servidor de gestión de video y, así a los productos de video en red que gestiona, simplemente utilizando un navegador Web.

5.1.6.2 Grabación de video

Se puede grabar video manualmente, de forma continuada y por activación (movimiento o alarma) y se pueden programar grabaciones continuas y activadas para que se ejecuten en horas seleccionadas durante cada día de la semana. Las grabaciones continuas suelen utilizar más espacio de disco que las grabaciones activadas por alarma. Una detección de movimiento de video o entradas externas por el puerto de entrada de una cámara o codificador de video puede que activen la grabación activada por alarma. Mediante las grabaciones programadas, se pueden configurar los horarios tanto para las grabaciones continuas como para las activadas por alarma o movimiento.

Una vez esté seleccionado el tipo de método de grabación, la calidad de las grabaciones se puede especificar seleccionando el formato de video (p. ej. H.264, MPEG-4, Motion JPEG), la resolución, el nivel de compresión y la frecuencia de imagen. Estos parámetros afectarán la cantidad de ancho de banda utilizado, así como el tamaño del espacio de almacenamiento requerido. Los productos de video en red pueden tener capacidades de frecuencia de imagen diversas en función de la resolución. Grabar y/o visualizar a frecuencia de imagen máxima (considerada como 30 imágenes por segundo en estándar NTSC y 25 en estándar PAL) en todas las cámaras y en todo momento supera lo que se requiere para la mayoría de aplicaciones. Las frecuencias de imagen en condiciones normales se pueden configurar a un nivel más bajo.

5.1.6.2.1 Almacenamiento

La mayor parte de software de gestión de video utiliza el sistema de ficheros de Windows estándar para el almacenamiento, así que se puede utilizar cualquier disco del sistema o conectado a la red para el almacenamiento de video. Un programa de software de gestión de video puede activar más de un nivel de almacenamiento. Por ejemplo, las grabaciones se efectúan en un disco duro principal (el disco duro local) y el archivo se realiza en discos locales, conectados a la red o discos duros remotos. Los usuarios pueden especificar cuánto tiempo deben permanecer las imágenes en el disco duro principal antes que se eliminen automáticamente o se muevan al disco de archivo. También pueden evitar que se eliminen automáticamente los videos activados por eventos, señalándolos de forma especial o bloqueándolos en el sistema.

5.1.7 RESOLUCIONES

La resolución en un mundo digital o analógico es parecida, pero existen algunas diferencias importantes sobre su definición. En el video analógico, una imagen consta de líneas o líneas de TV, puesto que la tecnología de video deriva de la industria de la televisión. En un sistema digital, una imagen está formada por píxeles cuadrados.

5.2 SOPORTE DE AUDIO

5.2.1 INTRODUCCIÓN

El audio integrado en un sistema de videovigilancia puede suponer una gran ventaja para un sistema a la hora de detectar e interpretar eventos y situaciones de emergencia. La capacidad del audio de cubrir un área de 360 grados permite que el sistema de videovigilancia amplíe su cobertura más allá del campo de visión de la cámara. Puede dar órdenes a una cámara PTZ o una cámara domo PTZ (o alertar a quien las opere) para comprobar visualmente una alarma de audio.

El audio también se puede utilizar para proporcionar a los usuarios la capacidad de escuchar lo que pasa en un área, además de comunicar órdenes o peticiones a los visitantes o intrusos. Por ejemplo, si una persona que se encuentra en el campo de visión de la cámara muestra un comportamiento sospechoso, como merodear cerca de un cajero automático, o es vista entrando en un área restringida, un guardia de seguridad remoto puede advertir verbalmente a esa persona. En una situación en la que una persona resulta herida también puede ser beneficioso poder comunicarse a distancia con ella o avisarle de que ya acuden en su ayuda. Otra área de aplicación es el control de acceso, es decir, un “portero” remoto en la entrada. Otras aplicaciones incluyen una situación de asistencia remota (por ejemplo, un garaje no controlado) y la videoconferencia. Un sistema de vigilancia audiovisual aumenta la efectividad de una solución de seguridad o supervisión a distancia gracias a la mejora de la capacidad del usuario para recibir y comunicar información a distancia.

5.2.2 SOPORTE DE AUDIO Y EQUIPOS

El soporte de audio es más fácil de implementar en un sistema de video en red que en un sistema analógico CCTV. En un sistema analógico, los distintos cables de audio y video se deben instalar de extremo a extremo, es decir: desde la ubicación de la cámara y el micrófono hasta la ubicación de visualización/grabación. Si la distancia entre el micrófono y la estación de vigilancia es demasiado grande, se deberá utilizar un equipo de línea equilibrada de audio, lo que aumenta el coste y las dificultades de instalación. En un sistema de video en red, una cámara de red con soporte de audio procesa el audio y envía tanto el audio como el video a través del mismo cable de red para supervisarlos o grabarlos. Esto elimina la necesidad de un cable adicional y facilita la tarea de sincronización de audio y video.



Fig. 5.17: Sistema de cámara IP con soporte de audio integrado

Las transmisiones de audio y video se envían a través del mismo cable. Una cámara de red con la funcionalidad de audio integrado incluye a menudo un micrófono integrado y/o toma de entrada de micrófono/línea. Con el soporte de entrada de micrófono/línea los usuarios tienen la opción de utilizar otro tipo o calidad de micrófono que el que integra la cámara o codificador de video. También permite que el producto de video en red se conecte a más de un micrófono, y éste puede ubicarse a cierta distancia de la cámara. El micrófono se debería colocar siempre lo más cerca posible a la fuente de sonido para poder reducir el ruido.

5.2.3 MODOS DE AUDIO

En función de la aplicación, es posible que sea necesario enviar audio sólo en una dirección o en ambas direcciones, lo que puede hacerse de forma simultánea o en una dirección cada vez. Hay tres modos básicos de comunicación de audio: simplex, semidúplex y dúplex completo.

5.2.3.1 Simplex

En el modo simplex, el audio sólo se envía en una dirección. En este caso, el audio se envía de la cámara al operador. Las aplicaciones incluyen supervisión a distancia y video vigilancia.



Fig. 5.18: Modo simplex

En la figura 5.18 de modo simplex, el audio lo envía el operador a la cámara. Se puede utilizar, por ejemplo, para dar instrucciones de voz a una persona que se ve a través de la cámara.

5.2.3.2 Semidúplex

En el modo semidúplex, el audio se envía en ambas direcciones, pero sólo puede enviar una de las partes cada vez. Este modo es similar a un walkie-talkie.

5.2.3.3 Dúplex completo

En el modo dúplex completo, el audio se envía a y desde el operador simultáneamente. Este modo de comunicación es similar a una conversación telefónica. El dúplex completo requiere que el PC cliente disponga de una tarjeta de sonido con soporte para audio dúplex completo.

5.3 CONSIDERACIONES SOBRE ANCHO DE BANDA Y ALMACENAMIENTO PARA LAS CÁMARAS IP

Los requisitos de ancho de banda y almacenamiento de red son aspectos importantes en el diseño de sistemas de video vigilancia. Entre los factores se incluyen el número de cámaras, la resolución de imagen utilizada, el tipo y relación de compresión, frecuencias de imagen y complejidad de escenas.

5.3.1 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es la medición de la cantidad de información que puede fluir desde un lugar hacia otro en un período de tiempo determinado. Existen dos usos comunes del término ancho de banda: uno se refiere a las señales analógicas y el otro, a las señales digitales. También suele usarse el término ancho de banda de un bus del computador para

referirse a la velocidad a la que se transfieren los datos por ese bus, suele expresarse en bytes por, y se calcula multiplicando la frecuencia de trabajo del bus, en ciclos por segundo por el número de bytes que se transfieren en cada ciclo

El ancho de banda es un concepto muy útil. Sin embargo, tiene sus limitaciones. No importa de qué manera usted envía los mensajes, ni cuál es el medio físico que utiliza, el ancho de banda siempre es limitado. Esto se debe tanto a las leyes de la física como a los avances tecnológicos actuales.

La Tabla 5.2, muestra la velocidad de algunos medios de transmisión, incluyendo las limitaciones de longitud, para algunos medios comunes de networking. Se debe tomar en cuenta que los límites son tanto físicos como tecnológicos.

VELOCIDAD DE ALGUNOS MEDIOS TÍPICOS DE TRANSMISIÓN		
Medios típicos	Velocidad	Distancia física máxima
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10BASE2)	10-100 Mbps	185m
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10BASE5)	10-100 Mbps	500m
Par trenzado no blindado de categoría 5 (UTP)(Ethernet 10BASE-T y 100BASE-TX)	10 Mbps	100m
Par trenzado no blindado mejorado categoría 5 (UTP) (Ethernet 10BASE-T, Fast Ethernet 100BASE-TX y 1000BASE-T)	100 Mbps	100m
Fibra óptica multimodo (62,5/125mm) 100BASEFX, 1000BASE-SX	100 Mbps	2000m
Fibra óptica monomodo (núcleo de 9/125mm) 1000BASE-LX	1000 Mbps (1.000 Gbps)	3000m
Inalámbrico	11Mbps	Unos 100 metros

Tabla 5.2: *Velocidades de diferentes medios de transmisión*

Existe otro concepto importante que se debe tener en cuenta: el *rendimiento*.

El rendimiento generalmente se refiere al ancho de banda real medido, en un momento específico del día, usando rutas específicas de Internet, mientras se descarga un archivo específico. Desafortunadamente, por varios motivos, el rendimiento a menudo es mucho menor que el ancho de banda digital máximo posible del medio que se está usando. Algunos de los factores que determinan el rendimiento y el ancho de banda son los siguientes:

- dispositivos de internetworking
- tipo de datos que se transfieren
- topología
- cantidad de usuarios
- computador del usuario
- computador del servidor

Al diseñar una red, es importante tener en cuenta el ancho de banda teórico. La red no será más rápida que lo que los medios permiten.

Para un perfecto funcionamiento de la imagen del sistema IP se debe tener en cuenta las siguientes características:

5.3.1.1 El tamaño de la imagen:

Cada sistema de visualización ofrece distintos tamaños para visualizar las cámaras, a mayor tamaño mayor consumo de ancho de banda.

5.3.1.2 La Frame por segundo (FPS):

Es el número de fotogramas por segundo que envía el sistema. El mínimo número de fotogramas para ver video en Internet es de 15 FPS por cada cámara.

Cada sistema de monitoreo tiene un número de FPS determinado, si se instalan varias cámaras se debe dividir este por el número de cámaras.

EJ: sistema de vigilancia con 30 FPS.

Si se tiene una cámara se tiene 30 FPS

Si se tiene 2 cámaras se tienen 15 FPS para cada cámara

Si se tiene 3 cámaras se tienen 10 FPS para cada cámara

Si se tiene 4 cámaras se tienen 7.5 FPS para cada cámara

Mientras más cámaras tenga activas en modo de visualización menor es el número de FPS y menor la velocidad de visualización, viéndose lento y pausado.

5.3.1.3 La compresión:

Cuando se digitaliza una secuencia de video analógico cualquiera de acuerdo al estándar ITU-R BT.601 (CCIR 601), se requiere un ancho de banda de 116 Mbit/segundo ó de 116 millones de bits cada segundo. Dado que la mayoría de las redes son sólo de 100 Mbit/segundo, no es posible ni deseable transmitir las secuencias de video sin alguna modificación. Para solucionar este problema se han desarrollado una serie de técnicas denominadas técnicas de compresión de video e imágenes, que reducen el alto nivel de bits precisos para transmisión y almacenamiento.

Cada sistema de vigilancia o cámara IP usa distintos tipos de formato, algunos son estándar y no se pueden configurar, otras permiten la opción de configuración.

Existe un sin número de formatos de compresión como son: JPEG, M-JPEG, MPEG, AVi, entre otros.

Dada su simplicidad, M-JPEG es una buena elección para su uso en múltiples aplicaciones. JPEG es un estándar muy popular y en muchos sistemas se usa por defecto.

MPEG es de hecho bastante más complejo que lo indicado anteriormente, e incluye parámetros como la predicción de movimiento en una escena y la identificación de objetos que son técnicas o herramientas que utiliza MPEG. Además, diferentes aplicaciones pueden hacer uso de herramientas diferentes, por ejemplo comparar una aplicación de vigilancia en tiempo real con una película de animación.

5.3.1.4 Velocidad de conexión

En Ecuador existen varias empresas o compañías que brindan diferentes velocidades y tipos de conexión. Es importante verificar cuál es la velocidad real de conexión para poder saber si los sistemas IP o DVR funcionarán adecuadamente al visualizarlos remotamente o por Internet.

Además se debe conocer el tipo de conexión ofrecida, si se ofrece dirección IP pública fija o privada.

5.3.1.5 IP Pública Fija

Una única IP que identifica la red desde el exterior es asignada por el proveedor ideal para el monitoreo de las cámaras.

5.3.1.6. IP Privada

Una IP que identifica a un dispositivo conectado en la red interna.

5.3.1.7 Velocidad Real de conexión

Técnica utilizada por el proveedor de Internet para la conexión de los usuarios, estos se ubican en un mismo canal y se disminuye el ancho de banda real.

Es importante que se compruebe cual es la velocidad real que se está ofreciendo, de ello depende la óptima visualización de los sistemas de vigilancia DVR o IP.

5.3.2 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA Y ALMACENAMIENTO

Los productos de video en red utilizan el ancho de banda de red y el espacio de almacenamiento basándose en sus configuraciones y dependen de los siguientes factores:

- Número de cámaras
- Si la grabación será continua o basada en eventos
- Número de horas al día que la cámara estará grabando
- Imágenes por segundo
- Resolución de imagen
- Tipo de compresión de video: Motion JPEG, MPEG-4, H.264
- Escena: Complejidad de imagen (p. ej. pared gris o un bosque), Condiciones de luz y cantidad de movimiento (entorno de oficina o estaciones de tren con mucha gente)
- Cuanto tiempo deben almacenarse los datos

5.3.2.1 Requisitos de ancho de banda

En un sistema de vigilancia reducido compuesto de 8 a 10 cámaras, se puede utilizar un switch de red básico de 100 Megabits (Mbit) sin tener que considerar limitaciones de ancho de banda. La mayoría de las empresas pueden implementar un sistema de vigilancia de este tamaño utilizando la red que ya tienen.

Cuando se implementan 10 o más cámaras, la carga de red se puede calcular con algunas reglas generales:

- Una cámara configurada para ofrecer imágenes de alta calidad a altas frecuencias de imagen utilizará aproximadamente de 2 a 3 MHz del ancho de banda disponible de la red.
- De 12 a 15 cámaras, considere el uso de un switch con una red troncal de un gigabit. Si se utiliza un switch compatible con un gigabit, el servidor que ejecuta el software de gestión de video debería tener un adaptador para redes de un gigabit instalado.

Las tecnologías que permiten la gestión del consumo de ancho de banda incluyen el uso de VLAN en una red conmutada, Calidad de Servicio y grabaciones basadas en eventos.

5.3.2.2 Cálculo de requisitos de almacenamiento

Como se ha mencionado anteriormente, el tipo de compresión de video utilizado es uno de los factores que afectan a los requisitos de almacenamiento. El formato de compresión H.264 es la técnica de compresión de video más eficiente que existe actualmente. Sin asegurar calidad de imagen, un codificador H.264 puede reducir el tamaño de un archivo de video digital en más de un 80% comparado con el formato Motion JPEG y en más de un 50% con el estándar MPEG-4 (Parte 2). Esto significa que se necesita mucho menos ancho de banda de red y espacio de almacenamiento para un archivo de video H.264. En las siguientes tablas, se proporcionan los cálculos de almacenamiento de muestra de los tres formatos de compresión. A causa de diversas variables que afectan a los niveles de frecuencia de bits media, los cálculos no son tan claros para los formatos H.264 y MPEG-4. Con relación a Motion JPEG, existe una fórmula clara porque cada imagen es un fichero individual. Los requisitos de almacenamiento para las grabaciones en Motion JPEG varían en función de la frecuencia de imagen, la resolución y el nivel de compresión.

Cálculo en H.264:

Velocidad binaria aprox./8 (bits en un byte) x 3.600s = KB por hora/1.000 = MB/hora, MB por hora x horas de funcionamiento diarias/1.000 = GB/día, GB por día x período de almacenamiento solicitado = Necesidades de almacenamiento.

Cámara	Resolución	Velocidad binaria aprox. (Kbps)	Imágenes por segundo	MB/hora	Horas de funcionamiento	GB/día
No. 1	CIF	110	5	49.5	8	0.4
No. 2	CIF	250	15	112.5	8	0.9
No. 3	4CIF	600	15	270	12	3.2
Capacidad total para las 3 cámaras y 30 días de almacenamiento = 135 GB						

Tabla 5.3: Cifras del formato H.264

Las cifras de la tabla 5.3, están basadas en muchos movimientos en una escena. Con algunos cambios en una escena, las cifras pueden ser un 20% inferior. La cantidad de movimiento de una escena puede tener un gran impacto en el almacenamiento requerido.

Cálculo en MPEG-4:

Velocidad binaria aprox./8 (bits en un byte) x 3.600s = KB por hora/1.000 = MB/hora, MB por hora x horas de funcionamiento diarias/1.000 = GB/día, GB por día x período de almacenamiento solicitado = Necesidades de Almacenamiento

Nota: La fórmula no tiene en cuenta la cantidad de movimiento, factor importante que puede influir en el tamaño del almacenamiento requerido.

Cámara	Resolución	Velocidad binaria aprox. (Kbps)	Imágenes por segundo	MB/hora	Horas de funcionamiento	GB/día
--------	------------	---------------------------------	----------------------	---------	-------------------------	--------

No. 1	CIF	170	5	76.5	8	0.6
No. 2	CIF	400	15	180	8	1.4
No. 3	4CIF	880	15	396	12	5
Capacidad total para las 3 cámaras y 30 días de almacenamiento = 204 GB						

Tabla 5.4: Cifras del formato MPEG-4

Cálculo en Motion JPEG:

Tamaño de imagen x imágenes por segundo x 3.600s = kilobyte (KB) por hora/1.000 = MB/hora, MB por hora x horas de funcionamiento diarias/1.000 = GB/día, GB por día x período de almacenamiento solicitado = Necesidades de almacenamiento.

Cámara	Resolución	Velocidad binaria aprox. (Kbps)	Imágenes por segundo	MB/hora	Horas de funcionamiento	GB/día
No. 1	CIF	13	5	234	8	1.9
No. 2	CIF	13	15	702	8	5.6
No. 3	4CIF	40	15	2160	12	26
Capacidad total para las 3 cámaras y 30 días de almacenamiento = 1.002 GB						

Tabla 5.5: Cifras del formato Motion JPEG

5.3.2.3 Almacenamiento basado en servidor

En función de la CPU del servidor de PC, la tarjeta de red y la RAM interna, un servidor puede gestionar un determinado número de cámaras, imágenes por segundo y tamaño de imágenes. La mayoría de los PC admiten entre dos y cuatro discos duros con una capacidad cada uno que puede llegar a aproximadamente 300 gigabytes (GB). En una instalación entre pequeña y media, el PC que ejecuta el software de gestión de video también se utiliza para la grabación de video. Esto se denomina almacenamiento directamente conectado.

Por ejemplo, un disco duro con el software de gestión de video está preparado para almacenar grabaciones procedentes de seis hasta ocho cámaras. De 12 hasta 15 cámaras, se deben utilizar al menos dos discos duros para dividir la carga. Para 50 cámaras o más, se recomienda utilizar un segundo servidor.

CAPÍTULO VI

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores se presentó un estudio de los sistemas robóticos de interacción remota basada en internet tanto las tareas que se pueden llevar a cabo usando este tipo de sistemas como las ventajas y desventajas de utilizar internet como medio de control, y la estrategia adecuada para el control de los sistemas basados en internet. Además de haber realizado un estudio de las Cámaras Ip como medio de realimentación visual.

El presente capítulo discute sobre los servidores web embebidos como el PINK (Parallax Internet Netburner Kit), así como la forma de comunicación de éstos con los microcontroladores (BASIC STAMP 2) y la manera de lograr la recolección de datos del medio ambiente en el que se encuentra el sistema, además del diseño e implementación de un sistema robótico móvil controlado desde internet mediante WI-FI.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS

6.2.1 SENSORES

Un sensor o captador, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sea capaz de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc., todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

En general, la mayoría de los sensores pueden ser divididos en dos grandes grupos:

1. Sensores analógicos
2. Sensores Digitales

6.2.1.1 Sensores Analógicos

Un sensor analógico es aquel que puede entregar una salida variable dentro de un determinado rango. Un Sensor analógico, como por ejemplo una Fotorresistencia (estos componentes miden intensidad de luz), puede ser cableado en un circuito que pueda interpretar sus variaciones y entregar una salida variable con valores entre 0 y 5 volts.

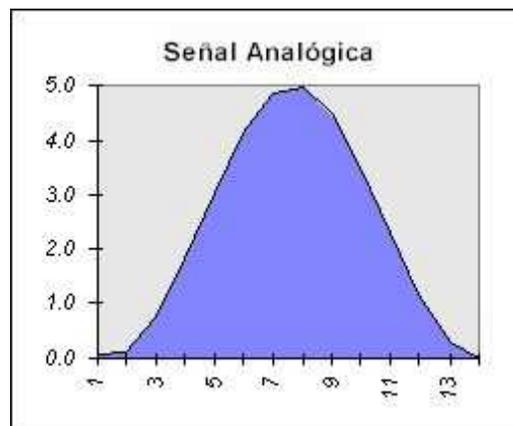


Fig. 6.1: Sensores analógicos

6.2.1.2 Sensores Digitales

Un sensor digital es aquel que entrega una salida del tipo discreta. Es decir, que el sensor posee una salida que varía dentro de un determinado rango de valores, pero a diferencia de los sensores analógicos, esta señal varía de a pequeños pasos pre-establecidos.

Por ejemplo consideremos un botón pulsador, el cual es uno de los sensores más básicos. Posee una salida discreta de tan solo dos valores, estos pueden ser abierto o cerrado.

Los sensores discretos más comúnmente usados en robótica entregan una salida del tipo binaria las cuales poseen dos estados posibles (0 y 1). La distinción entre analógico y digital es muy importante a la hora de tomar la decisión para determinar que sensores se usarán. Esta decisión depende en gran medida de la capacidad y características de la controladora que se usará.

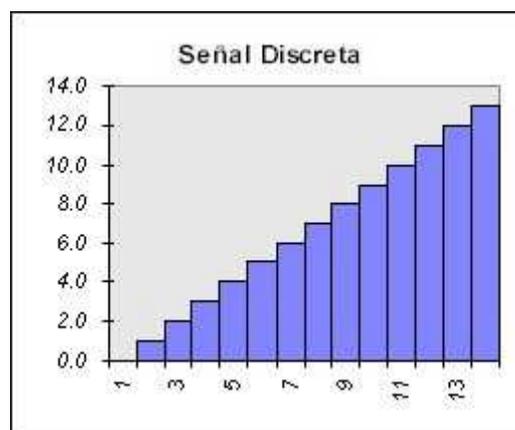


Fig. 6.2: Sensores digitales

6.2.1.3 Tipos de Sensores

Sensores de posición: Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio, dentro de este grupo se encuentra los siguientes tipos de captadores:

- **Los captadores fotoeléctricos:** La construcción de este tipo de sensores, se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser etc...) y una célula receptora de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR etc.

Este tipo de sensores, se encuentra basado en la emisión de luz, y en la detección de esta emisión realizada por los fotodetectores.

Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, podemos dividir este tipo de sensores en: sensores por barrera o sensores por reflexión.

Sensores por barrera. Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.

Sensores por reflexión; La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

Sensores de contacto: Estos dispositivos, son los más simples, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar. Su simplicidad de construcción añadido a su robustez, los hacen muy empleados en robótica.

Sensores de circuitos oscilantes: Este tipo de sensores, se encuentran basados en la existencia de un circuito en el mismo que genera una determinada oscilación a una frecuencia prefijada, cuando en el campo de detección del sensor no existe ningún objeto, el circuito mantiene su oscilación de un manera fija, pero cuando un objeto se encuentra dentro de la zona de detección del mismo, la oscilación deja de producirse, por lo que el objeto es detectado. Estos tipos de sensores son muy utilizados como detectores de presencia, ya que al no tener partes mecánicas, su robustez al mismo tiempo que su vida útil es elevada.

Sensores por ultrasonidos: Este tipo de sensores, se basa en el mismo funcionamiento que los de tipo fotoeléctrico, ya que se emite una señal, esta vez de tipo ultrasónica, y esta señal es recibida por un receptor. De la misma manera, dependiendo del camino que realice la señal emitida podremos diferenciarlos entre los que son de barrera o los de reflexión.

Sensores de esfuerzos: Este tipo de sensores se encuentran basados en su mayor parte en el empleo de galgas extensométrica, que son unos dispositivos que cuando se les aplica una fuerza, ya puede ser una tracción o una compresión, varía su resistencia eléctrica, de esta forma podemos medir la fuerza que se está aplicando sobre un determinado objeto.

Sensores de Movimientos: Este tipo de sensores es uno de los más importantes en robótica, ya que nos da información sobre las evoluciones de las distintas partes que forman el robot, y de esta manera podemos controlar con un grado de precisión elevada la evolución del robot en su entorno de trabajo.

Dentro de este tipo de sensores podemos encontrar los siguientes:

- **Sensores de deslizamiento:** Este tipo de sensores se utiliza para indicar al robot con que fuerza ha de coger un objeto para que este no se rompa al aplicarle una fuerza excesiva, o por el contrario que no se caiga de las pinzas del robot por no sujetarlo debidamente. Su funcionamiento general es simple, ya que este tipo de sensores se encuentran instalados en el órgano aprehensor (pinzas), cuando el robot decide coger el objeto, las pinzas lo agarran con una determinada fuerza y lo intentan levantar, si se produce un pequeño deslizamiento del objeto entre las pinzas, inmediatamente es incrementada la presión de las pinzas sobre el objeto, y esta operación se repite hasta que el deslizamiento del objeto se ha eliminado gracias a aplicar la fuerza de agarre suficiente.
- **Sensores de Velocidad:** Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto tanto sea lineal como angular, pero la aplicación más conocida de este tipo de sensores es la medición de la velocidad angular de los motores que mueven las distintas partes del robot. La forma más popular de conocer la velocidad del giro de un motor, es utilizar para ello una dinamo tacométrica acoplada al eje del que queremos saber su velocidad angular, ya que este dispositivo nos genera un nivel determinado de tensión continua en función de la velocidad de giro de su eje, pues

si conocemos a que valor de tensión corresponde una determinada velocidad, podremos averiguar de forma muy fiable a qué velocidad gira un motor. De todas maneras, este tipo de sensores al ser mecánicos se deterioran, y pueden generar errores en las medidas.

Existen también otros tipos de sensores para controlar la velocidad, basados en el corte de un haz luminoso a través de un disco perforado sujetado al eje del motor, dependiendo de la frecuencia con la que el disco corte el haz luminoso indicará la velocidad del motor.

Sensores de Aceleración: Este tipo de sensores es muy importante, ya que la información de la aceleración sufrida por un objeto o parte de un robot es de vital importancia, ya que si se produce una aceleración en un objeto, este experimenta una fuerza que tiende a poner el objeto en movimiento.

Supongamos el caso en que un brazo robot industrial sujeta con una determinada presión un objeto en su órgano terminal, si al producirse un giro del mismo sobre su base a una determinada velocidad, se provoca una aceleración en todo el brazo, y en especial sobre su órgano terminal, si esta aceleración provoca una fuerza en determinado sentido sobre el objeto que sujeta el robot y esta fuerza no se ve contrarrestada por otra, se corre el riesgo de que el objeto salga despedido del órgano aprehensor con una trayectoria determinada, por lo que el control en cada momento de las aceleraciones a que se encuentran sometidas determinadas partes del robot son muy importantes.

6.2.1.4 Sensor IR de Obstáculos

Se trata de un detector IR de obstáculos que detecta la presencia de un objeto sin contacto físico con el mismo. Consiste en un emisor/detector de luz infrarroja modulada, lo que lo hace inmune a interferencias provocadas por otras fuentes de luz como la luz normal de una

bombilla o la luz del Sol. En reposo proporciona un nivel lógico "1", pero cuando la luz que emite el LED (emisor) rebota contra un objeto es recibida por el detector (receptor) y tratada para pasar a nivel lógico "0" (si la señal captada es suficientemente fuerte). Así pues, se ubica dos sensores de este tipo en parte delantera del robot móvil, a su izquierda y derecha para evitar que el robot tenga contacto con cualquier obstáculo y sufra algún daño.

El dispositivo dispone de un orificio (Fig. 6.3) que permite una flexible instalación y sujeción del mismo sobre cualquier tipo de estructura.

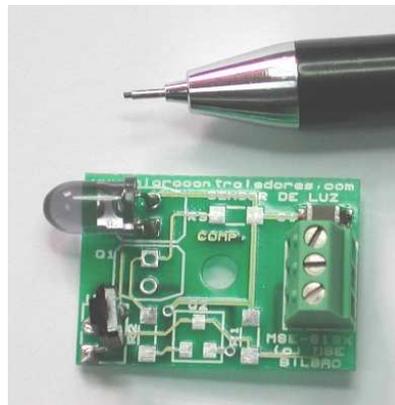


Fig. 6.3: *Sensor IR de obstáculos MSE-S135*

El dispositivo MSE-S135 no necesita de ningún ajuste especial. En determinadas aplicaciones quizá se deba mover ligeramente la orientación tanto del emisor IR como del receptor, al objeto de orientar el haz de luz infrarroja.

En primer lugar se alimenta el circuito con +5Vcc. Con ayuda de un voltímetro se mide la señal de salida entre GND y OUT (conexiones 2 y 3 de la borna). Cuando no se detecta ningún obstáculo (reposo), la tensión medida en OUT debe ser de unos 5Vcc (nivel lógico "1"). Al colocar un objeto frente al circuito, a una distancia de unos 70mm o menos (depende del color del objeto), se debe medir una tensión de 0Vcc (nivel lógico "0").

El dispositivo MSE-S135 es capaz de detectar objetos a distancia, sin necesidad de que haya contacto físico con los mismos. Entre las numerosas aplicaciones posibles cabe citar las siguientes:

- Automatismos y control industrial. Detección de presencia, detección de posicionamiento, detección de paso de piezas, encoders, finales de carrera, etc.
- Robótica y microbótica. Detección de obstáculos, protección, posicionamiento, etc.

6.2.1.5 Otros Sensores

- **SENSOR DE SONIDO:** Este tipo de detector es recomendable en viviendas con grandes cristalerías. El micrófono que incluye recoge la señal de ruido como puede ser el de la rotura de cristales. Esta señal es amplificada y si alcanza un determinado nivel, proporciona un nivel lógico "1". Dispone de un pequeño potenciómetro con el que podremos ajustar el nivel de disparo y de esta manera aislar otras fuentes de ruido no significativas. El lugar idóneo sería en el techo de la estancia donde se encuentran los grandes ventanales.



Fig. 6.4: Sensor de Sonido MSE-S100

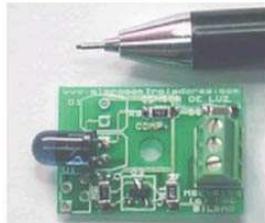
- **SENSOR DE PROXIMIDAD:** Se trata de un sensor PIR (Passive Infra.Red) que tiene un pin de salida que pasa a nivel alto (5 Volts) por un par de segundos cada vez que registra movimiento o cambios en el patrón IR de la habitación. Es el típico sensor empleado en multitud de sistemas de alarma, normalmente conectado a un

LED rojo que se enciende cada vez que alguien se mueve o en interruptores de iluminación que encienden las luces cuando alguien se aproxima.



Fig. 6.5: Sensor PIR

- **SENSOR DE LUZ:** Este sensor capta la variación de luz, que después la condiciona y amplifica para proporcionar una tensión de salida de la que obtendremos un nivel lógico "1" para el circuito Basic Stamp 2 (BS2). Será útil para ubicarlo en aquellos sitios donde se guarda algo de valor y que para acceder a este sea necesario abrir o destapar algún compartimiento (cajón, armario, compartimiento secreto, detrás de un cuadro,...) Cuando el sensor reciba la luz del entorno o de alguna linterna, este simplemente "se activará".



MSE-S130

Fig. 6.6: Sensor de Luz MSE-S130

6.2.2 MICROCONTROLADOR BASIC STAMP 2

El BASIC Stamp 2 es un pequeño computador que ejecuta programas en lenguaje PBASIC. El BS2-IC tiene 16 pines de (entrada / salida) I/O que pueden ser conectados directamente a

dispositivos digitales o de niveles lógicos, tales como botones, diodos LEDs, altavoces, potenciómetros, y registros de desplazamiento. Además, con unos pocos componentes extras, estos pines de I/O pueden ser conectados a dispositivos tales como solenoides, relay, servomotores, motores de paso a paso, y otros dispositivos de alta corriente o tensión.

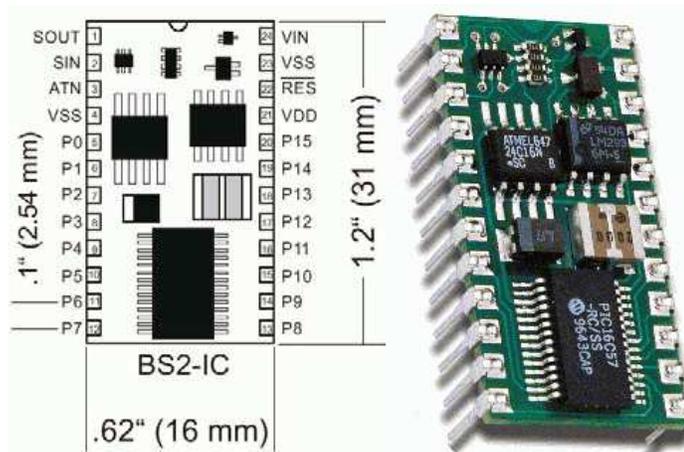


Fig. 6.7: Esquema BS2

Fig. 6.8: Basic Stamp 2

6.2.2.1 Formato de conversión numérica del BS2

El editor PBASIC utiliza símbolos para identificar los distintos sistemas numéricos. Los números hexadecimales se representan con el signo de moneda (\$), los números binarios con el símbolo de porcentaje (%), los caracteres ASCII encerrados entre comillas (") y los números decimales de forma directa. Vea el siguiente ejemplo:

75	'Decimal
%01001	'Binario
\$65	'Hexadecimal
"A"	'ASCII "

Las 3 instrucciones siguientes contienen el mismo significado:

DIRS = 14
DIRS = \$E
DIRS = %1110

6.2.2.2 Funcionamiento interno del BS2

El diseño físico consiste en un regulador de 5+ voltios, un oscilador de 20 MHz, una memoria EEPROM de 2K, un detector de bajo voltaje e chip intérprete PBASIC. Un programa compilado en PBASIC es almacenado en la EEPROM, desde donde el chip intérprete grabado en el microcontrolador lee y escribe las instrucciones.

Este chip intérprete ejecuta una instrucción cada vez, realizando la operación apropiada en los pines de I/O o en la estructura interna del chip intérprete. Debido a que el programa PBASIC es almacenado en una EEPROM, puede ser reprogramado una cantidad cercana a 10 millones de veces.

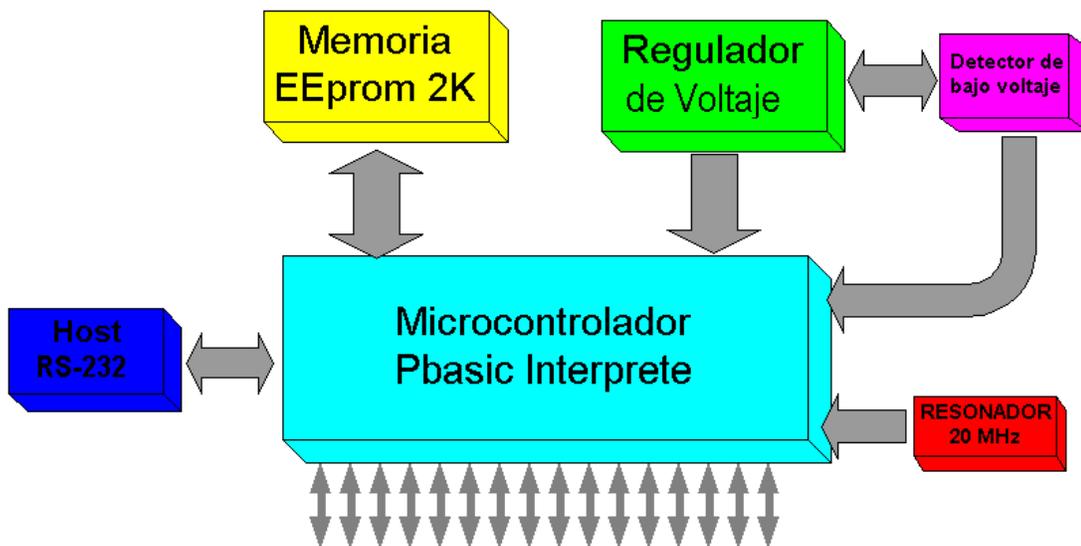


Fig. 6.9: Diagrama en bloque del Basic Stamp 2

El Basic Stamp 2 es capaz de almacenar entre 500 y 600 instrucciones de alto nivel (PBASIC) y ejecuta un promedio de 4000 instrucciones de segundo.

Para programar el BS2-IC, simplemente conéctele un cable serial preparado entre el BS2 y un PC, y ejecute el software editor para crear y descargar su programa, a través del cable serial.

6.2.2.3 Variedad según sus requerimientos

Los Basic Stamp están disponibles en diversos tamaños y velocidades, todas las versiones poseen el mismo diseño lógico, que consiste en un regulador de voltaje, osciladores, EEPROM, y chip PBASIC intérprete. El programa en PBASIC es almacenado en la memoria EEPROM, el cual es leído por el chip intérprete. Este chip interprete "extrae" las instrucciones una a la vez y realiza la operación adecuada en los pines I/O o en las estructuras internas dentro del chip interprete. Como el programa PBASIC es almacenado en la memoria EEPROM, Las Basic Stamp pueden ser programadas y reprogramadas millones de veces, sin necesidad de borrar la memoria. Para programar una BASIC Stamp, sólo debe conectarla a un PC o compatible y hacer correr el software editor para editar y descargar sus programas.

6.2.2.4 Ventajas del BS2 con otros microcontroladores

La gran ventaja de los BS2 respecto a otros microcontroladores es sin duda que incorporan un chip intérprete de PBASIC, permitiendo ahorrar muchísimo tiempo en el desarrollo de aplicaciones dada su sencillez. El PBASIC es un lenguaje de programación basado en un BASIC estructurado orientado a entrada y salida de señales. La utilización de sencillas instrucciones de alto nivel, permite programar los Basic Stamp para controlar cualquier aplicación llevada a cabo por un microcontrolador.

Las instrucciones de PBASIC permiten controlar las líneas de (entrada / salida), realizar temporizaciones, realizar transmisiones serie asincrónica, utilizar el protocolo SPI, programar pantallas LCD, capturar señales analógicas, emitir sonidos, etc. y todo ello en un sencillo entorno de programación que facilita la creación de estructuras condicionales y repetitivas con instrucciones como IF...THEN o FOR...NEXT y la creación de etiquetas de referencia.

6.2.2.5 Algunas aplicaciones de los BS2

La única limitante de los Microcontroladores es su imaginación. La facilidad de un puerto abierto de (entrada / salida), la capacidad de evaluación de señales para luego decidir una acción y poder controlar dispositivos externos. Hacen que el microcontrolador sea el cerebro de los equipos.

Estos son algunos ejemplos de áreas de aplicaciones:

- Electrónica Industrial (Automatizaciones)
- Comunicaciones e interface con otros equipos (RS-232)
- Interface con otros Microcontroladores
- Equipos de Mediciones
- Equipos de Diagnósticos
- Equipos de Adquisición de Datos
- Robótica (Servo mecanismos)
- Proyectos musicales
- Proyectos de Física
- Proyectos donde se requiera automatizar procesos artísticos
- Programación de otros microcontroladores
- Interface con otros dispositivos de lógica TTL:
 - Teclado
 - Pantallas LCD

- Protocolo de comunicación X-10
- Sensores
- Memorias
- Real Time Clock (RTC)
- A/D, D/A, Potenciómetros Digitales

6.2.2.6 Hardware del BS2

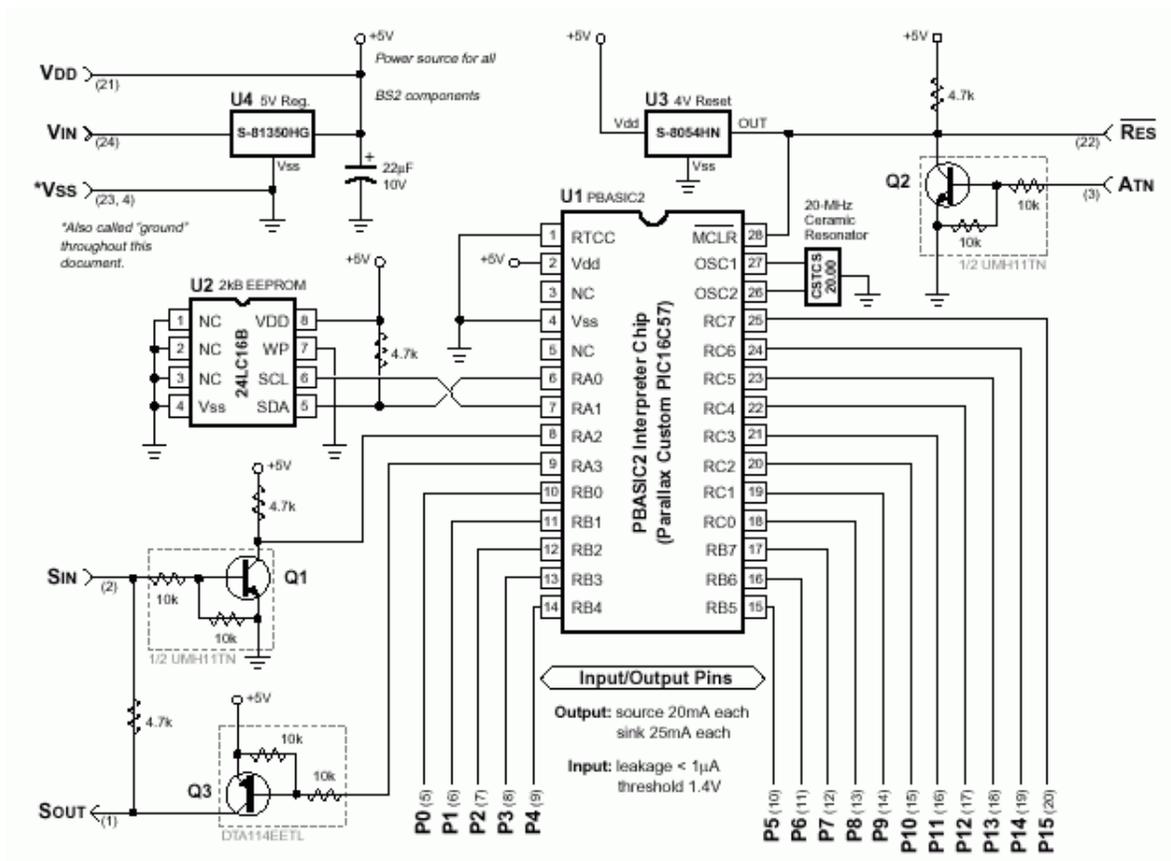


Fig. 6.10: Diagrama eléctrico del Basic Stamp 2

DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DEL BS2: En la tabla 6.1 se indica la descripción de la cada pin del microcontrolador Basic Stamp 2.

Pin	Nombre	Descripción
-----	--------	-------------

1	SOUT	Serial Out: Conectar al puerto serial RX (DB9 pin 2)
2	SIN	Serial In: Conectar al puerto serial TX (DB9 pin 3)
3	ATN	Atención: Conectar al puerto serial DTR (DB9 pin 4)
4	GND	Tierra entre el puerto serial y el BS2
5 – 20	P0-P15	Puerto de propósitos generales, cada uno puede entregar 25 mA, sin embargo, el total de la corriente no puede exceder los 75 mA utilizando el regulador interno y 100 mA utilizando +5V externo
21	VDD	Voltaje regulado a +5 VDC
22	RES	Reset, Basta con aterrizar y el BS2 reinicializa
23	GND	Tierra del BS2
24	PWR	Voltaje no regulado entre +5.5 a +15 VDC, si VDD es utilizado VIN no puede ser utilizado

Tabla 6.1: Pines del BS2

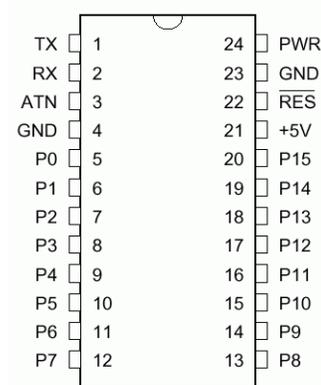


Fig. 6.11: Ubicación de cada Pin

CONEXIÓN ENTRE LA PC Y EL BS2: La figura 6.12 muestra un conector DB9, el cual utiliza 6 pines de los cuales 4 van destinado al BS2 y dos conectados internamente.

Preparando este cable se puede empezar a programar los BS2. En caso de que se utilice un cable serial, debe realizar la conexión de los pines 6 y 7 del cable. Si utiliza cualquiera de los entrenadores de Parallax. Esto no será necesario.

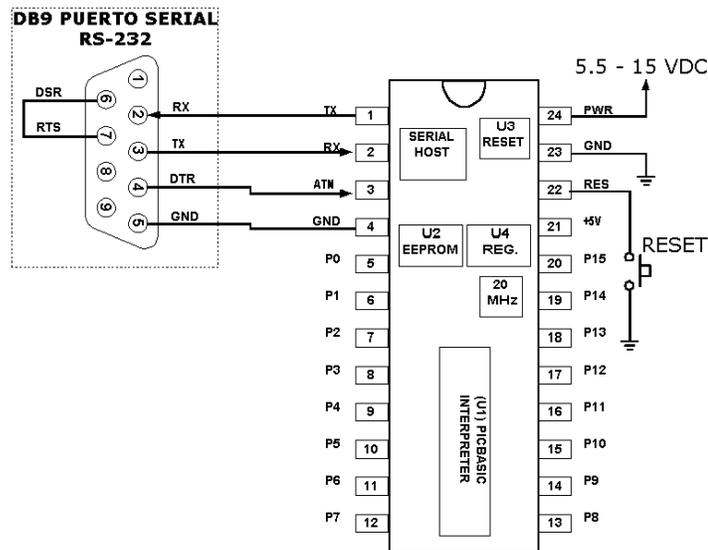


Fig. 6.12: Conexión típica para su funcionamiento

6.2.2.7 Lenguaje de programación PBASIC

El lenguaje de programación PBASIC fue creado específicamente para programar a los BS2, es pariente cercano del lenguaje de programación BASIC, la ventaja que ofrece el PBASIC con otros lenguajes es su facilidad de aprendizaje.

PBASIC Editor: El PBASIC Editor es el programa donde escribimos el conjunto de instrucciones para el Basic Stamp. Es similar en apariencia a cualquier editor de texto del sistema operativo WINDOWS. El editor contiene una serie de herramientas como son identificadores del Basic Stamp, Corrector ortográfico de sintaxis, Mapa de memoria y Ventana del depurador.

El editor tiene la capacidad para abrir 16 ventanas simultáneamente. La capacidad de cortar, copiar y pegar se mantiene innata. Su entorno es muy sencillo.

Los comandos más importantes son:

F1 Muestra la ayuda en pantalla

Ctrl-O Abre un archivo
Ctrl-S Salva un archivo
Ctrl-P Imprime el archivo actual
F9 o Ctrl-R Descarga el programa en el BS2
F7 o Ctrl-T Corrector de Sintaxis
F8 o Ctrl-M Muestra el mapa de memoria
F6 o Ctrl-I Muestra el número de versión de PBASIC
ESC Cierra la ventana actual

Estos son algunos de los comandos más importantes, aunque no está obligado a memorizarlos, es conveniente recordar a [Ctrl-R]. El cual descarga el programa al Basic Stamp.

6.2.2.8 Organización de memoria del BS2

El BS2 tiene dos tipos de memoria; RAM para las variables de su programa, y EEPROM para almacenar los programas en sí. La memoria EEPROM puede ser utilizada para almacenar datos de la misma forma que lo hace una computadora personal PC.

Una importante diferencia entre la memoria RAM y EEPROM:

- **RAM** pierde el contenido cuando el BS2 no tiene energía, cuando retorna la energía o cuando se reinicializa el BS2 el contenido completo de RAM se inicializa con 0.
- **EEPROM** retiene el contenido sin energía o con energía, mientras no se sobre escriba con otro programa o con la sentencia WRITE.

MEMORIA RAM DEL BS2: El BS2 tiene 32 BYTES de memoria RAM, 6 BYTES están reservados para los registros de entradas, salidas y direccionamiento del puerto para el control de (entradas / salidas) I/O. Los 26 BYTES restantes están destinados a variables de

uso general. La 6.2 tabla muestra los nombres de los registros de entradas, salidas y direccionamiento del puerto del BS2.

DIRS															
DIRH								DIRL							
DIRD				DIRC				DIRB				DIRA			
DIR15	DIR14	DIR13	DIR12	DIR11	DIR10	DIR9	DIR8	DIR7	DIR6	DIR5	DIR4	DIR3	DIR2	DIR1	DIR0
P15	P14	P13	P12	P11	10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0

OUTS															
OUTH								OUTL							
OUTD				OUTC				OUTB				OUTA			
OUT15	OUT14	OUT13	OUT12	OUT11	OUT10	OUT9	OUT8	OUT7	OUT6	OUT5	OUT4	OUT3	OUT2	OUT1	OUT0
P15	P14	P13	P12	P11	10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0

INS															
INH								INL							
IND				INC				INB				INA			
IN15	IN14	IN13	IN12	IN11	IN10	IN9	IN8	IN7	IN6	IN5	IN4	IN3	IN2	IN1	IN0
P15	P14	P13	P12	P11	10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0

Tabla 6.2: Registros de entradas, salidas y direccionamiento del puerto del BS2

6.2.2.9 Primer ejemplo con el BASIC STAMP 2

Como primer paso se debe colocar el Basic Stamp 2 en el protoboard o tablilla Homework Borad y conectarla al ordenador mediante un el cable mini USB si se usa la tablilla o si no usar un cable preparado. Luego se debe proporcionar la alimentación de voltaje necesaria para poner en funcionamiento el Basic Stamp 2.

Hay que asegurarse que el módulo BASIC STAMP se puede comunicar con el computador haciendo click en el menú RUN y luego seleccionando Identify como muestra la figura 6.13, en caso de que exista problemas con la comunicación entre el BS2 y la PC revisar las fallas de conexión (ANEXO A)

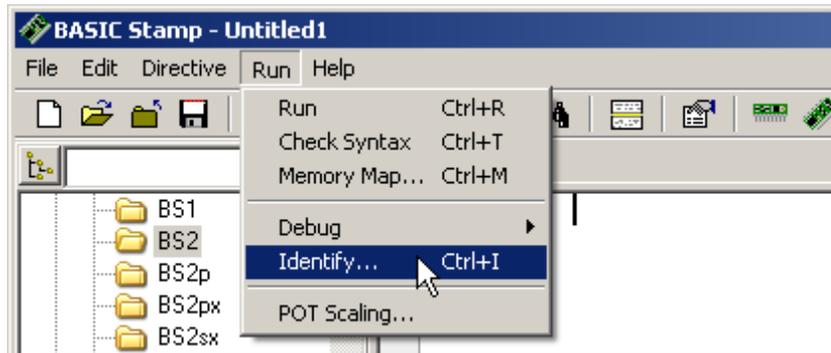


Fig. 6.13: Verificación de conexión

Aparecerá una ventana de identificación similar a la de la siguiente figura. Este ejemplo muestra que BASIC Stamp ha sido detectado en el puerto COM5.

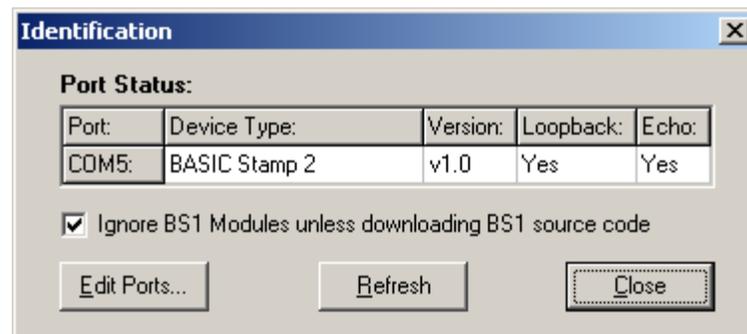


Fig. 6.14: Confirmación de conexión

El primer programa que se escribirá y verificará le dirá a BASIC Stamp que mande un mensaje a la computadora. La figura de abajo muestra como se manda una cadena de unos y ceros para comunicar los caracteres de texto que la computadora mostrará. A estos unos y

ceros se les llama números binarios. El software del Editor BASIC Stamp tiene la capacidad de detectar y mostrar estos mensajes.

Primer Programa

Programa Ejemplo: primerprograma.bs2

```
' Stamps in Class - FirstProgram.bs2
' BASIC Stamp manda mensaje a Terminal Debug.

' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

DEBUG "Hola soy yo, tu BASIC Stamp!"
END
```

Se introducirá este programa al Editor de BASIC Stamp. Algunas líneas del programa se crean automáticamente al dar clic en botones de la barra de herramientas. Otras líneas se hacen escribiéndolas con el teclado.

- ✓ Comience dando clic al icono BS2 (el chip verde diagonal) en la barra de herramientas. Si mantiene el cursor sobre este botón, aparecerá la descripción de ayuda “Stamp Mode: BS2”.
- ✓ Ahora haga clic en el icono engranado “2.5” aparecerá la descripción de ayuda “PBASIC Language: 2.5”.

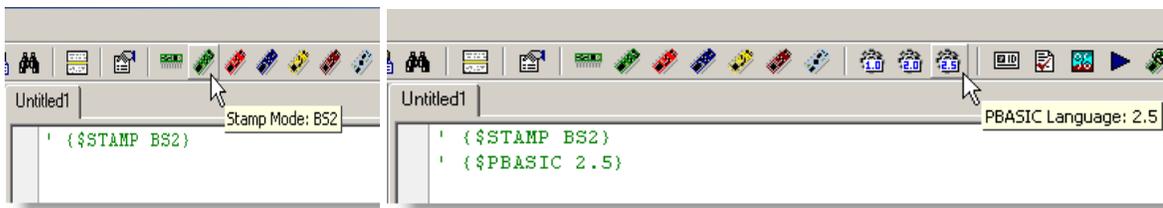
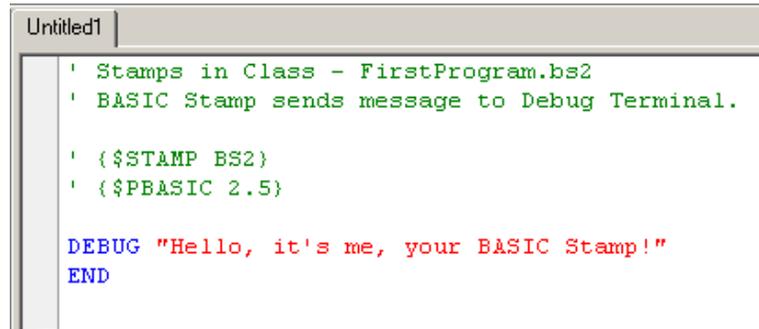


Fig. 6.15 (a): Primer programa

Usar SIEMPRE estos botones de la barra de herramientas para agregar estas dos líneas al principio de cada programa. Las Directivas del Compilador usan llaves {}. Si trata de

escribir en estas partes del programa, si usa accidentalmente paréntesis () o paréntesis cuadrados [] el programa no funcionará. Escriba las líneas restantes del programa exactamente como se muestra en la siguiente figura:



```
Untitled1
' Stamps in Class - FirstProgram.bs2
' BASIC Stamp sends message to Debug Terminal.

' ($STAMP BS2)
' ($PBASIC 2.5)

DEBUG "Hello, it's me, your BASIC Stamp!"
END
```

Fig. 6.15 (b): Primer programa

A continuación se debe guardar el programa haciendo click en *Archivo* y seleccionando *Save* con la extensión *.bs2. Luego hacer click en *Run*, y seleccionar *Run* del menú que aparece. Aparecerá brevemente una ventana de Progreso de Descarga cuando el programa se está transmitiendo de la computadora al BASIC Stamp. La figura de abajo muestra la Terminal Debug que podría aparecer cuando termina la descarga. Se puede probar por si mismo que este es un mensaje de BASIC Stamp presionando y soltando el botón Reset. Cada vez que presiona y libera el botón, el programa reinicia y se verá otra copia del mensaje mostrado en la Terminal Debug.

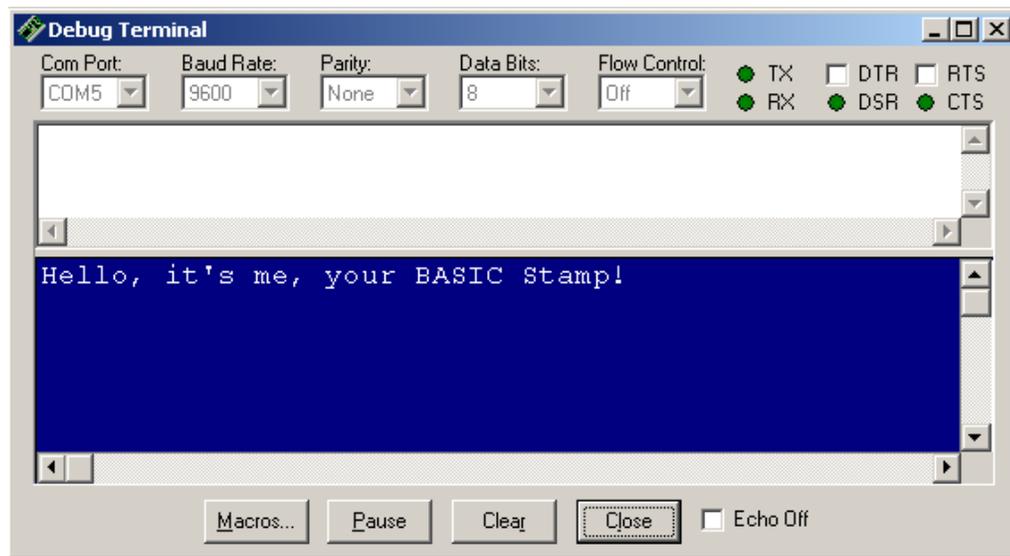


Fig. 6.16: Terminal Debug

PAUSE: La instrucción PAUSE retarda el programa durante cierta cantidad de milisegundos. Los milisegundos son milésimas de segundo y se abrevia ms. Entonces PAUSE 1000 retarda el programa durante 1000 milésimas de un segundo que es 1 segundo.

DEBUG y Caracteres de Control: Un formato DEBUG es una palabra-código que puede usar para hacer que el mensaje que BASIC Stamp manda se mire de cierta forma en la Terminal Debug. DEC es un ejemplo de formato que hace que la Terminal Debug muestre un valor decimal. Un ejemplo de un carácter de control es CR, que se usa para mandar un retorno de carro a la Terminal Debug. El texto o números posteriores de CR aparecerán en la línea debajo de los caracteres que vienen antes de él.

6.2.3 PARALLAX INTERNET NETBURNER KIT (PINK)

Un servidor web nos permite, entre otras cosas, conectar un microcontrolador como puede ser el BS2 a una red Ethernet, como Internet, e intercambiar datos. Es tan fácil y rápido de usar que nos permitirá desarrollar nuestros proyectos basados en red desde el primer día.

Este módulo denominado PINK (Parallax Internet Netburner Kit) constituye un servidor web embebido (incrustado en el circuito del módulo) capaz de alojar nuestras propias páginas web, desde las cuales poder mostrar datos que pueda gestionar nuestro circuito BS2, gracias al soporte de 100 variables y registros especiales; y además podremos interactuar con estos datos. La figura 6.17 muestra las conexiones a este módulo.

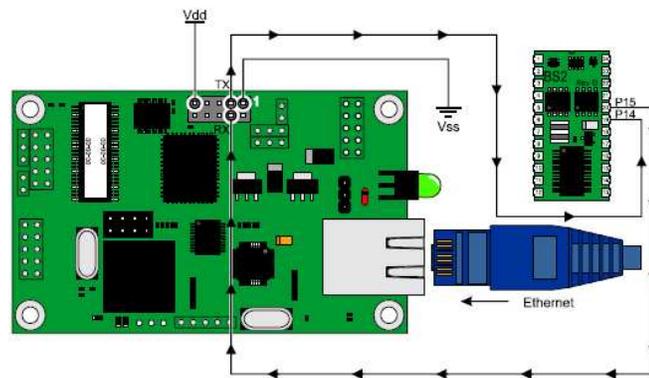


Fig. 6.17: Diagrama de conexión

6.2.3.1 Configuración de red del PINK

Se debe conectar el módulo PINK a la red usando el cable CAT5 apropiado. Un cable directo es el apropiado para conectar el módulo con un hub, switch o router. El cable cruzado se usa si se va a conectar el PINK con la PC. Una vez que se ha conectado el PIN a la misma red de la computadora, se debe ejecutar el programa IPSETUP (incluido en el CD), para configurar una dirección IP. La asignación de la dirección puede ser estática o dinámica dependiendo de la red configurada.

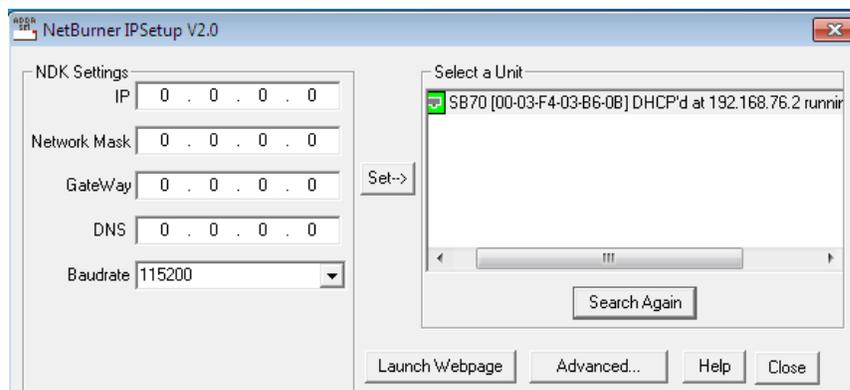


Fig. 6.18: IPSETUP (configuración dinámica)

Una vez que se ejecuta el IPSETUP el módulo PINK debería aparecer a la derecha de la ventana, de tal como muestra la figura 6.18, caso contrario ver solución de problemas (ANEXO B). Seleccione el módulo PINK haciendo click en la entrada de la ventana. Para configurar una dirección estática, debe ingresar la dirección IP, máscara de subred, puerta de enlace o Gateway y servidor DNS en los campos. Para una configuración dinámica debe dejar todos los campos en 0.0.0.0. No se debe cambiar aquí la configuración del Baud Rate ya que puede afectar la comunicación con el microcontrolador. Se debe realizar una configuración de página web. Luego de esto se hace click sobre el botón Set->. Si el módulo no aparece en la lista, hacer click sobre el botón Search Again.

6.2.3.2 Configuración web

Para realizar una configuración web se hace click en el botón Launch Webpage. Cuando se abre el navegador web debería mostrarse la página de fábrica por defecto. Cuando el módulo no tiene cargadas otras páginas aparecerá automáticamente la siguiente pantalla. Note que la página es **192.168.76.2/nb_factory.htm** donde **192.168.76.2** es la dirección del módulo PINK. Desde esta página se puede acceder a la configuración de red, puerto, datos seriales, variables, diagnóstico y funciones FTP.

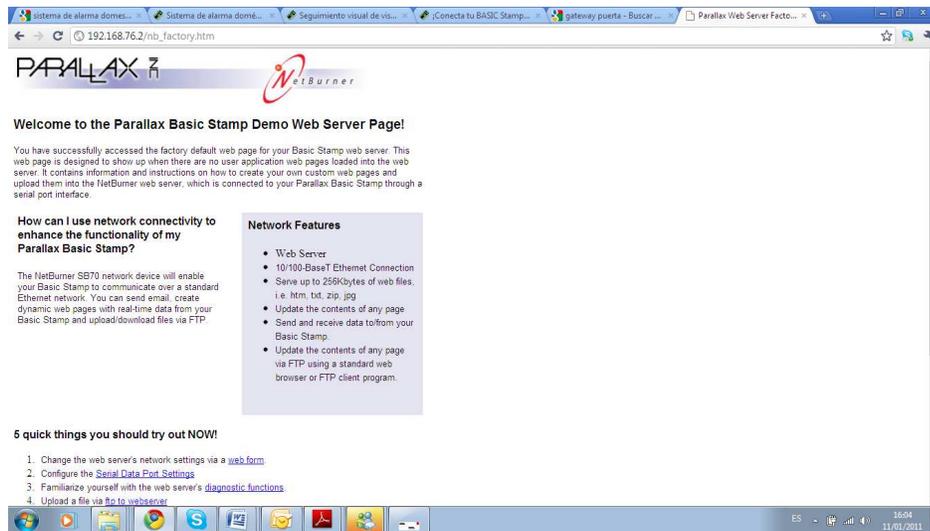


Fig. 6.19: Página por defecto

La página de fábrica muestra cinco pasos rápidos para acceder las configuraciones figura 6.20.



Fig. 6.20: Pasos rápidos

Cada configuración tiene que ser segura tanto para el modo estático como dinámico, ya que debe ser la misma configuración que se hizo al inicio con el programa IPSETUP.

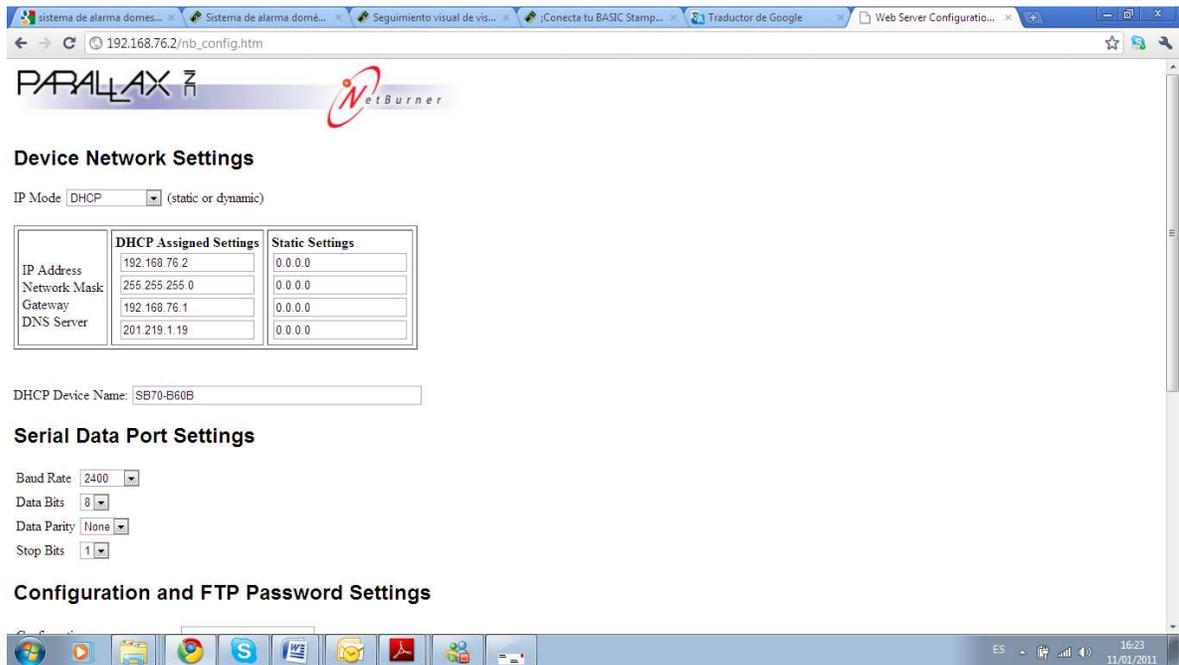


Fig. 6.21: Configuración dinámica

El siguiente paso es configurar la tasa de velocidad para la comunicación serial. Para u código simple se debe configurar el baud rate de 2400 (ideal para el BS2). Para BS2sx, BS2p o BS2px usar 9600 bps. Se configura el valor de 8 para *Data Bits*, None en *Paridad*, y para bits de *parada* 1. Ahora, se debe hacer click el botón Submit New Settings para guardar estos cambios.

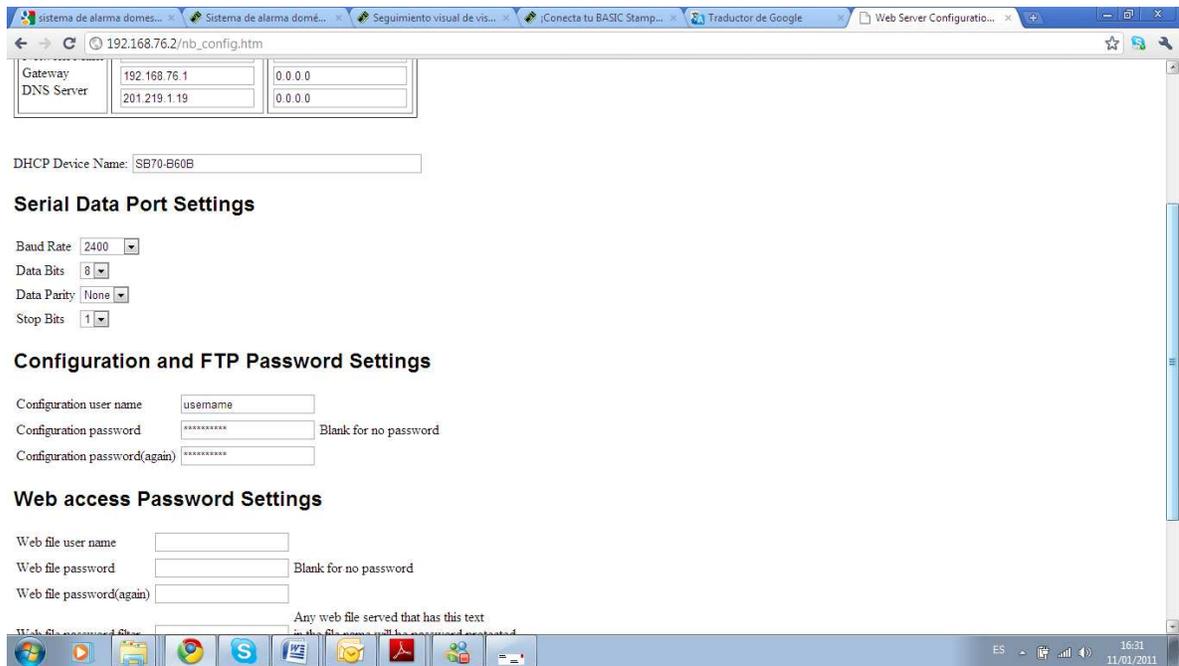


Fig. 6.22: Configuración serial

En este momento ya debe estar habilitado para correr el programa **PINKTestV1.0.BS2** (disponible en la página del producto PINK) para testear la comunicación con el módulo.

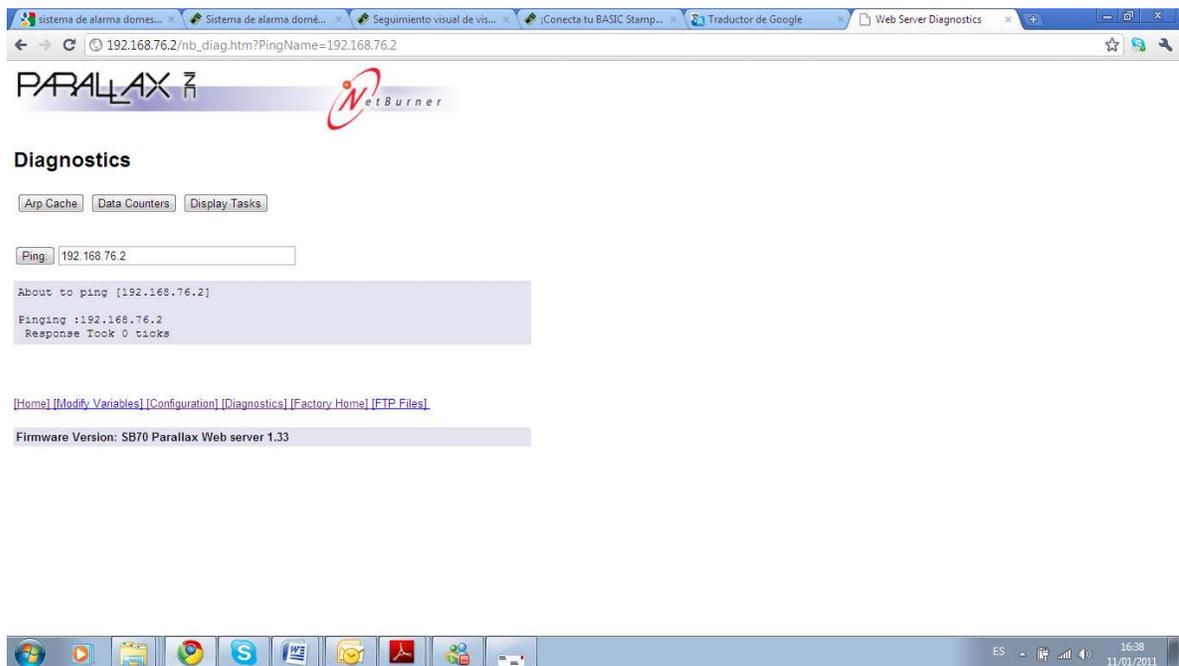


Fig. 6.23: Página de diagnóstico

Configurando las contraseñas se previene conexiones FTP anónimas y también protegen las configuraciones. La contraseña se deberá ubicar en dos ocasiones para verificación y prevención de accidentes al momento de digitar la clave.

Activando la opción de contraseña para acceso a la web, se pueden proteger archivos que contengan la clave filtro. Por ejemplo, si la palabra filtro es “lock”, todos los archivos que contengan esa palabra como “lockest.htm” o “iconlock.jpg” solicitarán el nombre de usuario y la clave de acceso para ser abiertos.

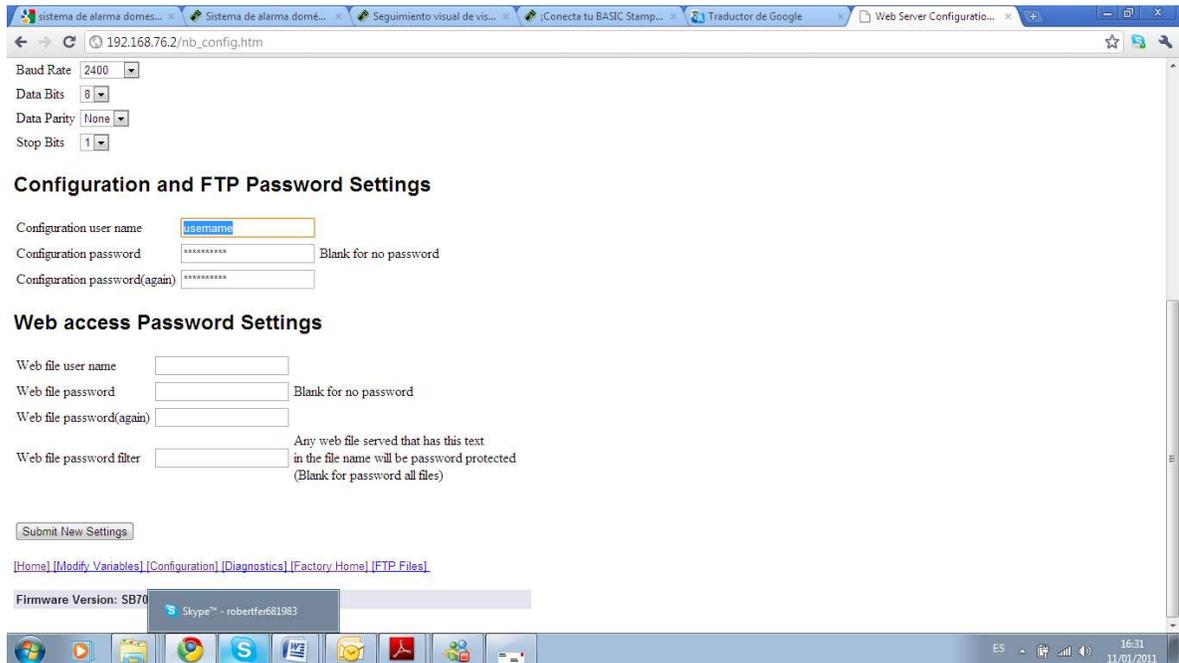


Fig. 6.24: Página para configurar contraseña

6.2.3.3 Páginas de usuario

Las páginas web del usuario pueden ser subidas al módulo PINK vía FTP. Basta con escribir **ftp://192.168.76.2** (donde **192.168.76.2** es la dirección del módulo PINK) en el Internet Explorer y se abrirá una nueva ventana FTP de arrastrar y soltar los elementos.

No todos los navegadores de internet tienen la capacidad de mostrar las ventanas de arrastrar y soltar. Para ello se debe ir a *página* y en el menú que se despliega escoger *Abrir el sitio FTP en el explorador de windows*.

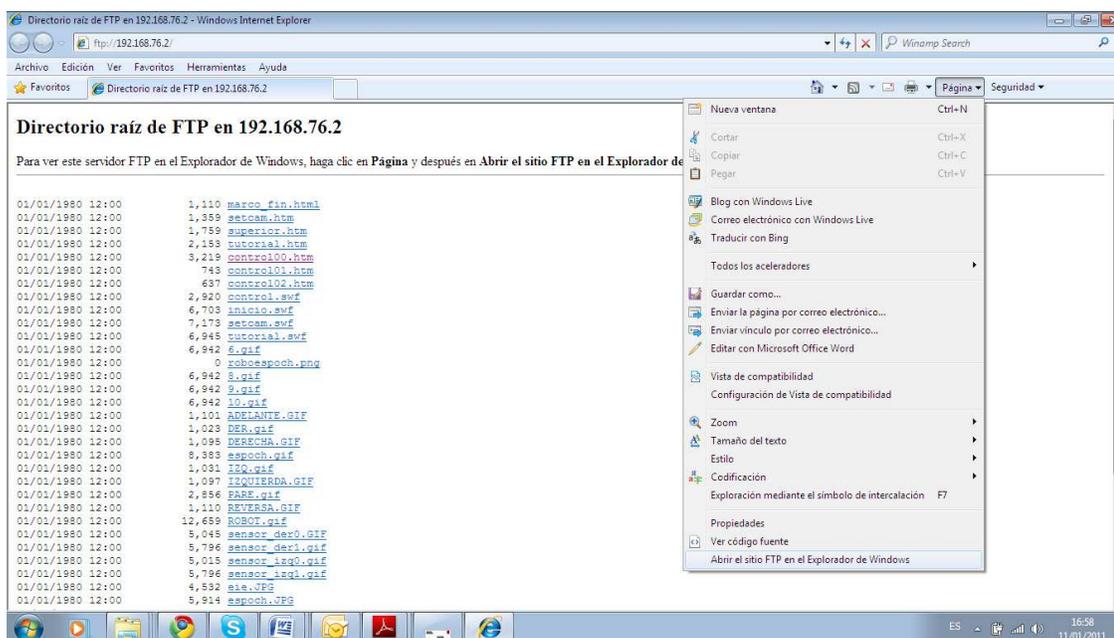


Fig. 6.25: Abriendo el sitio FTP

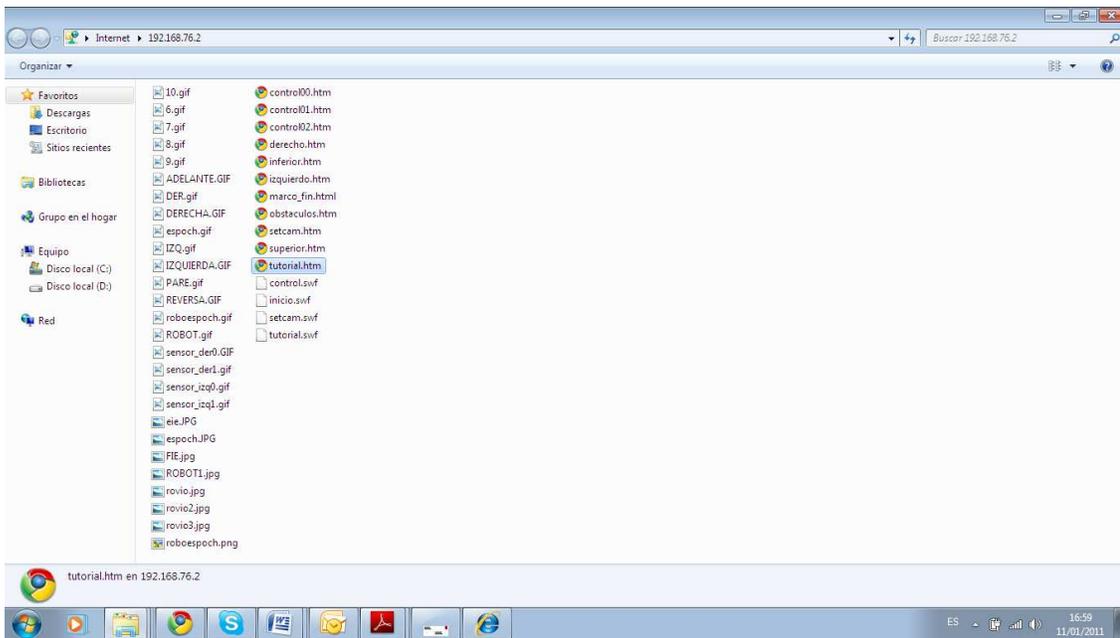


Fig. 6.26: Ventana FTP de arrastrar y soltar

6.2.3.4 Variables

El módulo PINK tiene 100 variables de propósito general de 64 bytes. Las primeras 20 variables (0 al 19) pueden escribirse en la memoria Flash (memoria permanente). El resto de las variables (del 20 al 99) son sólo variables tipo RAM (memoria volátil).

La lista de todas las variables y sus valores se puede ver desde la página http://xx.xxx.xx.xxx/VV_Show.htm. Para cambiar el valor de una variable desde esta página, pulsamos "Modify"; para restaurar el valor de la variable a su valor original, pulsamos "Set default value".

Acceder al valor de cualquier variable desde una página web creada por nosotros es tan fácil como usar una referencia HTML como nombre de variable. Por ejemplo, para crear una página que muestre el valor de la variable 01, podemos escribir el siguiente código HTML:

```
<html>
The value in variable 01 is: <Nb_var01>
</html>
```



Fig. 6.27: Uso de la variable *Nb_var01*

Después, guardamos esta página con un nombre de archivo con extensión htm o html (por ejemplo: test.html), abrimos una sesión FTP y mediante "drag-and-drog" cargamos dicha página en el módulo PINK.

Ahora, escribiendo en nuestro navegador la url [http://xx.xx.xx.xx/ test.html](http://xx.xx.xx.xx/test.html) se mostrará la página ejemplo, tal como se ve en la figura 6.27.

En este ejemplo, la palabra "hello" está en la variable 01. Note que si el valor de esta variable es cambiado, la página se actualizará mostrando el cambio, de manera que esto favorecerá el trasiego de datos dinámicos que puedan ser mostrados en la página web cada vez que cambien.

Escribir valores en las variables no es nada complicado usando el método HTML POST (formulario). Por ejemplo: para crear una página que permita escribir o cambiar el valor de la variable 01, podemos escribir lo siguiente:

```
<html>
<FORM method="post" action="/test.html">
<P>
What value would you like stored in variable 01?
```

```
<INPUT name="Nb_var01" type="text" size="24" maxlength="63">
<INPUT type="submit">
</P>
</FORM>
</html>
```

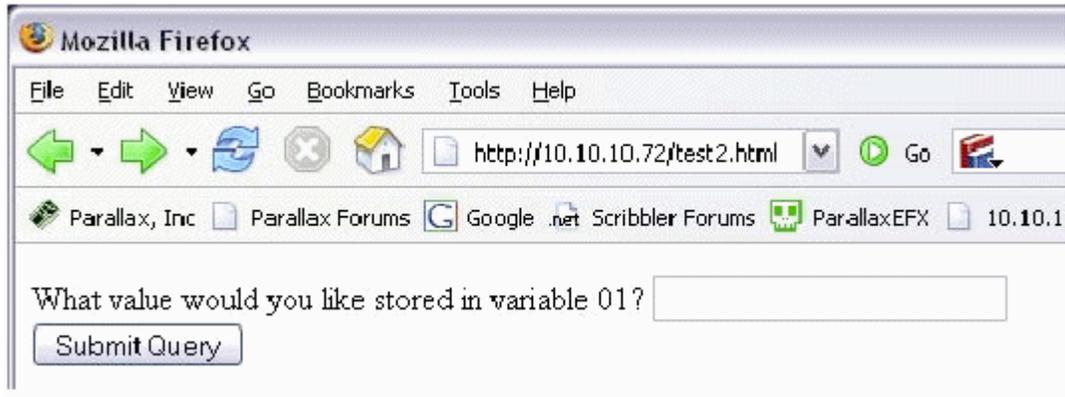


Fig. 6.28: Variable en formulario

Realizamos la misma operación de antes para cargar la página en el módulo PINK y una vez que visualizamos el formulario en nuestro navegador, podemos escribir el valor que queramos, tal como muestra la imagen.

Ahora bien, ahora es cuando nuestro circuito BS entra en escena: ¿cómo actúa el BS para leer o proporcionar valores a dichas variables? Para leer el valor de una variable en el módulo PINK con el BS, nuestro programa en el BS debe enviar serialmente el siguiente comando: **!NBORxx** donde "xx" es el número de la variable que deseamos leer (00 a 99). Este comando se puede usar en un programa como el siguiente:

```
'PINK_01.bs2
'{$STAMP BS2}
'{$PBASIC 2.5}
NBVAR VAR Byte
SEROUT 8,396,['!NBOR06"]
SERIN 7,396,[NBVAR]
DEBUG DEC NBVAR
```

```
END
```

O el siguiente programa ejemplo, para leer variables tipo "string" (cadena de caracteres):

```
'PINK_02.bs2
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
NBVAR VAR Byte(16)
SEROUT 8,396,['!NB0R06"]
SERIN 7,396,[STR NBVAR\16\CLS]
DEBUG STR NBVAR
END
```

Escribir valores en las variables también es muy simple; para esto se utiliza el siguiente comando: **!NB0Wxx:DD** donde "xx" es la variable en la que deseamos escribir, y "DD" es el dato que deseamos enviar. El comando debe ser seguido por un **CLS**. Por ejemplo:

```
' PINK_03.bs2
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
SEROUT 8,396,['!NB0W06:25",CLS]
END
```

Registros especiales:

Uno de los aspectos más interesantes entre las capacidades del módulo PINK es que tiene 9 registros para propósitos especiales, entre estos el de poder enviar un email debidamente formateado:

- **Nb_varET** corresponde al registro email **TO**:

- **Nb_varEF** corresponde al registro email **FROM**:
- **Nb_varES** corresponde al registro email **SUBJECT**:
- **Nb_varEC** corresponde al registro email **CONTENT**: Este registro lleva el nombre del archivo con el contenido del mensaje. Por supuesto, este archivo deberá haber sido cargado previamente en el módulo PINK.
- **Nb_varEV** corresponde al registro email del servidor SMTP.
- **Nb_varST** corresponde al registro de estado del módulo PINK. Se trata de una variable de sólo lectura, cuyos bits son usados para información relacionada con el estado del módulo PINK y la red.
- **Nb_varSV** guarda el número de la última variable actualizada desde una página web tipo formulario. Para leer el valor de esta variable el comando es el siguiente: **!NB0SV**
- **Nb_varBI** es usado para guardar la dirección IP destino para mensajes UDP (User Datagram Protocol).
- **Nb_varBM** es usado para guardar el contenido de un mensaje UDP.

Para enviar un mensaje e-mail desde el módulo PINK, deben ser especificadas las variables de los registros: **Nb_varET**, **Nb_varEF**, **Nb_varES**, **Nb_varEC** y **Nb_varEV**. El siguiente programa puede servir de ejemplo:

```
' PINK_05.bs2
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
SEROUT 8,396,["!NB0WET:null@parallax.com",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0WEF:PINKmodule@parallax.com",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0WES:This is a test message from PINK.",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0WEC:message.txt",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0WEV:your.SMTP.server.address.here",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0SM"]
END
```

Note que la instrucción **!NB0SM** le dice al módulo PINK que envíe el mensaje.

El modulo PINK puede enviar y recibir mensajes bajo el protocolo abierto UDP. Los mensajes viajan encapsulados, de manera que lo que lee el receptor es exactamente lo que envía el emisor.

Para enviar un mensaje UDP, las variables de registro **Nb_varBI** y **Nb_varBM** deben ser inicializadas. **Nb_varBI** debe contener la dirección IP destino y **Nb_varBM** debe contener el mensaje UDP que se desea enviar. Una vez inicializadas las mencionadas variables, se usa el siguiente comando: **!NB0SB** y el mensaje será enviado. El siguiente programa puede servir perfectamente para enviar un mensaje UDP:

```
' PINK_06.bs2
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
SEROUT 8,396,["!NB0WBI:10.10.10.71",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0WBM:This is a UDP test message",CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0SB"]
END
```

Por supuesto que hay más funcionalidades que soporta este módulo PINK como servidor web, pero lo interesante será descubrirlas por uno mismo.

6.3 DISEÑO DEL SISTEMA

El esquema general se ha basado en siguientes elementos:

- Inserción de un código **HTML** en la página web que se quiere controlar.
- Utilización de un Módulo PINK (Parallax Internet Netburner Kit) conectado a la red inalámbrica mediante un punto de acceso (AP).

- Creación de una página web que consta del control de movimiento de sistema robótico móvil, monitoreo de los sensores de obstáculos y la visualización del video que es proporcionado por la cámara IP a bordo.
- En el circuito del Basic Stamp 2 se montan dos servomotores que se encargan del movimiento del robot y también dos sensores que indicarán si el sistema móvil tiene contacto con algún obstáculo.

En la figura 6.29 se muestra el esquema general del sistema robótico móvil con interacción basada en internet.

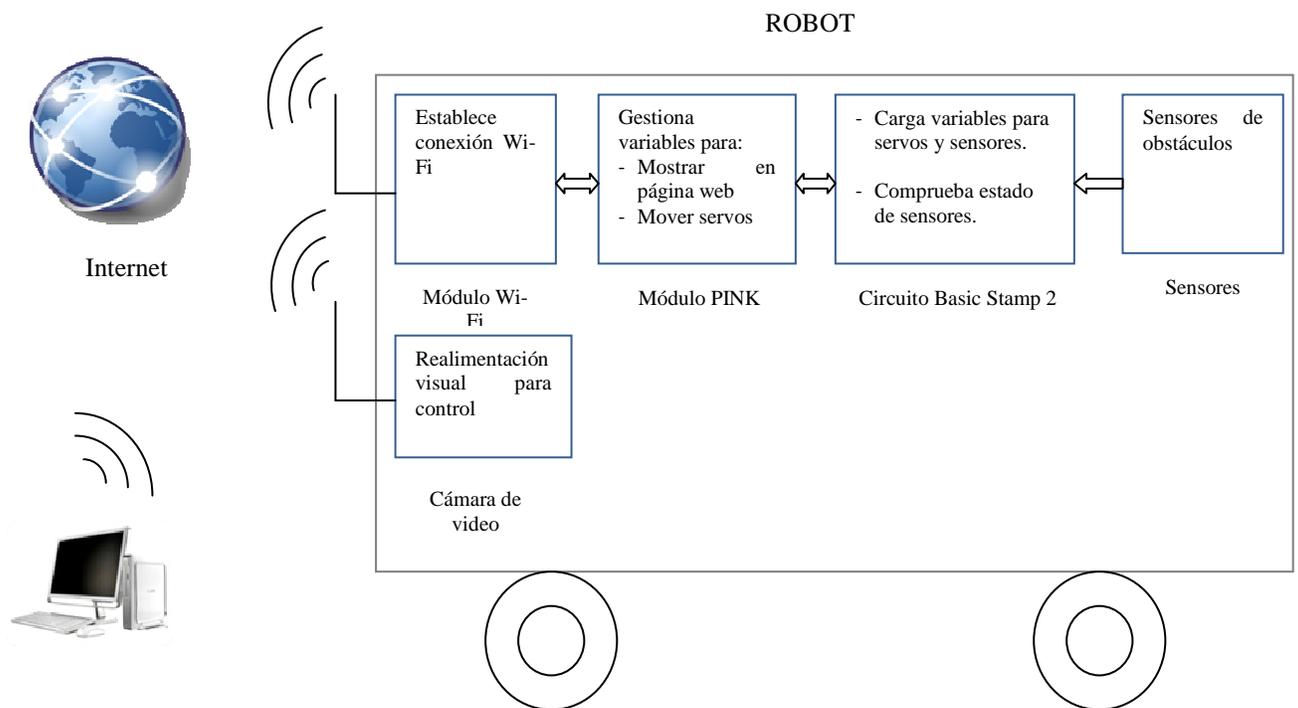


Fig. 6.29: Esquema del Sistema Móvil

6.4 IMPLMENTACIÓN DEL SISTEMA MÓVIL

6.4.1 CONSTRUCCIÓN DE LA PÁGINA WEB

Para la creación de nuestra página web no es necesario tener un alto conocimiento en programación (HTML, PHP, etc.), más bien se desarrollará una página sencilla teniendo en cuenta factores importantes en este tipo de programación como lo son mucha imaginación y creatividad de cada persona.

La función principal del módulo PINK (Parallax Internet Netburner Kit) es la de alojar páginas web con imágenes desde las cuales se muestran datos que pueda gestionar el Basic Stamp 2, como es el caso de este proyecto que se interactuará con 3 de las 100 variables que puede soportar dicho módulo. Además, es capaz de enviar mensajes por medio de la gestión del BS2 y de los sensores.

El control de movimiento del robot móvil, lectura de sensores y la visualización de imágenes se harán por medio de una página web que se almacena en el servidor web embebido (PINK).

Como se mencionó anteriormente nuestra página web consta de tres partes fundamentales para la operación del sistema robótico móvil:

1) **Control de Movimiento del Robot:**

El movimiento se lo realiza mediante los controles que se muestran en la figura 6.18, para esto se usa la variable “Nb_var03”, cada vez que se haga click sobre alguno de los controles, la variable “Nb_var03” tomará un valor, el cual le indicará al BS2 que función debe realizar; es decir, si se hace click en la imagen que indica hacia adelante el robot se moverá hacia esa dirección, y así con las demás direcciones.

El control de movimiento es “automático”; es decir, no existirá la necesidad de realizar alguna acción en el formulario, ya que gracias a la función *Javascript* que se ejecuta al cargarse la página, no será necesario introducir dato alguno en algún campo del formulario (el dato que enviamos con este formulario se halla en un

campo tipo "hidden" escondido) y tampoco será necesario pulsar un botón tipo "submit" o "Enviar". De manera que, al cargarse esta página, se envía automáticamente el valor del campo "Nb_var03" que toma cuando se hace click sobre cualquiera de los controles.

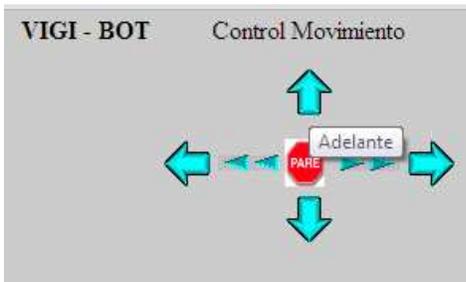


Fig. 6.30: Control de Movimiento

- 2) **Lectura de Sensores:** En el sistema móvil se encuentran dos sensores detectores de obstáculos, colocados en la parte delantera del robot, éstos sensores tienen como finalidad evitar que el robot tenga algún contacto con otro objeto y pueda sufrir cierto daño.

Los sensores IR de obstáculos MSE-S135 son emisores/receptores de luz infrarroja modulada, que en estado de reposo proporcionan un nivel lógico "1", y cuando la luz rebota pasan al estado lógico "0", éstos valores lógicos son receptados por el Basic Stamp 2, el cual dependiendo del valor lógico sea "1" ó "0" toma ciertas decisiones que son mostradas en nuestra página web.

Es así, que nuestro circuito del Basic Stamp cargará en las variables *Nb_var00* y *Nb_var01* los valores que se encuentran leyendo el sensor 1 y sensor 2 respectivamente, esto indicaría a la página que está alojada en el servidor qué imagen debe mostrar. Las figuras siguientes indican los estados tanto activos como inactivos de los sensores.

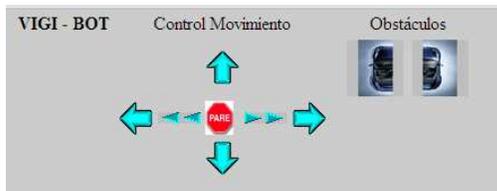


Fig. 6.31: Sensor 1 y 2 desactivados

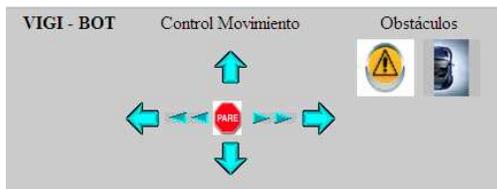


Fig. 6.32: Sensor 1 activado

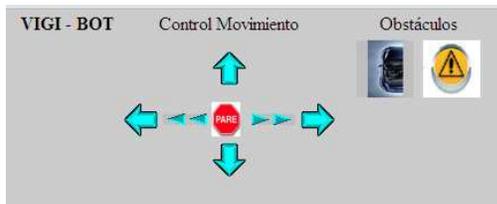


Fig. 6.33: Sensor 2 activado

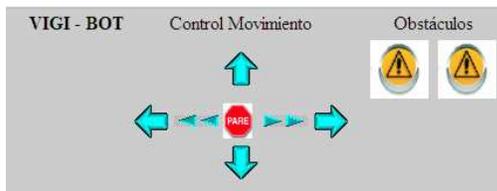


Fig. 6.34: Sensor 1 y 2 activados

- 3) **Visualización de Imágenes:** Para la realimentación visual, se ha utilizado una cámara Ip, la cual basta con introducir la dirección asignada a éste dispositivo en nuestra página para poder ver las imágenes en tiempo real.

La figura 6.35 presenta como se introduce en el campo del formulario la dirección de la cámara Ip.



Fig. 6.35: Seteo de la Cámara Ip

Finalmente en la página de control figura 6.36, se ingresa y se configura los parámetros de la cámara como usuario y contraseña y se podrá ver las imágenes en tiempo real.



Fig. 6.36: Parámetros de la cámara IP

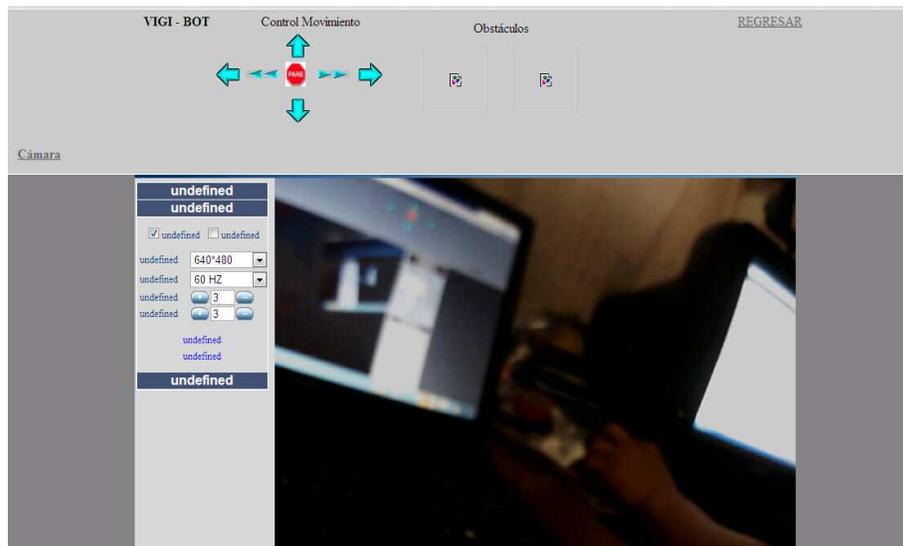


Fig. 6.37: Imágenes en tiempo real

6.4.1.1 Página web

Como se mencionó anteriormente, nuestra página (ANEXO C) se forma de tres partes: el control de movimiento del robot está insertado en un primer marco denominado *control00.htm*, la lectura de los sensores está en un marco flotante llamado *obstaculos.htm* y la visualización de las imágenes está en otro marco llamado *control01.htm*, todos estos marcos son llamados desde nuestra página *control02.htm*. Además, se crea otra página llamada *setcam.htm* en la que se setea la dirección ip de la cámara.

A continuación se detalla el código principal HTML de *control00.htm*:

La función *JavaScript* se ejecuta al cargarse la página, gracias a esta función no es necesario introducir dato alguno en algún campo del formulario, ya que los datos están del tipo “*hidden*” escondido.

```
<script language="javascript">
function SetCmd(NBVAR) {
    document.forms[0].elements[0].value = NBVAR;
    document.forms[0].submit();
    return false;
}
```

```
}  
</script>
```

La etiqueta meta con los parámetros configurados a continuación, hace que nuestra página llamada *control00.htm* se actualice cada cierto período, en este caso cada 10 segundos.

```
<meta http-equiv="refresh" content="10"; URL="control00.htm"></head>
```

A continuación se inserta un marco flotante con la etiqueta *<iframe>* en el cual va a llamar a la página *obstáculos.htm*. También es necesario colocar un enlace el cual llama al marco *control01.htm* que presenta la visualización del video.

```
<IFRAME src="obstaculos.htm" width="300" height="140" frameborder="0" scrolling="No" marginheight="0" marginwidth="0"></IFRAME>
```

```
<a target="control01" href="http://<Nb_var04>"><strong>Camara</strong></a>
```

En la variable “*Nb_var04*” se almacena la dirección de la cámara ip, esto se detalla más adelante en el código HTML de la página *setcam.html*.

Como se señaló anteriormente, el control del movimiento del robot se hace por medio del valor que tome la variable *Nb_var03*, y este valor ASCII es enviado al microcontrolador para que ejecute la función correspondiente. Por ejemplo, si se quiere que vaya el robot hacia adelante, se hace click sobre la imagen que indica “adelante”, la variable toma el valor ASCII (tabla ASCII ANEXO D) en este caso “48” -> 0 y se ejecuta el movimiento hacia adelante; y así con el resto de direcciones.

```
<form name="frm" id="frm" action="control00.htm" method="post">  
<input type="hidden" name="Nb_var03" id="Nb_var03" value="">  
</form>
```

```
<a href="#" onclick="return SetCmd('0');" title="Adelante"></a>  
<a href="#" onclick="return SetCmd('1');" title="Izquierda"></a>  
<a href="#" onclick="return SetCmd('2');" title="Izq"></a>  
<a href="#" onclick="return SetCmd('3');" title="Pare"></a>  
<a href="#" onclick="return SetCmd('4');" title="Der"></a>  
<a href="#" onclick="return SetCmd('5');" title="Derecha"></a>
```

```

<a href="#" onclick="return SetCmd('6');" title="Reversa"></a>
</body>
</html>

```

Así que, nuestra página *control00.htm* debería quedar tal como se muestra en la siguiente figura:

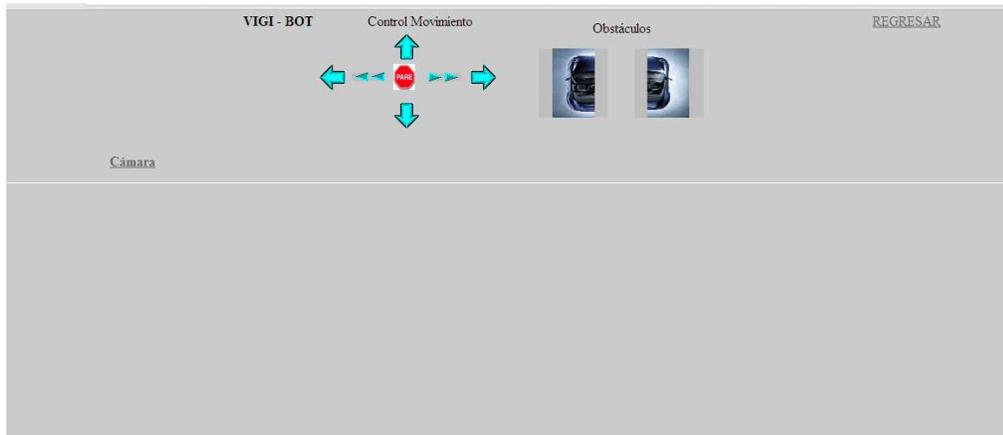


Fig. 6.38: *control00.htm*

Para la página *obtaculos.html* es necesario que se actualice constantemente, ya que cada que los sensores de contacto se activen, esto debe ser mostrado inmediatamente en nuestra página, tiene el siguiente código HTML:

La etiqueta meta hace que la página se actualice cada dos segundos aproximadamente, configurando el atributo `content="2"`.

```

<meta http-equiv="refresh" content="2"; URL="control00.htm"></head>

```

Dependiendo del valor que tomen las variables *Nb_var00* y *Nb_var01* correspondientes a los sensores 1 y 2 respectivamente, el microcontrolador enviará estos valores a la página web, y ésta mostrará la imagen correspondiente. Por ejemplo: el sensor 1 al momento de activarse es detectado por el BS2, éste carga el valor 1 en *Nb_var00*, el cual e enviado al servidor web para que muestre la imagen *sensor_izq1.gif*.

```

<body><table width="224" height="128" border="0">
<tr>

```

```

    <td colspan="2" align="center">Obstaculos</td>
  </tr>
  <tr>
    <td align="center"></td>
    <td align="center"></td>
  </tr>
</table>
</body>
</html>

```

La siguiente figura muestra la página *obstáculos.htm*.



Fig. 6.39: *obstáculos.htm*

El siguiente formulario guarda la dirección de la cámara IP en la variable “*Nb_var04*”. En las cámaras IP viene un software que indica que dirección y puerto es asignado al dispositivo, y esta dirección IP es la que se debe ingresar en el formulario, tal como se muestra en la figura 6.40.

```

<form name="form1" method="post" action="">
  <label>Dirección de cámara IP:
  <input type="text" name="Nb_var04" size="16" maxlength="16" value="<Nb_var04">">
  <input type="submit" value="Aceptar">
</label>
</form>

```

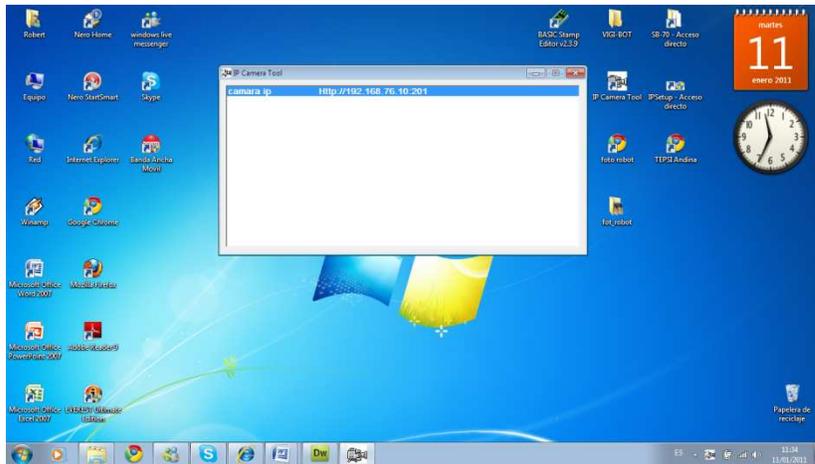


Fig. 6.40: Aplicación IP Camera Tool



Fig. 6.41: Formulario de dirección IP

Una vez seguidos los pasos anteriores y añadiendo nuestros dotes de programadores ya estaríamos en la capacidad de llamar en una sola página denominada *control02.htm*.

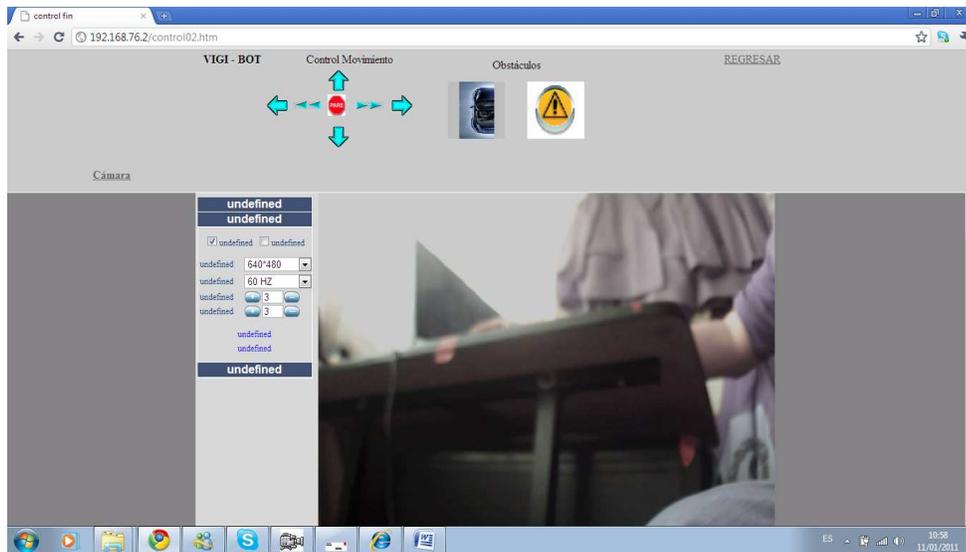


Fig. 6.42: *control02.htm*

6.4.2 PROGRAMACIÓN DEL BASIC STAMP 2

En la presente sección se confecciona el programa para el Basic Stamp 2 (ANEXO E), el cual controla los sensores y la recepción - transmisión de datos al módulo PINK.

Al inicio del programa se declara las variables, asignando como salidas a los puertos 8, 12 y 13, y como entradas a los puertos 0, 1 y 7. Los puertos 0 y 1 estarán recibiendo las lecturas de los sensores, el puerto 7 receptorá los datos que son enviados desde el PINK y el puerto 8 transmitirá los datos hacia el módulo, y los puertos 12 y 13 controlarán los servomotores.

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
```

```
DIR0 = 0
DIR1 = 0
DIR7 = 0
DIR8 = 1
DIR12 = 1
DIR13 = 1
```

```
NBVAR VAR Byte
counter VAR Byte
```

Las dos siguientes sentencias inicializan las variables *Nb_var00* y *Nb_var01* con valor 0, esto le indica a la página web que muestre las imágenes de los sensores en estado inactivo.

```
SEROUT 8,396,["!NB0W00:0"]  
SEROUT 8,396,["!NB0W01:0"]
```

```
PAUSE 100
```

A continuación se presenta el programa principal, primero hace una llamada a la subrutina *Lectura_Sensores*, la cual se encarga de leer el estado de los sensores detectores de obstáculos.

```
control:  
GOSUB Lectura_Sensores  
SEROUT 8,396,["!NB0R03"]  
SERIN 7,396,[NBVAR]  
IF NBVAR = 48 THEN GOSUB Adelante 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (48 -> "0")  
IF NBVAR = 49 THEN GOSUB Izquierda 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (49 -> "1")  
IF NBVAR = 50 THEN GOSUB Izq 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (50 -> "2")  
IF NBVAR = 51 THEN GOSUB Pare 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (51 -> "3")  
IF NBVAR = 52 THEN GOSUB Der 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (52 -> "4")  
IF NBVAR = 53 THEN GOSUB Derecha 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (53 -> "5")  
IF NBVAR = 54 THEN GOSUB Reversa 'comprueba valor ASCII que nos deja la visita (54 -> "6")  
GOTO control
```

La sentencia *SEROUT* lee la variable "*Nb_var03*" del módulo PINK y ésta es recogida por el comando *SERIN*. En cuanto lea el valor "0" ejecutará la subrutina *Adelante*, y de la misma manera con el resto de subrutinas.

El comando *PULSOUT* genera un pulso por el pin y período específico. Este comando no ajusta automáticamente el estado del pin, por eso se debe declarar el puerto con anterioridad como salida.

```
Adelante:  
PULSOUT 12, 850 'el motor recibe un pulso de 1,7 ms (antihorario)  
PULSOUT 13, 650 'el motor recibe un pulso de 1,3 ms (horario)  
PAUSE 20 'lapsus de 20ms entre un pulso y otro  
RETURN
```

La subrutina Lectura_Sensores se encarga de llamar a otras subrutinas dependiendo del que sensor se active, ya que puede ser el izquierdo o el derecho a ambos a la vez, para cada caso se realiza una acción distinta.

```
Lectura_Sensores:  
IF IN0 = 0 AND IN1 = 0 THEN GOTO Reversa1  
IF IN0 = 0 THEN GOSUB Reversa2  
IF IN1 = 0 THEN GOSUB Reversa3  
RETURN
```

En el caso de que se active el sensor derecho el programa llamaría a la subrutina **Reversa2**, el momento en que se activarse el sensor el programa del Basic Stamp 2 envía serialmente al módulo PINK el comando **!NB0Wxx** donde “xx” corresponde al número de la variable que se usa para cada sensor.

```
Reversa2:  
SEROUT 8,396,["!NB0W00:1", CLS]  
PAUSE 3000  
FOR counter = 1 TO 122  
  PULSOUT 12, 650  
  PULSOUT 13, 850  
  PAUSE 20  
NEXT  
PAUSE 2000  
SEROUT 8,396,["!NB0W00:0", CLS]  
PAUSE 2000  
RETURN
```

6.4.3 MONTAJE DEL SISTEMA ROBÓTICO MÓVIL

La figura 6.43 indica como es la conexión entre la PC y el BS2 y la conexión típica para el funcionamiento del Basic Stamp 2, siendo el pin 22 para reset, el 23 para GND y 24 para Vcc. Si cuenta con la tabilla de desarrollo del Basic basta con introducir el BS2 en el sócalo de la manera adecuada (orientarse por la muesca) para que empiece a funcionar el microcontrolador (figura 6.44).

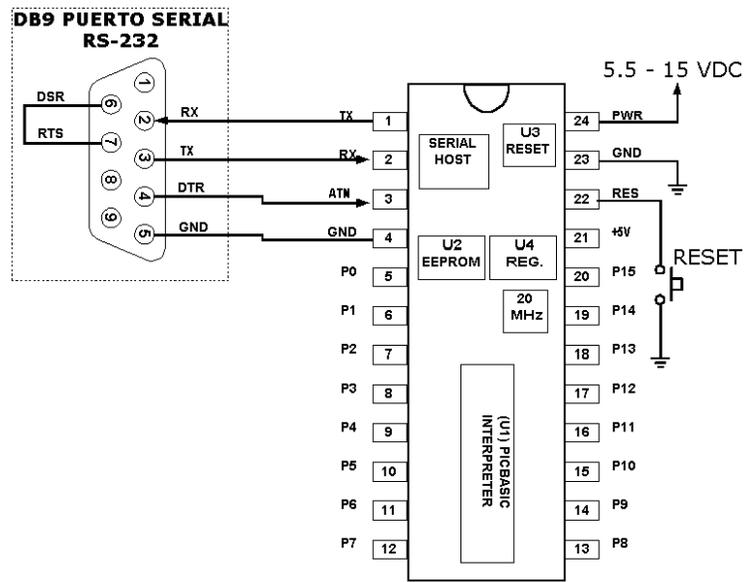


Fig. 6.43: Conexión típica del BS2

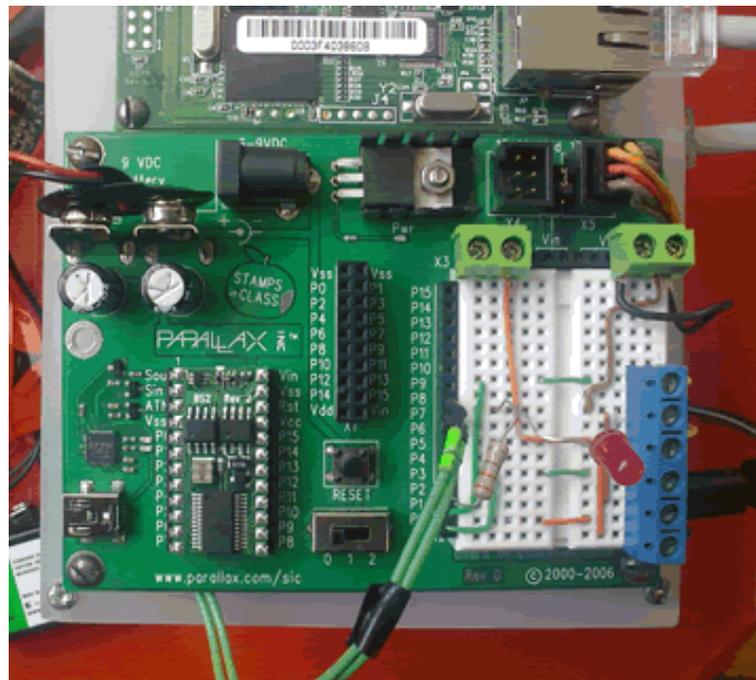


Fig. 6.44: Tablilla de desarrollo

El pin 1 del módulo PINK se conecta a tierra (0v) y el pin 9 a Vcc (5v), tal como se muestra en la siguiente figura. Además, se usará el pin 3 para la transmisión de datos hacia el BS2 y el pin 4 para la recepción.

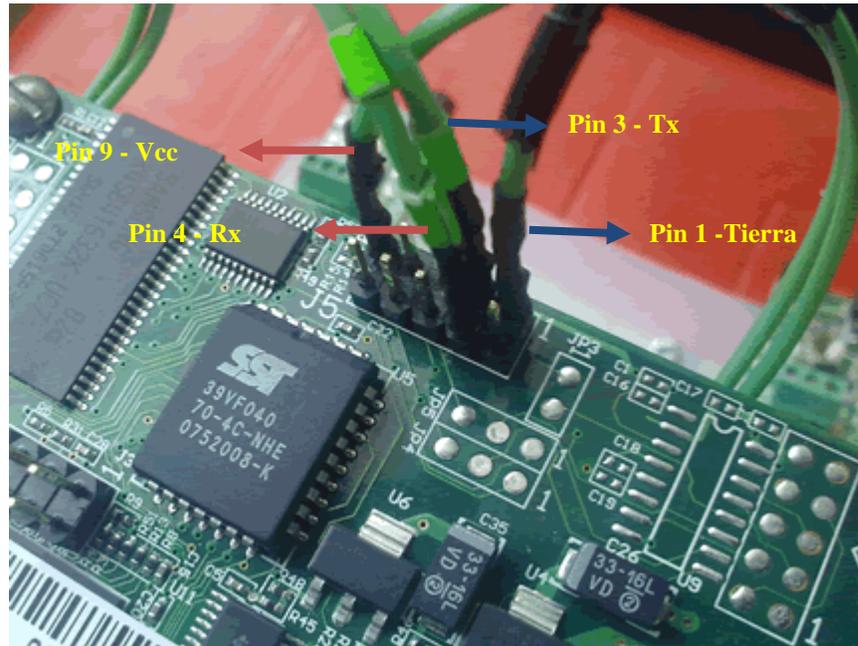


Fig. 6.45: Alimentación PINK

El microcontrolador Basic Stamp 2 transmite los datos hacia el PINK por medio del pin 8 y los recibe a través del pin 7, tal como se muestra en la figura 6.46

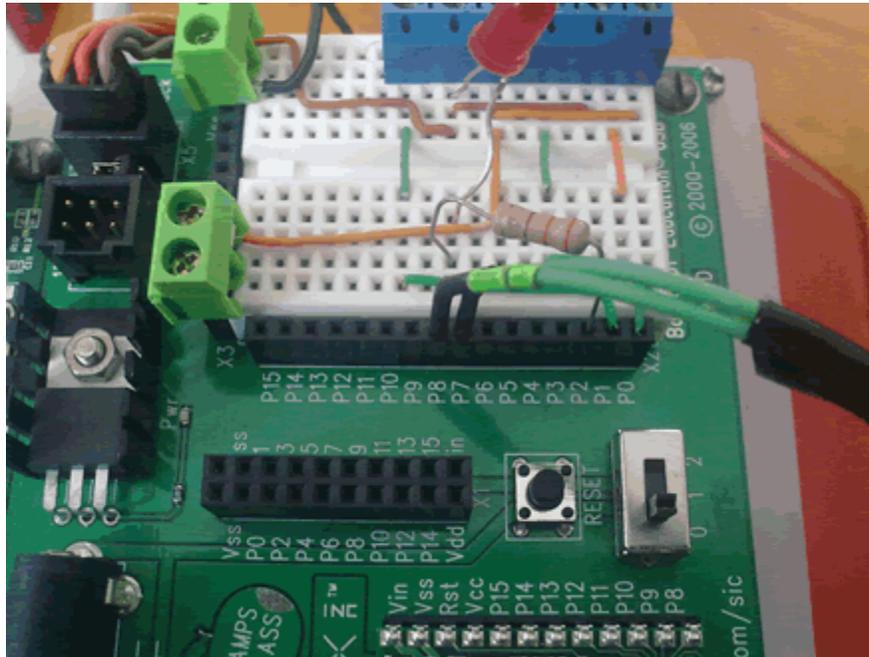


Fig. 6.46: Tx y Rx del BS2

La conexión del sensor detector de obstáculos se realiza mediante una borna de tres contactos tal como se muestra en la siguiente figura.

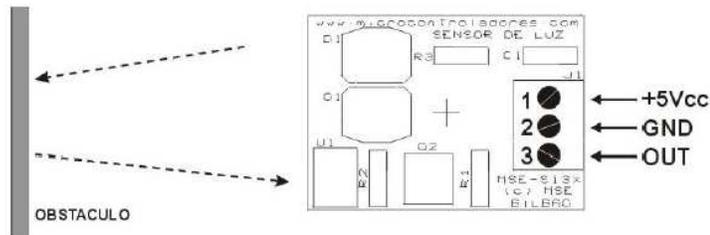


Fig. 6.47: Conexionado de los sensores

La salida del sensor 1 será conectada al puerto 0 del microcontrolador y la salida del sensor 2 al puerto 1 (figura 6.48).

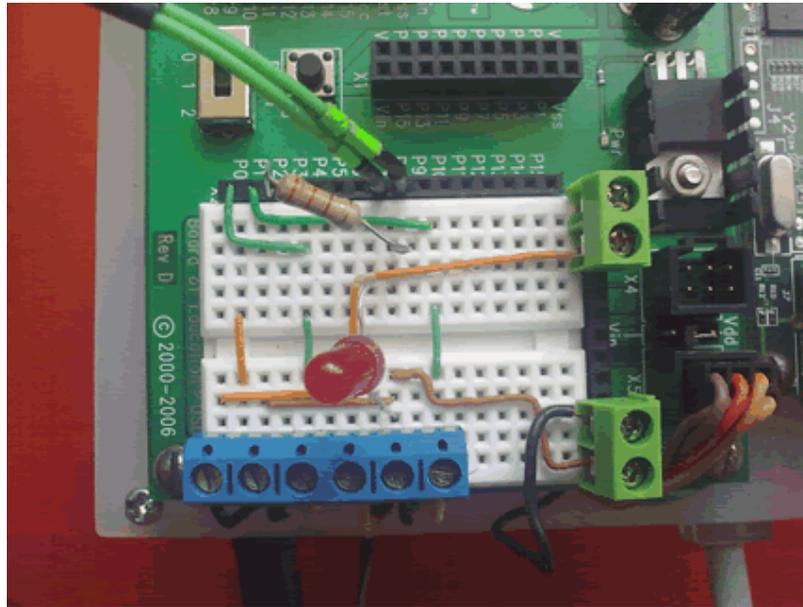


Fig. 6.48: Conexión de sensores

El sistema móvil debe ser controlado inalámbricamente (Wi - Fi), pero el módulo PINK únicamente proporciona una conexión tipo Ethernet (cableada), para obtener una conexión inalámbrica se ha configurado un Acces Point y se lo ha conectado vía Ethernet al módulo PINK.

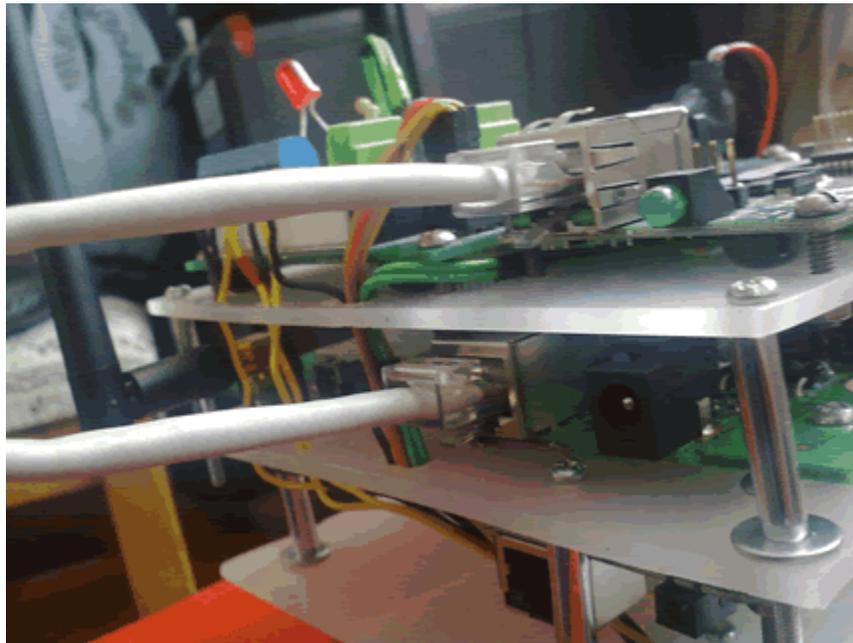


Fig. 6.49: Conexión entre PINK y AP

Para el movimiento del robot hemos utilizado dos servomotores que no son más que motores de corriente continua que ofrecen un control preciso de velocidad, posicionamiento y sentido de giro, estos servos los hemos conectado a los puertos 12 y 13 del Basic Stamp. Si se está usando la tablilla de desarrollo de Basic, ésta tiene incorporado conectores ideales para servos y dispositivos de tres terminales (Vcc , Tierra y Ent/Sal).



Fig. 6.50: Servos



Fig. 6.51: Conexión de servos

Luego de unir todos estos dispositivos y añadiendo accesorios como ruedas, baterías, etc., tendríamos como resultado final nuestro sistema robótico móvil controlado desde internet mediante Wi – Fi.

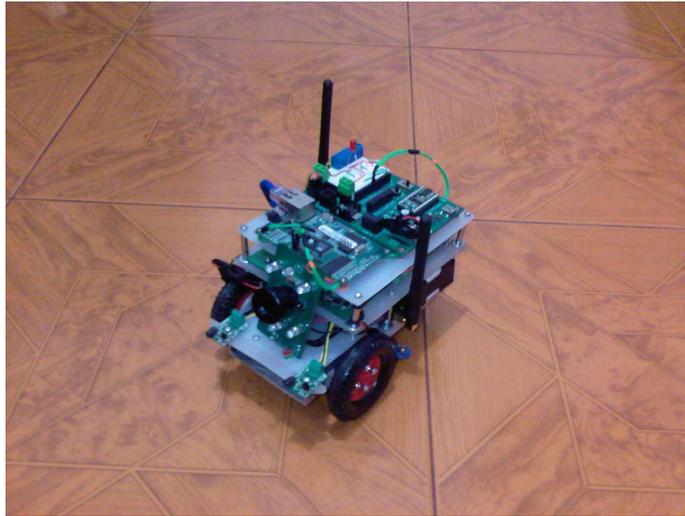


Fig. 6.52: Sistema móvil

CONCLUSIONES

- Se ha descrito el control de un sistema robótico móvil a través de Internet. Este sistema está formado por un robot móvil sobre el cual va montada una cámara de video IP. Ambos, el robot y la cámara pueden ser manejados desde un sitio WEB, en el cual se despliegan las imágenes captadas por la cámara. Entre las características interesantes del sistema descrito se cuenta el hecho de que éste se conecta en forma inalámbrica a Internet.
- Con el BS2 y el módulo PINK se puede usar la interacción remota basada en Internet con los robots móviles en varias aplicaciones útiles como: obtención de datos remotos, televigilancia, domótica, tele-operación asistida y desasistida, tele-robótica, etc.
- Lo significativo de este proyecto ha sido el uso de un servidor web que demuestra las enormes posibilidades que tiene el conectar circuitos hechos en base a microcontroladores como el Basic Stamp 2 a internet.
- La utilización de Internet como medio de transmisión de datos para aplicaciones de monitoreo y control o teleoperación de robots permite que los sistemas sean ampliamente disponibles para los usuarios, sin limitaciones geográficas.
- Aunque Internet proporciona un medio de comunicación barato y permanentemente disponible para la interacción remota con los robots, existen todavía muchos problemas que están por resolver. Entre los más importantes cabe citar el ancho de banda restringido y el retraso de la transmisión arbitrariamente grande que influye en el rendimiento, seguridad y la fiabilidad del sistema basado en Internet.

- Existen muchos factores a favor de usar la tecnología Java para desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles. Entre ellos cabe citar la compatibilidad de plataforma, la elección dinámica de aplicaciones y servicios, la seguridad y la disponibilidad de documentación y soporte técnico.
- La utilización de cámaras IP dan posibilidad de transmisión del vídeo en tiempo real a través de la red permitiendo en determinados casos una reducción de costes y tiempos de viajes y desplazamientos, al igual que ocurre con la transmisión de otro tipo de servicios de la red.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que un usuario avanzado descubra las enormes posibilidades de adaptación del módulo PINK, además de profundizar más en el código HTML con el fin de confeccionar páginas más interesantes y capaces de manejar el tráfico de datos.
- Antes de conectar el módulo PINK se recomienda tener un buen conocimiento de redes de computadoras y de cómo configurar una red local. Conocer acerca de los firewalls y las funciones de cualquier router o switch que se encuentre en la red local.
- En caso de no poder ver el módulo PINK desde la computadora o el internet revisar las soluciones de problemas citadas en el ANEXO B; así mismo, si se tiene fallas de conexión con el microcontrolador ir directamente al ANEXO A.
- Se recomienda tener una fuente de alimentación estable y segura para evitar dañar el módulo PINK o el microcontrolador BS2. Además, de poder darle la oportunidad de autonomía al sistema robótico móvil de cargarse por sí mismo.
- El sistema móvil debe estar conectado a internet inalámbricamente (Wi-Fi), pero el módulo PINK tiene la característica de hacerlo vía Ethernet, para ello se recomienda usar cualquier dispositivo inalámbrico (acces point, router, etc) y configurar en modo puente tanto el dispositivo que está a bordo del robot como el dispositivo del cual se recibe la señal.

RESUMEN

Se implementó un sistema robótico móvil controlado desde internet mediante wi-fi para dar solución a problemas de seguridad como vigilar una casa u oficina permitiendo seguir todos sus movimientos desde un sitio web.

El sistema tiene instalado un servidor web embebido (módulo PINK); un Access Point, permite la conectividad inalámbrica wi-fi; un microcontrolador BS2, controla los movimientos de servomotores; dos sensores detectores de obstáculos, evitan que el robot choque y sufra daños; lenguaje PBASIC, para programar el microcontrolador. Además, se instaló a bordo del robot una cámara de video IP, cuyas imágenes son receptadas por el usuario desde un sitio WEB.

Se diseñó una página web que fue almacenada en PINK, donde se monitorean: movimientos del robot, lectura de sensores y visualización de imágenes en tiempo real. En el circuito del BS2 se montan los servomotores encargados de dar movimiento al robot y los sensores que detectan obstáculos.

El sistema implementado funciona en entornos con acceso a internet inalámbrico, está formado por un robot móvil sobre el que va montada una cámara de video IP. Tanto, el robot como la cámara pueden ser manejados desde un sitio Web, en el que se despliegan imágenes captadas.

Con este sistema es posible la vigilancia remota usando internet como medio de transmisión. Para obtener un mejor rendimiento se recomienda tener un buen ancho de banda.

SUMMARY

A mobile robotic system controlled by the internet through wi-fi to solve security problems such as guard keeping a house or office by following up all movements from a web site.

The system has a built – in a server (module PINK); an Access Point permits the wi-fi wireless connectivity; a microcontroller BS2 controls the movements of the servomotors; two obstacle- detector sensors prevent the robot from crashing and getting damaged; PBASIC language to program the microcontroller. Moreover, an IP video camera whose images are received by the user from a WEB site, was installed on the robot.

A web page implemented in PINK was designed to monitor: the robots movements, sensor reading and image displaying in real time. In the BS2 circuit the servomotors in charge of giving the robot movement and the obstacle- detecting sensors are mounted.

The implemented system functions in surroundings with an access to wireless internet; it is composed of a mobile robot on which an IP video camera is mounted. Both, the robot and the camera can be handled from a web site in which received images are displayed.

With this system it is possible to have remote guard keeping using the internet as transmission means. It is recommended to have a good bandwidth to obtain a better performance.

GLOSARIO

BAUD RATE: es la tasa de baudios (en inglés Baud Rate), también conocida como baudaje, es el número de unidades de señal por segundo.

ENCODER: es un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje o generador de pulsos.

EXTENSOMÉTRICA: es una técnica experimental para la medición de esfuerzos y deformaciones basándose en el cambio de la resistencia eléctrica de un material al ser sometido a tensiones.

HÁPTICA: estrictamente hablando significa todo aquello referido al contacto, especialmente cuando éste se usa de manera activa.

INTERFACE: es la conexión entre dos ordenadores o máquinas de cualquier tipo dando una comunicación entre distintos niveles.

MECATRÓNICO: la mecatrónica surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la ingeniería, entre las que destacan: la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control.

MICROBÓTICA: es la tecno-ciencia que se ocupa de los microbots.

ODOMETRÍA: es el estudio de la estimación de la posición de vehículos con ruedas durante la navegación. Para realizar esta estimación se usa información sobre la rotación de las ruedas para estimar cambios en la posición a lo largo del tiempo.

TACÓMETRO: es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor. Se mide en revoluciones por minuto (RPM).

TAXONOMÍAS: (del griego taxis, "ordenamiento", y nomos, "norma" o "regla") es, en su sentido más general, la ciencia de la clasificación.

TELEMÁTICA: es una disciplina científica y tecnológica que surge de la evolución y fusión de la telecomunicación y de la informática.

VARIFOCAL: se dice de aquel objetivo que entre la mínima distancia focal y la máxima distancia focal puede situarse en cualquier posición intermedia pasando de una a una de forma continua.

ANEXO A

PRECAUCIONES CON EL BASIC STAMP 2

Al terminar es importante que desconecte la alimentación de la tablilla BASIC Stamp o Board of Education (o HomeWork Board) ya sea que se tome un descanso o que tenga que modificar circuitos en su tablilla. Primero, las baterías durarán más si el sistema no está consumiendo corriente cuando no la está usando. Segundo, pronto construirá circuitos en el área de circuitos de su tablilla Board of Education o HomeWork Board.

¡Precaución! Los circuitos prototipos no deben estar desatendidos con la batería o alimentación conectados. Siempre desconecte la alimentación de su tablilla Board of Education o HomeWork Board antes de descansar, o si piensa salir aunque sea uno o dos minutos.

DESCONECTANDO LA ALIMENTACIÓN

De la tablilla Board of Education: Con la tablilla Board of Education – Serial (Rev C), o la Board of Education USB, es muy fácil desconectar la alimentación. Solamente mueva el interruptor de 3 posiciones a la posición 0 empujándolo a la izquierda como abajo se muestra. (Si tiene una Board of Education –Serial vieja que no tiene interruptor de 3 posiciones, desconecta la batería o el plug de alimentación).

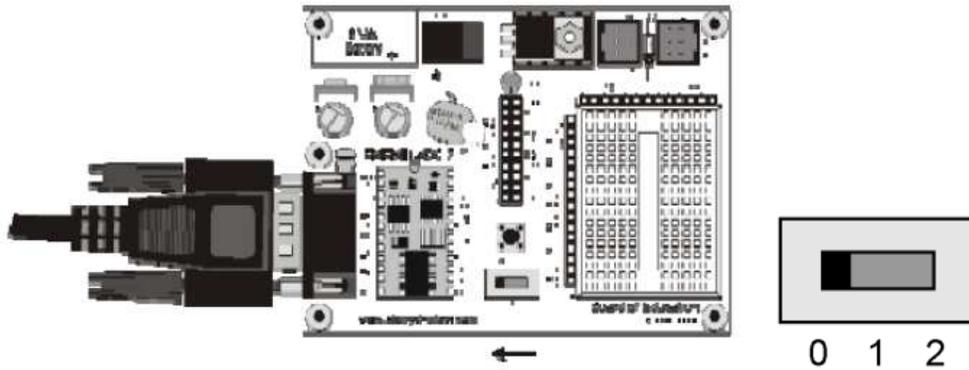


Fig. A.1: Alimentación de tablilla

¡Precaución! ¡No quitar el módulo BASIC Stamp de su base, a menos que necesite reemplazarlo por otro módulo! Cada vez que lo quite y reinserte en su base hay riesgo de que lo dañe. No necesita quitarlo si va a guardar su tablilla.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Las tabllas de desarrollo BASIC Stamp de Parallax, tienen un jack conector de barril o un conector para batería de 9 V, o ambos (también las Board of Education). Esta sección le da opciones para ambos tipos de conectores de alimentación.

Para tabllas con jack conector de barril.

Las dos opciones de fuentes de alimentación más comunes utilizadas con este conector son el eliminador de baterías y el porta baterías.

Para Eliminadores de Baterías:

- El Plug: es un plug de barril de 2.1mm con el positivo en el centro. Mire este símbolo que indica que la conexión positiva está en el centro.



Fig. A.2: Plug

- Corriente de salida: los eliminadores de baterías deben proporcionar DC (corriente directa). Mire a esta frase que indica salida VDC.
- Por ejemplo:
- Salida: 7.5 VDC 1000 mA
- Salida 7.5 V 1.4 A
- Voltaje de Salida. El voltaje de salida de la fuente de alimentación debe ser compatible con el que especifica su tablilla. Por ejemplo, la Board of Education requiere de 6 a 9 VDC.
- Voltaje de Entrada y Corriente: Los eliminadores de batería deben ser compatibles con la frecuencia y amplitud del voltaje de AC que está usando. Estos pueden variar dependiendo del país donde vive. En EEUU y Canadá, la entrada debe ser compatible con 120 VAC, 60 Hz.

Porta Baterías

Igual que los eliminadores de baterías, los porta baterías deben tener un plug de 2.1 mm con positivo en el centro. Sin embargo, algunos porta baterías no tienen un símbolo que indique si el positivo está en el centro. Use un voltímetro para verificar cualquier porta baterías de origen desconocido.



Fig. A.3: Porta Baterías

BUSCANDO FALLAS DE CONEXIÓN

Esta es una parte importante en la búsqueda de fallas en la conexiones de programación entre la computadora y la tablilla BASIC Stamp. Veamos las causas más comunes de fallas de comunicación:

1. **Pérdida de comunicación:** Cheque dos veces las conexiones entre su computadora y el cable de programación, del adaptador USB a Serial si lo está usando, y la tablilla de desarrollo.
 2. Conexión incorrecta de BASIC Stamp: Si está usando una tablilla Board of Education, cheque dos veces como se inserta el módulo BASIC Stamp en su base.
 3. No hay Alimentación: Verifique dos veces la alimentación conectada a su tablilla. Si su tablilla tiene interruptor de alimentación asegúrese que está conectado y el indicador brilla. Si usa una batería de 9 V utilice una batería nueva. Si está usando un porta baterías asegúrese que todas las baterías están insertadas correctamente en el porta baterías, use baterías nuevas. Si usa un eliminador de baterías, asegúrese que está conectado. Si tiene un voltímetro úselo para medir el voltaje que proporciona el porta baterías o el eliminador.
 4. Versión de Software: Asegúrese que está usando la última versión de software del Editor BASIC Stamp. Esta versión es 2.5. Verifique la última versión en www.parallax.com/basicstampsoftware.
 5. Drivers USB: Si está usando la conexión USB de Parallax, usted necesita actualizar los drivers. Vaya a la página de ayuda www.parallax.com/usbdriers
 6. Cuidado con un Adaptador USB a Serial que no es de Parallax. No cualquier adaptador USB a Serial soporta con precisión los tiempos que necesita la programación de BASIC Stamp. Algunas marcas como Belkin y GigaWare no son compatibles. Si es compatible Keyspan #USA 19-HS. Usted puede obtener un adaptador USB a Serial, barato con Parallax (#28030) en la liga www.parallax.com
- ✓ Bien, si aún no resuelve el problema use la sección de Ayuda de BASIC Stamp Editor Help.

ANEXO B

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA INTERFACE SERIAL

Si usted no tiene comunicación serial con el módulo PINK, consulte la siguiente lista de los problemas más comunes y las soluciones para ver si se puede corregir el problema antes de llamar a soporte técnico Parallax:

- Asegúrese de que la velocidad de transmisión se ha establecido en 2400 (o el valor correcto para el código / sistema) en la página web de configuración en el módulo PINK y asegúrate de hacer clic en "enviar Nueva Configuración". El ajuste de velocidad de transmisión en el programa IP Setup es para el puerto de depuración y no afecta a la comunicación normal de serie con el microcontrolador de acogida. Si es necesario, apagar y encender el módulo PINK y vuelva a comprobar que estos valores persisten.
- Los programas *. BS2 en los ejemplos de uso del BASIC Stamp 2 y trabajará con el BS2e y BS2pe, sin embargo, si estás usando un módulo diferente, como el BS2SX, BS2p o BS2px pueda tener el parámetro de velocidad de transmisión en su SERIN / SEROUT que se establece de forma incorrecta. Asegúrese siempre de que está utilizando el valor correcto de transmisión de la velocidad de transmisión y BASIC modelo de sello que está utilizando. Alternativamente puede utilizar los ejemplos de esos otros modelos BASIC Stamp. Asegúrese de que el ajuste de velocidad de transmisión en la página de configuración web coincide con la velocidad de transmisión utilizada en el código.
- Intente diferentes entradas/salidas de los pines. Una conexión incorrecta anterior puede haber dañado el pin de I/ O(s) que está utilizando causando la falla de comunicación. Si es posible verificar el pin I/O con un dispositivo de trabajo conocido como una serie de serie de cristal líquido o Parallax Módulo GPS. Iluminación de un LED no significa necesariamente que el pin de I/O funcionar. Un pin puede fallar de diferentes maneras.

- Asegúrese que los pines TX/RX I/O no estén al revés. El pin I/O que está enviando (SEROUT) datos en serie el BASIC Stamp es el pin TX que conecta a la clavija RX0 en el módulo PINK. Por el contrario el pin que está recibiendo (SERIN) en el BASIC Stamp es el pin RX y debe estar conectado a la clavija TX0 del PINK.
- Asegúrese de que la fuente de alimentación es la adecuada para alimentar el módulo PINK. El módulo PINK requiere por lo menos una fuente de alimentación 350 mA. Si está utilizando pilas, cambie a una fuente de pared. Las baterías no son fiables para la solución de problemas, sobre todo en un dispositivo que consume alta corriente como el módulo PINK. Una batería de 9V no tendrá la capacidad actual para ejecutar el módulo PINK.
- Asegúrese de que la velocidad de transmisión seleccionada esté dentro de la capacidad del microcontrolador que se está utilizando. El tiempo de respuesta del módulo PINK a un comando serial es de ~ 2.7ms para la compatibilidad con todos los modelos del BASIC Stamp.
- Asegúrese de que está utilizando un 0 (número cero) y no una operación O (letra o) en los comandos enviados al PINK. Algunos comandos están terminados con un valor NULL o CLS y otros no. Algunos comandos utilizan el R o W para designar a una lectura o escritura, mientras que otros no lo hacen. Verificar la estructura de mando, si usted no está consiguiendo los resultados esperados. En caso de duda ejecutar el código de prueba prevista.
- Al comprobar el poco éxito de E-Mail (4 bit), recuerde que debe ser comprobado durante el mismo ciclo de lectura del registro de estado cuando el E-Mail ocupados (bit 2) poco limpia. Esto se debe a que es eliminada durante los que leen que las siguientes lecturas no serán exactas. Esto se trata en el PINKSendEMail.bs2 programa de ejemplo.

SOLUCIÓN DE PROBLEMA DE LA INTERFACE DE RED

Debido a la gran complejidad y singularidad de las diversas configuraciones de software informático, hardware y redes, Parallax soporte técnico no puede ayudar a solucionar problemas con la red. Sin embargo, podemos dar algunas pautas de solución de problemas que pueden ayudar a resolver problemas comunes de la red en relación con el módulo PINK.

Mi módulo PINK no puede ser visto por el programa IPSetup...

- Asegúrese de que está utilizando el cable correcto para el método de conexión. Si va a conectar el PINK a una PC, entonces usted debe utilizar el cable rojo (cruzado). Si se conecta a un hub, switch o router, entonces debería estar usando el cable azul (directo).
- Asegúrese de que el PINK esté en el mismo rango de direcciones IP que la PC si está tratando de comunicarse desde ella. Si su PC se establece en un rango de direcciones IP estáticas de 192.168.xx y el módulo PINK se establece en un rango 10.10.XX entonces usted no podrá acceder a él. Del mismo modo, si el módulo PINK se establece para DHCP y no hay un servidor DHCP el PINK no puede tener una dirección IP válida. A menudo, todavía se puede ver el módulo PINK utilizando IPSetup en estos casos.
- Desactivar o apagar los servidores de seguridad que se estén ejecutando. Windows XP incluye un firewall integrado. Seguridad Utilidades como Norton Security/Anti-Virus, McAfee, Zone Alarm, etc., todo puede bloquear el tráfico de red que no consideren como seguros. En caso de duda desactive cualquier firewall.

Mi módulo PINK puede ser visto por mi PC pero no en Internet...

- Lo más probable es que usted está usando un router. De forma predeterminada y en su propia naturaleza, un router es un servidor de seguridad porque evita que los dispositivos conectados a él no puede ser visto en el exterior ya que no puede acceder

directamente a la dirección IP local a través de Internet. La mayoría de los routers tienen un puerto DMZ que permite todo el tráfico a su ISP Dirección IP asignada para ir directamente a través. Tenga en cuenta que esto normalmente permite que todos los puertos, incluidos los utilizados por el correo electrónico y sistema de telnet. Por lo tanto la seguridad puede estar comprometida con la zona de distensión, como el tráfico telnet podría ser visto por cualquier persona que sepa su dirección IP.

- La mayoría de los routers emplean "Port Forwarding" para permitir que los dispositivos se vean fuera de la red local. La ubicación y las opciones para esta configuración puede variar de un router a otro. Por lo general, usted tendrá una opción para especificar el puerto que se remitirá. Es casi siempre desea utilizar el puerto 80 (TCP) y, en algunos casos el Puerto # usado para UDP.
- Muchos routers que soportan "Port Forwarding" requieren el uso de direcciones IP estáticas en la red local o asignar nombres de dispositivo DHCP para identificar el dispositivo de destino. El módulo PINK soporta un nombre de dispositivo DHCP si el router lo requiere.

No puedo enviar correo electrónico de mi módulo PINK....

Para enviar correo electrónico desde el módulo PINK debe tener su módulo PINK configurado correctamente en la red y tener acceso a un servidor de correo SMTP. El servidor SMTP puede o no requerir la autenticación. Para la autenticación el PINK Firmware V1.0 firmware no es compatible. Su servidor no requiere esto, o se debe autenticar basado en direcciones IP. Esto es común para muchos de alta velocidad de ISP.

- El PINK Firmware V1.1 soporta la autenticación, sin embargo, utiliza el modo de texto sin formato y no es compatible con SSL o cifrado, entonces si su servidor de correo requiere que sea incompatible con el módulo PINK. Usted debe tener un caracter en el registro de autenticación para habilitar la autenticación. Tener cualquier cosa almacenada no le permitirá.

- El sistema de correo del módulo PINK utiliza el puerto estándar 25 para el acceso al servidor SMTP. Esto no puede ser cambiado ya que el servidor debe utilizar este puerto para el correo electrónico para que funcione correctamente.
- Algunos servidores SMTP requieren el campo FROM para contener el nombre de usuario o dirección de correo electrónico asociada a la cuenta del servidor. Pruebe su nombre de usuario o dirección de e-mail aquí.
- Existen programas servidores de correo que puedes configurar, sin embargo no tenemos ninguna información sobre estos programas. Se recomienda a la búsqueda en Google de dicho software.

•
ANEXO C
CÓDIGO HTML

control00.htm

```
<head>
<script language="javascript">
function SetCmd(NBVAR) {
    document.forms[0].elements[0].value = NBVAR;
    document.forms[0].submit();
    return false;
}
</script>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
<title>control00</title>
<meta http-equiv="refresh" content="20"; URL="control00.htm"></head>
<body LEFTMARGIN="0" MARGINWIDTH="0" TOPMARGIN="0" MARGINHEIGHT="0"
bgcolor="#CCCCCC" text="#000000" link="#5E0000" vlink="#666666" alink="#FF0000">
<form name="frm" id="frm" action="control00.htm" method="post">
<input type="hidden" name="Nb_var03" id="Nb_var03" value="">
</form>
<table width="815" border="0" align="center">
<tr>
<td width="84"><strong>VIGI - BOT </strong></td>
<td colspan="5" align="center" valign="bottom">Control Movimiento </td>
<td width="307" rowspan="4" align="justify"><IFRAME src="obstaculos.htm" width="300"
height="140" frameborder="0" scrolling="No" marginheight="0" marginwidth="0"></IFRAME></td>
<td width="171" align="right"><a href="marco_fin.html" target="_top"><a href="marco_fin.html"
target="_top">REGRESAR</a></td>
</tr>
<tr>
<td colspan="5">&nbsp;</td>
<td width="34">&nbsp;</td>
<td width="44">&nbsp;</td>
<td width="37"><a href="#" onclick="return SetCmd(0);" title="Adelante"></a></td>
<td width="44">&nbsp;</td>
<td width="60">&nbsp;</td>
<td rowspan="3">&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="5">&nbsp;</td>
<td colspan="2">&nbsp;</td>
<td colspan="2">&nbsp;</td>
<td colspan="2">&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="5">&nbsp;</td>
<td colspan="2"><a href="#" onclick="return SetCmd(1);" title="Izquierda"></a></td>
<td colspan="2"><a href="#" onclick="return SetCmd(2);" title="Izq"></a></td>
<td colspan="2"><a href="#" onclick="return SetCmd(3);" title="Pare"></a></td>
<td colspan="2"><a href="#" onclick="return SetCmd(4);" title="Der"></a></td>
<td colspan="2"><a href="#" onclick="return SetCmd(5);" title="Derecha"></a></td>
</tr>
</table>
```

```

</tr>
<tr>
  <td height="49"></td>
  <td>&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
  <td><a href="#" onclick="return SetCmd('6');" title="Reversa"></a></td>
  <td>&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
</table>
<blockquote>
<blockquote>
<blockquote>
  <p><a target="control01" href="http://<Nb_var04>:201"><strong>C&aacute;mar</strong></a>
  </p>
</blockquote>
</blockquote>
</blockquote>
</body>
</html>

```

control01.htm:

```

<head>
<script language="javascript">
function SetCmd(NBVAR) {
  document.forms[0].elements[0].value = NBVAR;
  document.forms[0].submit();
  return false;
}
</script>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
<title>control00</title>
<body LEFTMARGIN="0" MARGINWIDTH="0" TOPMARGIN="0" MARGINHEIGHT="0"
background="file:///images/Burgundy_Grey_31.jpg" bgcolor="#CCCCCC" text="#000000" link="#5E0000"
vlink="#666666" alink="#FF0000">
</body>
</html>

```

control02.htm:

```

<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
<title>control fin</title>
</head>
<frameset rows="30%,70%" frameborder="yes" border="1" framespacing="1">
  <frame src="control00.htm" name="control00" scrolling="no" id="mainFrame" title="mainFrame" />
  <frame src="control01.htm" name="control01" scrolling="yes" noresize="noresize" id="bottomFrame"
title="bottomFrame" />
</frameset>
<noframes><body>
</body>

```

```
</noframes></html>
```

obstaculo.htm:

```
<head>
<script language="javascript">
function SetCmd(NBVAR) {
    document.forms[0].elements[0].value = NBVAR;
    document.forms[0].submit();
    return false;
}
</script>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Untitled Document</title>
<meta http-equiv="refresh" content="2"; URL="control00.htm"></head>
<style type="text/css">
<!--
body {
    background-color: #CCC;
}
-->
</style></head>
<body><table width="224" height="128" border="0">
<tr>
<td colspan="2" align="center">Obst&aacute;culos</td>
</tr>
<tr>
<td align="center"></td>
<td align="center"></td>
</tr>
</table>
</body>
</html>
```

setcam.htm:

```
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<script language="javascript">
function SetCmd(NBVAR) {
    document.forms[0].elements[0].value = NBVAR;
    document.forms[0].submit();
    return false;
}
</script>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
<title>setcam</title>
</head>
<body LEFTMARGIN="0" MARGINWIDTH="0" TOPMARGIN="0" MARGINHEIGHT="0"
background="images/Burgundy_Grey_31.jpg" bgcolor="#CCCCCC" text="#000000" link="#5E0000"
vlink="#666666" alink="#FF0000">
<form name="frm" id="frm" action="control.htm" method="post">
<input type="hidden" name="Nb_var03" id="Nb_var03" value="">
</form>
```

```
<TABLE CELLPADDING="0" CELLSPACING="0" BORDER="0" align="left">
  <TR>
    <TD ROWSPAN="5" width="471" valign="top"><p align="center">&nbsp;</p>
      <form name="form1" method="post" action="">
        <label>Dirección de cámara IP:
          <input type="text" name="Nb_var04" size="16" maxlength="16" value="<Nb_var04">">
            <input type="submit" value="Aceptar">
        </label>
      </form>
    <p align="center">&nbsp;</p>
  <p align="center">&nbsp;</p></TD>
</TR>
</TABLE>
</body>
</html>
```

ANEXO D
CARTA ASCII

Esta Tabla incluye los primeros 128 caracteres ASCII. Observe que los códigos de control (los 32 más bajos caracteres ASCII) no tiene símbolos normalizados. Los caracteres sólo tienen nombres para referirse a estos códigos. Por ejemplo, para mover el cursor al principio de la siguiente línea de una impresora o una terminal se requiere frecuentemente los códigos alimentación de línea y retorno de carro. A este par se le llama “LF/CR”

ASCII Hex Simbolo			ASCII Hex Simbolo			ASCII Hex Simbolo			ASCII Hex Simbolo		
0	0	NUL	16	10	DLE	32	20	(espacio)	48	30	0
1	1	SOH	17	11	DC1	33	21	!	49	31	1
2	2	STX	18	12	DC2	34	22	"	50	32	2
3	3	ETX	19	13	DC3	35	23	#	51	33	3
4	4	EOT	20	14	DC4	36	24	\$	52	34	4
5	5	ENQ	21	15	NAK	37	25	%	53	35	5
6	6	ACK	22	16	SYN	38	26	&	54	36	6
7	7	BEL	23	17	ETB	39	27	'	55	37	7
8	8	BS	24	18	CAN	40	28	(	56	38	8
9	9	TAB	25	19	EM	41	29	)	57	39	9
10	A	LF	26	1A	SUB	42	2A	*	58	3A	:
11	B	VT	27	1B	ESC	43	2B	+	59	3B	;
12	C	FF	28	1C	FS	44	2C	,	60	3C	<
13	D	CR	29	1D	GS	45	2D	-	61	3D	=
14	E	SO	30	1E	RS	46	2E	.	62	3E	>
15	F	SI	31	1F	US	47	2F	/	63	3F	?

ASCII Hex Simbolo			ASCII Hex Simbolo			ASCII Hex Simbolo			ASCII Hex Simbolo		
64	40	@	80	50	P	96	60	`	112	70	p
65	41	A	81	51	Q	97	61	a	113	71	q
66	42	B	82	52	R	98	62	b	114	72	r
67	43	C	83	53	S	99	63	c	115	73	s
68	44	D	84	54	T	100	64	d	116	74	t
69	45	E	85	55	U	101	65	e	117	75	u
70	46	F	86	56	V	102	66	f	118	76	v
71	47	G	87	57	W	103	67	g	119	77	w
72	48	H	88	58	X	104	68	h	120	78	x
73	49	I	89	59	Y	105	69	i	121	79	y
74	4A	J	90	5A	Z	106	6A	j	122	7A	z
75	4B	K	91	5B	[	107	6B	k	123	7B	{
76	4C	L	92	5C	\	108	6C	l	124	7C	|
77	4D	M	93	5D	]	109	6D	m	125	7D	}
78	4E	N	94	5E	^	110	6E	n	126	7E	~
79	4F	O	95	5F	_	111	6F	o	127	7F	□

ANEXO E

PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

DIR12 = 1
DIR13 = 1
DIR7 = 0
DIR8 = 1

NBVAR VAR Byte
Counter VAR Byte

SEROUT 8,396,['!NB0W00:0"] 'inicializa variable 00
SEROUT 8,396,['!NB0W01:0"] 'inicializa variable 01

PAUSE 100

control:
GOSUB Lectura_Sensores
SEROUT 8,396,['!NB0R03"]
SERIN 7,396,[NBVAR]
IF NBVAR = 48 THEN GOSUB Adelante
IF NBVAR = 49 THEN GOSUB Izquierda
IF NBVAR = 50 THEN GOSUB Izq
IF NBVAR = 51 THEN GOSUB Pare
IF NBVAR = 52 THEN GOSUB Der
IF NBVAR = 53 THEN GOSUB Derecha
IF NBVAR = 54 THEN GOSUB Reversa
GOTO control

Adelante:
PULSOUT 12, 850
PULSOUT 13, 650
PAUSE 20
RETURN

Izquierda:
PULSOUT 12, 650
PULSOUT 13, 650
RETURN

Izq:
PULSOUT 12,650
PULSOUT 13, 650
PAUSE 100
RETURN

Pare:
```

```
'PULSOUT 12, 750
'PULSOUT 13, 750
RETURN
```

```
Der:
PULSOUT 12, 850
PULSOUT 13, 850
PAUSE 100
RETURN
```

```
Derecha:
PULSOUT 12, 850
PULSOUT 13, 850
PAUSE 20
RETURN
```

```
Reversa:
PULSOUT 12, 650
PULSOUT 13, 850
RETURN
```

```
Lectura_Sensores:
IF IN0 = 0 AND IN1 = 0 THEN GOTO Reversa1
IF IN0 = 0 THEN GOSUB Reversa2
IF IN1 = 0 THEN GOSUB Reversa3
RETURN
```

```
Reversa1:
HIGH led
SEROUT 8,396,["!NB0W00:1", CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0W01:1", CLS]
PAUSE 2000
FOR counter = 1 TO 150
PULSOUT 12, 650
PULSOUT 13, 850
PAUSE 20
NEXT
PAUSE 5000
SEROUT 8,396,["!NB0W00:0", CLS]
SEROUT 8,396,["!NB0W01:0", CLS]
LOW led
RETURN
```

```
Reversa2:
HIGH led
SEROUT 8,396,["!NB0W00:1", CLS]
PAUSE 3000
FOR counter = 1 TO 122
PULSOUT 12, 650
PULSOUT 13, 850
PAUSE 20
NEXT
PAUSE 2000
SEROUT 8,396,["!NB0W00:0", CLS]
```

```
PAUSE 2000  
LOW led  
RETURN
```

```
Reversa3:  
HIGH led  
SEROUT 8,396,["!NB0W01:1", CLS]  
PAUSE 3000  
FOR counter = 1 TO 122  
PULSOUT 12, 650  
PULSOUT 13, 850  
PAUSE 20  
NEXT  
PAUSE 2000  
SEROUT 8,396,["!NB0W01:0", CLS]  
PAUSE 2000  
LOW led  
RETURN  
END
```

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGULO, J.M., Robótica práctica., 3era. ed., Barcelona – España., McGraw Hil., 1985., pp. 1-80.
2. DEITEL, H. M., ¿Cómo programar en Java?., 5ta. ed., México DF – México., Pearson Education., 2004., pp. 23 -70.
3. DELGADO N .A., Diseño de un módulo de comunicación inalámbrica para robot móvil., 1era ed., Antioquia – Colombia., 2005., P. 223.
4. FRENZEL, E., Electrónica aplicada a los sistemas de las telecomunicaciones., 2da. ed., México DF – México., Alfaomega., 2003., pp. 36 - 85
5. GONZALEZ, F., La robótica, otro medio de transmisión., 2da. ed., México DF – México., Electrónica y Computadores., 1998., pp. 14 – 20.
6. LONDOÑO, N., La robótica, realidad y ficción., 11ava. ed., Medellín – Colombia., Ineldua., 2000., pp. 41 -52.
7. MUÑOZ N. D., Una plataforma para investigación en robótica móvil., 2002., Revista Silicio Nro. 14., pp. 26 – 31.

REFERENCIAS WEB:

BASIC STAMP:

www.norrislabs.com/Projects/RoboCam/index.html

2010-10-15.

www.parallax.com/dl/docs/books/edu/BSManSpanish.pdf

2010-10-17.

www.ecst.csuchico.edu/~juliano/csci224/Slides/bs2Tutorial.pdf

2010-10-26.

www.active-robots.com/products/parallax/datasheets/robotics-accessories/HomeWorkBoard-v1.3.pdf

2010-10-26.

www.aprenderobotica.com/page/manual-de-programacion-basica

2010-11-02.

www.aprenderobotica.com/page/stamp-works

2010-11-10.

www.aprenderobotica.com/page/que-es-un-microcontrolador

2010-10-09.

www.aprenderobotica.com/page/inicio-con-stamp-in-class

2010-10-13.

CÁMARAS IP:

www.axis.com/products/video/camera/about_cameras/overview.htm

2010-12-10.

www.axis.com/products/video/camera/about_cameras/types.htm

2010-12-11.

www.la-fortaleza.com/netcam.htm

2010-12-11

www.gscssoftware.com/teccamaraip.htm

2010-12-11.

www.valetron.eresmas.net/CamarasIP.htm

2010-12-12

www.axis.com/products/video/camera/about_cameras/netcam_tech.htm

2010-12-12.

MÓDULO PINK:

www.todomicrostamp.com/proyecto_bs.php?proyecto=pink1

2010-09-13.

www.todomicrostamp.com/proyecto_bs.php?proyecto=pink2

2010-09-23.

www.todomicrostamp.com/proyecto_bs.php?proyecto=pink3

2010-09-13.

www.todomicrostamp.com/interactivo.php

2010-10-18.

SENSORES:

www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm

2010-11-05.

www.todorobot.com.ar/documentos/sensores.pdf

2010-09-13.