

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO EN INGENIERÍA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITORIZACIÓN Y CONTROL REMOTO MEDIANTE LA
TARJETA MINICORE RCM5600W”**

LILIAN NARANJO CISNEROS

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL REMOTO MEDIANTE LA TARJETA MINICORE RCM5600W”, ha sido desarrollado en su totalidad por la Srta. Lilian Naranjo Cisneros con CI 100333154-1, bajo nuestra dirección.

Ing. Rodolfo Gordillo

DIRECTOR

Ing. Henry Miniguano

CODIRECTOR

RESUMEN

El presente trabajo realiza el diseño e implementación de un sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta Minicore RCM5600W. Esta tarjeta fue adquirida por la Escuela Politécnica del Ejército, como resultado de un estudio de las soluciones inalámbricas para la automatización industrial.

Este proyecto tiene la finalidad de conocer las diferentes prestaciones de la tarjeta RCM5600W. También se analiza las ventajas de implementarla en aplicaciones de automatización, control industrial, monitorización, seguridad y como unidad terminal remota. Se conoce las características generales del microprocesador como entradas y salidas de propósito general, características mecánicas, eléctricas, entre otras. Además, se realiza la programación en Dynamic C que es el software dedicado para procesadores de la familia Rabbit.

En el desarrollo del trabajo se efectúa la programación de la página web, debido a que la tarjeta solo acepta programación en texto plano, se realizó mediante html. Esta es la interfaz gráfica con la que interactúa el usuario y que permitirá realizar la monitorización y control de los sensores y actuadores. Finalmente, se ejecuta las pruebas de comunicación, envió/recepción de señales y control vía web para asegurar la operatividad adecuada del sistema.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a mis padres, Rocío y Fernando, que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a conseguir este logro. Pero sobre todo, por haberme inculcado valores éticos y morales que han sido la base fundamental en mi vida.

A mi hermana, Fernandy, que es mi apoyo en todo momento. Gracias por ser parte de mis alegrías y tristezas, porque con sus palabras y cariño he superados mis mayores retos.

A los directores de tesis: Ing. Rodolfo Gordillo e Ing. Henry Miniguano, por sus conocimientos y su tutoría durante el desarrollo del proyecto.

A mis amigos y compañeros, que con su alegría y entusiasmo han hecho amena esta etapa.

A una gran persona, David, porque juntos hemos compartido momentos de inmensa alegría y a través de su comprensión y apoyo ha sido parte de esta meta cumplida.

DEDICATORIA

Este proyecto de grado lo dedico a mi familia.

A mis padres, Rocío y Fernando, por su amor incondicional.

A mi hermana, Fernandy, por haber estado a mi lado en todo momento.

Lilian

PRÓLOGO

Los sistemas de comunicaciones han tenido un avance significativo en la industria lo que ha llevado a la aceptación de dispositivos inalámbricos para el control de procesos. La comunicación inalámbrica en la automatización industrial ofrece diversas ventajas como son: flexibilidad, costo, movilidad, entre otras, por lo que actualmente son implementados en los sistemas industriales. Por esta razón, la Escuela Politécnica del Ejército adquirió en el año 2010, la tarjeta de control embebido con capacidades Wi-Fi, de la marca Rabbit, denominada Minicore RCM5600W. La finalidad del presente proyecto es conocer las diversas prestaciones de la tarjeta, puertos de E/S y aplicaciones a nivel industrial.

El trabajo puede ser utilizado para futuras aplicaciones, ya que la estructura de la programación se ha explicado detalladamente. Uno de los objetivos es realizar la monitorización y control remoto mediante una interfaz web realizada en lenguaje html. Este aspecto es una gran ventaja del sistema debido a que capacidades similares en otros sistemas pueden ser muy costosas, y no accesibles para todos los usuarios. Por medio de la página web, se realiza el control remoto, y se puede realizar la monitorización constante de las variables de entrada y salida.

La tarjeta puede ser utilizada no solo en control industrial, sino también, en seguridad, vigilancia, control y como unidad terminal remota. La programación se efectúa mediante el software específico Dynamic C, que consta de diversas librerías para el máximo desempeño del microprocesador.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción del Proyecto.....	1
1.2 Antecedentes.	2
1.3 Justificación e Importancia.....	3
1.4 Alcance del Proyecto	4
1.5 Objetivos	5
CAPÍTULO 2	7
COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	7
2.1 Antecedentes de la Comunicación Inalámbrica	7
2.2 Ventajas de las Redes Inalámbricas	8
2.3 Desventajas de las Redes Inalámbricas	9
2.4 Clasificación de las Tecnologías Inalámbricas.....	11
2.4.1 WPAN	12
2.4.2 WLAN	14
2.4.3 WMAN	15
2.4.4 WWAN.....	16
2.5 WI-FI	17
2.5.1 Estándar 802.11.....	18
2.5.2 Certificación WI-FI	20
2.5.3 Arquitectura WI-FI.....	20

2.5.4 Autenticación y Encriptación	21
2.5.5 Aplicaciones de la Tecnología WI-FI.....	22
2.6 Comunicación en Automatización Industrial	22
2.6.1 Protocolos Industriales.....	23
2.6.2 Comunicación Inalámbrica Industrial	25
2.6.3 Criterios para la selección de tecnología inalámbrica a nivel industrial	27
CAPÍTULO 3	29
ANÁLISIS DE LA TARJETA MINICORE RCM5600W.....	29
3.1 Introducción.....	29
3.2 Características Generales Microprocesador MiniCore RCM5600W	30
3.3 Disposición de los Elementos en la Tarjeta RCM5600W	33
3.4 Entradas y Salida Digitales	35
3.5 Configuración de Pines	36
3.6 Procesador Rabbit 5000	40
3.7 Comunicación Serial	43
3.8 Características Mecánicas	45
3.9 Capacidad Wi-Fi de la Tarjeta RCM5600W	47
3.10 Dynamic C.....	48
CAPÍTULO 4	50
DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL REMOTO	50
4.1 Características Generales del Sistema	50
4.2 Descripción de los Elementos del Sistema	51
4.2.1 Sensor de Movimiento	51
4.2.2 Alarmas.....	54
4.2.3 Circuito para la Activación de los Actuadores	55

4.3 Programación del Controlador	58
4.3.1 Dynamic C	58
4.3.2 Interfaz de Dynamic C	59
4.3.3 Configuración Wi-Fi en Dynamic C	60
4.3.4 Arquitectura del Servidor Web	64
4.3.5 Asignación de Pines	67
4.3.6 Líneas de Programación.....	68
4.4. Comunicación y Almacenamiento en la Tarjeta RCM5600W	70
4.4.1 Comunicación	70
4.4.2 Compilación	73
CAPÍTULO 5	76
IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	76
5.1 Integración de Hardware	76
5.1.1 Conexión de la Tarjeta RCM5600W con la Placa de Adaptación	76
5.1.2 Conexión de la Tarjeta RCM5600W con la Placa de Control	78
5.1.3 Integración del Sistema	81
5.2 Integración de Software	82
5.2.1 Conexión de la Tarjeta con la Red.....	82
5.2.2 Diseño de la Interfaz Web.....	83
5.3 Pruebas y Resultados	85
5.3.1 Monitorización de Variables	85
5.3.2 Simulación de Presencia	86
5.3.3 Configuración del Router para Redireccionamiento.....	87
5.4 Análisis Económico	89
CAPÍTULO 6	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
6.1 Conclusiones.....	90

6.2 Recomendaciones	91
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	93
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
PROGRAMACIÓN C PARA LA TARJETA DE CONTROL.....	¡Error! Marcador no definido.
REGULADOR DE ADAPTACIÓN DE ALIMENTACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
CIRCUITO PCB DE PLACA DE ADAPTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CIRCUITO PCB DE LA PLACA DE CONTROL.....	¡Error! Marcador no definido.
FOTOGRAFÍAS	¡Error! Marcador no definido.
PROGRAMACIÓN HTML PARA PÁGINA WEB.....	¡Error! Marcador no definido.
LIBRERÍAS	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE FIGURAS	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS	¡Error! Marcador no definido.
GLOSARIO.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE DATASHEETS	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción del Proyecto

En la actualidad, la comunicación inalámbrica ha tomado un papel importante en la automatización industrial. Las diversas ventajas como la movilidad, flexibilidad y bajo costo han constituido un factor primordial para su implementación. Las tecnologías inalámbricas constituyen una eficiente forma de transmitir información de manera rápida y sin importar el lugar donde nos encontremos. Además, posibilitan el intercambio de datos entre usuarios sin mediación de cables.

Entre los distintos dispositivos que se ofrecen en el mercado con tecnología inalámbrica se hizo uso de la tarjeta MiniCore RCM5600W con capacidades Wi-Fi. El análisis de la misma permitirá visualizar sus aplicaciones a nivel industrial o doméstico.

En el presente proyecto se diseña un sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta embebida con capacidades Wi-Fi. A continuación se describe brevemente lo que se desarrolla en el proyecto.

En el capítulo 2 se realiza una descripción general de la comunicación inalámbrica en automatización industrial. Se conoce las características principales de la tecnología inalámbrica, poniendo énfasis en los sistemas embebidos con Wi-Fi.

En el capítulo 3 se analiza la tarjeta MiniCore RCM5600W, sus características físicas, eléctricas y mecánicas. Además este capítulo contiene la información necesaria de Dynamic C que es el software utilizado para la programación de la tarjeta.

En el capítulo 4 se desarrolla el diseño del sistema de monitorización y control remoto. Se indica una descripción general del sistema y los elementos que lo conforman. Adicionalmente se presenta la interfaz gráfica vía web que será utilizada por el operador.

El capítulo 5 contiene la implementación y puesta en marcha del sistema integrado. Se realizan pruebas de comunicación entre los dispositivos y se muestra los resultados obtenidos.

En el capítulo 6 se expone las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó al finalizar el presente proyecto.

Finalmente se adjunta los anexos que constan de: hojas técnicas de los dispositivos utilizados y líneas de código de programación tanto de la tarjeta como para el diseño de la página web.

1.2 Antecedentes.

A partir de 1970, el panorama de la electrónica cambió radicalmente con el apareamiento del microprocesador, esto introdujo el concepto de la lógica

programada. Actualmente se cuenta con muchas prestaciones como velocidades de procesamiento impresionantes y una enorme capacidad de memoria, lo que los hace apropiados para moverse sin problemas en entornos como el internet, procesamiento de datos y el trabajo en tiempo real [1].

La tarjeta de control embebido MiniCore RCM5600W viene integrada con tecnología Wi-Fi 802.11 b/g, funcionalidad que le permite dar soluciones de comunicación a un bajo costo y un reducido consumo de energía. Las aplicaciones son diversas sobre todo en el ámbito de sistemas de control entre ellas están:

- Control Industrial
- Unidad Terminal Remota (RTU)
- Automatización de casas y edificios
- Control, monitorización y comunicaciones
- Seguridad y vigilancia

En la actualidad la seguridad es uno de los temas que más preocupa por el alto nivel de delincuencia que existe en nuestro país. Por lo que tener un sistema de monitorización y control en nuestra vivienda crea tranquilidad para las personas que la habitan. Pero los altos costos que esto conlleva es la razón por la que no se ha podido implementar ya que no es accesible para la mayoría de hogares. Esta fue la causa fundamental para realizar la investigación hasta obtener un sistema que esté al alcance de todos y brinde comodidad y seguridad en nuestro hogar.

1.3 Justificación e Importancia

La utilización de soluciones de comunicación inalámbrica en aplicaciones de automatización industrial ha merecido particular interés en los últimos años. Es

con este fin, que a través de un proyecto de investigación realizado en la Escuela Politécnica del Ejército en el año 2010 [2], se adquirió una tarjeta de control embebido con capacidad de comunicación Wi-Fi denominada Minicore RCM5600W. Adicionalmente de sus capacidades de comunicación esta tarjeta dispone de un microprocesador de 74 MHz, entradas, salidas de propósito general y prestaciones para la implementación de un sistema de monitorización vía web.

Al disponer de este recurso el presente proyecto tiene por finalidad evaluar el desempeño de la tarjeta. Además se realizará el diseño e implementación de un sistema de control remoto que permita monitorizar un sistema de seguridad interactuando mediante una interfaz vía web.

El trabajo servirá de base para el desarrollo de futuras aplicaciones similares y se estudiará la factibilidad de utilizar la plataforma Wi-Fi en sistemas de automatización y control. Además permitirá conocer las funciones principales como el bajo costo, reducido consumo de energía, control embebido inalámbrico y solución de comunicaciones para el sistema de control integrado.

1.4 Alcance del Proyecto

En el presente proyecto se realizará la investigación del funcionamiento de la tarjeta de control embebido RCM5600W y la funcionalidad Wi-Fi que viene incorporado. Se programará en Dynamic C que será el software utilizado y se analizará las configuraciones necesarias para poner en marcha el sistema.

Para evaluar las aplicaciones de la tarjeta se seleccionará un sistema de seguridad el cual se monitorizará mediante una interfaz web. El sistema estará formado por sensores de movimiento ubicados estratégicamente para que no

existan falsas alarmas y una sirena que se activará ante presencias no deseadas. Los sensores y actuadores serán conectados a las entradas y salidas de la tarjeta respectivamente. Las señales recibidas serán enviadas por Wi-Fi a la PC que actuará como central para la visualización del estado del sistema. La aplicación se realizará en el departamento ubicado en Quito, Humberto Albornoz y Ugarte, Condominios Pichincha, Bloque 2, Dep. 223.

Se verificará el correcto funcionamiento del proyecto a través de pruebas que permitan evaluar tanto la aplicación de control así como la comunicación inalámbrica. Además se diseñara la página web con una interfaz adecuada para el usuario. Se implementará seguridad para el ingreso a la página configurando una contraseña como administrador y otra para un operador. La configuración de la tarjeta se realizará para una red LAN y WAN. A través de la interfaz se podrá realizar simulación de presencia y activación de los actuadores del sistema.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

- Diseñar e implementar un sistema de monitorización y control remoto mediante la utilización de la tarjeta de control embebido RCM5600W.

1.5.2 Específicos

- Analizar las características principales que presenta la tarjeta Minicore RCM5600W en aplicaciones de sistemas de control utilizando Wi-Fi.

- Diseñar el sistema de control remoto y monitorización de acuerdo al sistema de seguridad en el que será aplicado.
- Implementar una interfaz gráfica mediante una página web para visualizar el estado de los sensores y actuador del sistema de monitorización y control remoto.
- Evaluar el sistema de control y la comunicación inalámbrica mediante pruebas que confirmen el correcto funcionamiento del proyecto.

CAPÍTULO 2

COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

2.1 Antecedentes de la Comunicación Inalámbrica

Las comunicaciones han sido parte del desarrollo humano y satisfacer la necesidad de compartir información en el lugar en el que se encuentre. El paradigma de las comunicaciones era conectar punto a punto distintos lugares. Conforme ha pasado el tiempo y las tecnologías se han desarrollado, nuevas formas de comunicarse han aparecido. Era necesario establecer una comunicación que no dependa de un sistema bajo el cual tenga que conectarse en puntos específicos, es así, que nació la tecnología inalámbrica para posibilitar la comunicación sin necesidad de cables y facilitar la movilidad del usuario.

Desde su aparecimiento en el mercado, las comunicaciones inalámbricas han tenido un alto crecimiento debido a las múltiples ventajas que ofrecen. El auge que actualmente vive esta tecnología se debe fundamentalmente a la movilidad, costo y poca complejidad en la conexión.

Las redes inalámbricas utilizan ondas electromagnéticas para transportar información de un punto a otro sin utilizar una conexión física. La primera red

inalámbrica fue desarrollada de la Universidad de Hawaii en 1971 para enlazar los ordenadores de cuatro islas sin utilizar cables de teléfono. A principio de los 90 despegaron las redes inalámbricas cuando la velocidad de procesamiento de los chips fue suficiente para transmitir y recibir datos a través de conexiones de radio. Sin embargo, los precios eran elevados y no se podían comunicar unos con otros.

En julio de 1997 fue aprobada la norma 802.11 por la IEEE. Se especificaba el funcionamiento de LANs de 1 y 2 Mbps en la banda de 2,4 GHz y mediante infrarrojo. El 1998 aparecieron los primeros sistemas que funcionaban a 11Mbps y posteriormente se aprobó el funcionamiento en la banda de 5 GHz a velocidades de hasta 54 Mbps. En 1999 se crea la asociación conocida como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica) que posteriormente se llamó Wi-Fi en 2003. El objetivo fue crear una marca que permitiera fomentar la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos. De esta forma en 2000 se certifica la interoperabilidad de equipos según la norma IEEE 802.11b bajo la marca Wi-Fi.

2.2 Ventajas de las Redes Inalámbricas

Una de las diversas aplicaciones de la tecnología inalámbrica es que permite conectar nodos mediante enlaces inalámbricos y forma redes de diversa naturaleza. Esto, obviamente, posibilita que una red inalámbrica presente ventajas sobre una red cableada. Entre las principales se nombra las siguientes:

- **Movilidad:** la libertad de movimiento es uno de los beneficios más evidentes en la comunicación inalámbrica. Una red inalámbrica nos permite desplazar el equipo dentro del área de cobertura de la red sin preocuparnos del cableado.

- **Escalabilidad:** la red inalámbrica se puede expandir con facilidad después de su instalación inicial. A diferencia de una red cableada que se necesita una planificación para instalar el nuevo cableado.
- **Ahorro de costos:** diseñar e instalar una red cableada puede llegar a alcanzar un alto costo, debido al tiempo y las molestias que esto conlleva. La instalación de una red inalámbrica permite compartir recursos lo que disminuye la inversión.
- **Configuración simple:** en general la configuración es muy sencilla, se pueden configurar en diversas topologías adaptándose eficientemente a la aplicación que se requiere. Se debe tomar en cuenta la configuración de la seguridad de la red.

2.3 Desventajas de las Redes Inalámbricas

Los principales inconvenientes de las redes inalámbricas son los siguientes:

- **Menor Ancho de Banda:** la velocidad de transmisión de las redes cableadas es de 100 Mbps mientras que las redes inalámbricas lo hacen a 11 Mbps. Actualmente existen estándares que alcanzan los 54 Mbps y soluciones propietarias que llegan a los 100 Mbps, pero estos estándares están en los comienzos de la comercialización y tienen un precio superior a los actuales equipos Wi-Fi.
- **Soluciones Propietarias:** la estandarización ha sido bastante lenta por lo que ciertos fabricantes han sacado al mercado algunas soluciones propietarias. Esto supone un gran problema ante el mantenimiento del sistema, ya que se verá obligado a acudir al mismo fabricante.

- **Seguridad:** las redes inalámbricas tienen la particularidad de no necesitar un medio físico para funcionar. Esto se puede convertir en una desventaja debido a los posibles intrusos que pueden aparecer en el área de cobertura de la red.
- **Interferencias:** las redes inalámbricas funcionan en la banda de 2,4 GHz. Esta frecuencia no requiere de licencia administrativa por lo que muchos equipos del mercado lo utilizan. Este hecho hace que no exista la garantía suficiente para que nuestra red inalámbrica funcione a su más alto rendimiento.

La tabla de la Tabla 2.1 resume las ventajas y desventajas de las redes inalámbricas y cableadas. No obstante, siempre es posible combinar en un mismo entorno las ventajas que ofrecen ambas.

	Red Inalámbrica	Red Cableada
Costes de instalación	Medio	Alto
Movilidad	Sí	No
Flexibilidad	Muy alta	Baja
Escalabilidad	Alta	Muy Alta
Seguridad	Alta	Alta
Demanda	Baja	Muy alta
Configuración e instalación	Fácil	Media
Presencia en empresas	Baja	Alta
Integridad	Alta	Alta
Licencia	Depende de los casos	No

Tabla 2.1. Comparación de las redes inalámbricas y las redes cableadas

2.4 Clasificación de las Tecnologías Inalámbricas

Desde hace algunos años, las tecnologías inalámbricas se están abriendo paso en el mundo tecnológico que nos rodea. El avance que han tenido va de acuerdo a los servicios que la sociedad ha demandado. La necesidad de una rápida obtención y actualización de datos, logra una mayor eficiencia en el desempeño, ya sea a nivel industrial o personal.

La clasificación de las tecnologías inalámbricas puede ser variada. Se puede clasificar por el tipo de información que transmiten: voz, datos, video; por su movilidad: fijas, móviles; por la forma de transmitir la información: infrarrojo, radio, microondas; o por el rango de alcance: WPAN, WLAN, WMAN, WWAN.

No se pretende profundizar en todas las tecnologías inalámbricas pues sería demasiado extenso. Para propósitos de esta tesis, se expondrá las tecnologías más conocidas, ahondando en la tecnología Wi-Fi ya que se utiliza en el desarrollo del proyecto.

Las tecnologías inalámbricas según su rango de alcance se muestran en la Figura 2.1.

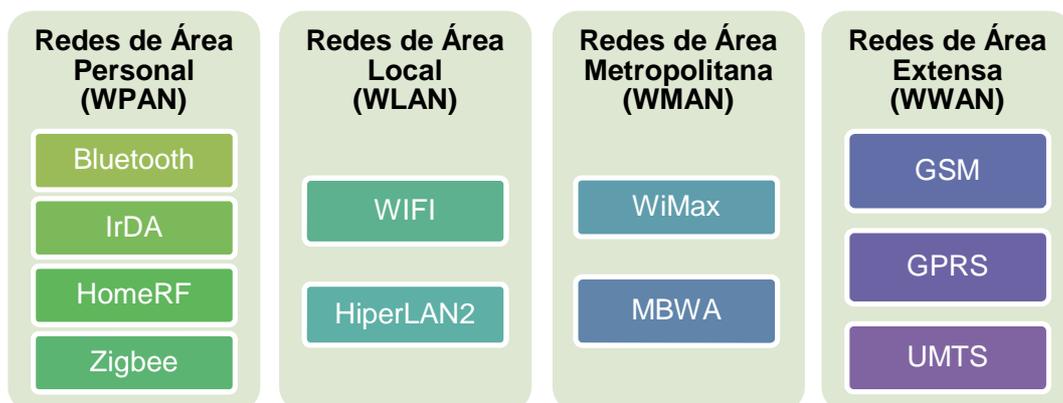


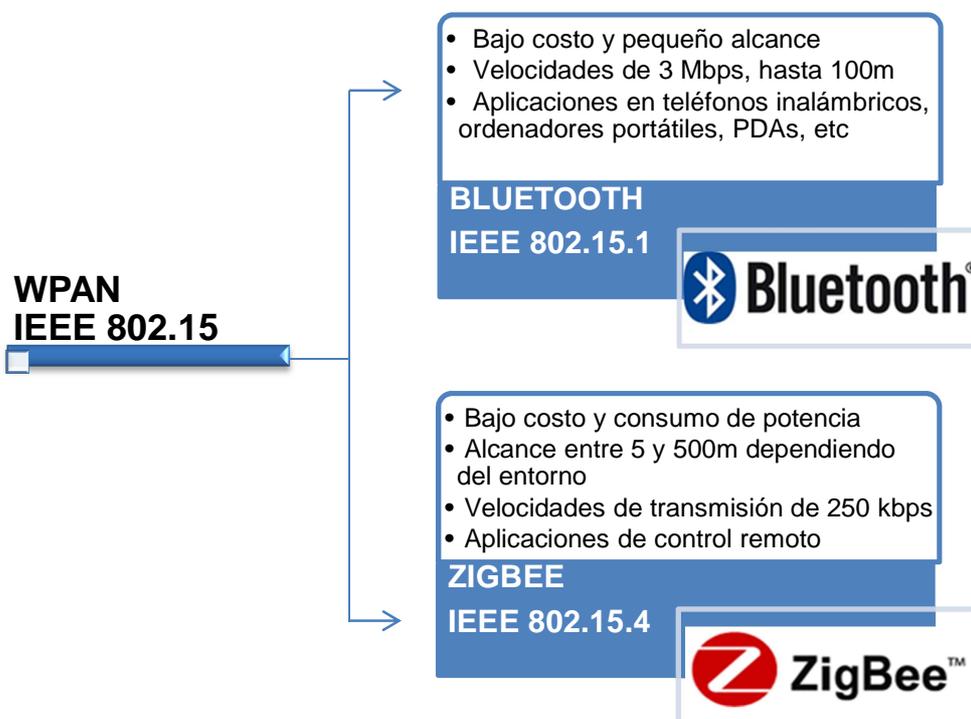
Figura 2.1. Tecnologías Inalámbricas

2.4.1 WPAN (Wireless Personal Area Network)

Las redes personales están diseñadas para la interconexión de equipos móviles sin necesidad de cables, como teléfonos móviles, cámaras, portátiles o PDAs. Permiten establecer comunicaciones inalámbricas en un área reducida.

Las principales tecnologías inalámbricas cuyas características permiten la construcción de las redes WPAN (Figura 2.2) son las siguientes:

- Bluetooth
- IrDA
- HomeRF
- Zigbee
- UWB



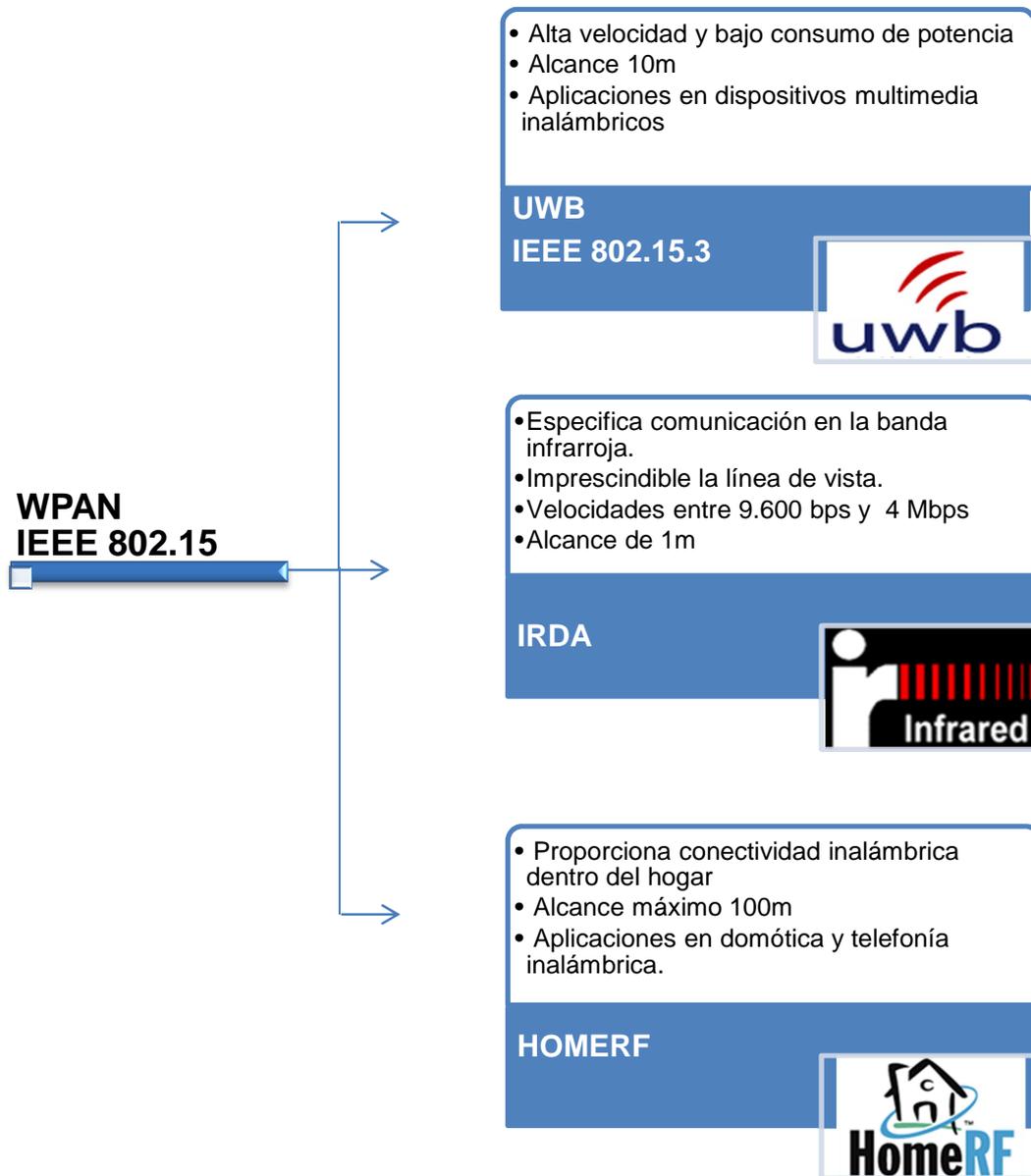


Figura 2.2. Características de las tecnologías para redes WPAN

2.4.2 WLAN (Wireless Local Area Network)

Las redes inalámbricas de área local WLAN comúnmente cubren distancias entre 10 a 100 m. La importancia de la tecnología WLAN radica en la flexibilidad, es móvil y elimina la necesidad de usar cables. Puede transmitir y recibir voz, datos y video dentro del área de cobertura.

Existen varios tipos de tecnologías: Wifi (IEEE 802.11) con el respaldo de WECA y la HIPERLAN2 (*High Performance Radio LAN 2.0*), estándar europeo desarrollado por ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).

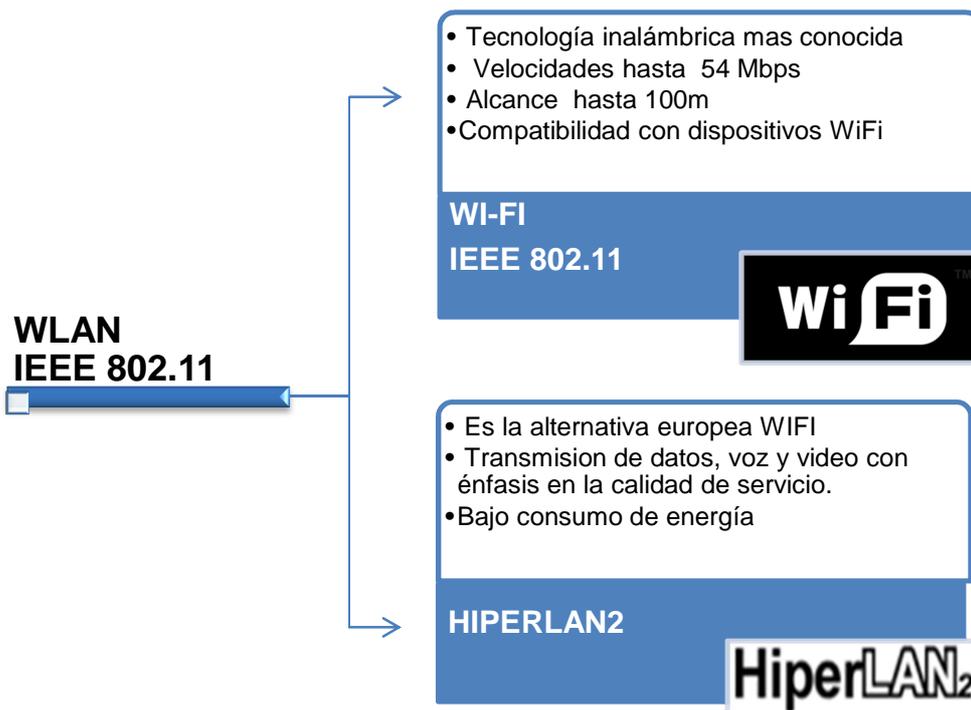


Figura 2.3. Características de las tecnologías para redes WLAN

2.4.3 WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)

Una red de área metropolitana es el conjunto de muchas redes de área local interconectadas. Las WMAN pueden extenderse hasta un máximo de 50 Km.

Entre las ventajas más sobresalientes encontramos:

- Frecuencia de 2.4 GHz ,5.7 GHz y 5.8 GHz
- Fácil y bajo costo de mantenimiento
- Rápida instalación
- Excelente velocidad de transmisión (72 Mbps.)

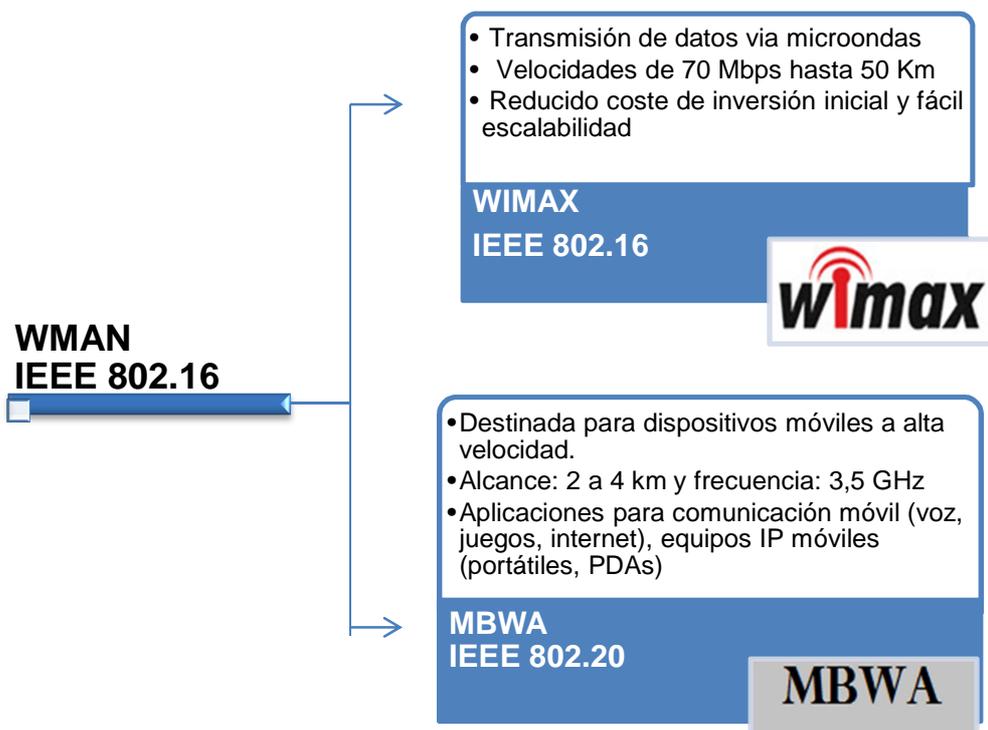


Figura 2.1. Características de las tecnologías para redes WMAN

2.4.4 WWAN (Wireless Wide Area Network)

Las tecnologías WWAN permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas a través de redes remotas públicas o privadas. Estas conexiones se realizan en áreas geográficas extensas. Por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica WAN. Las tecnologías principales son:

- GSM (*Global System for Mobile Communication*)
- GPRS (*General Packet Radio Service*)
- UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)

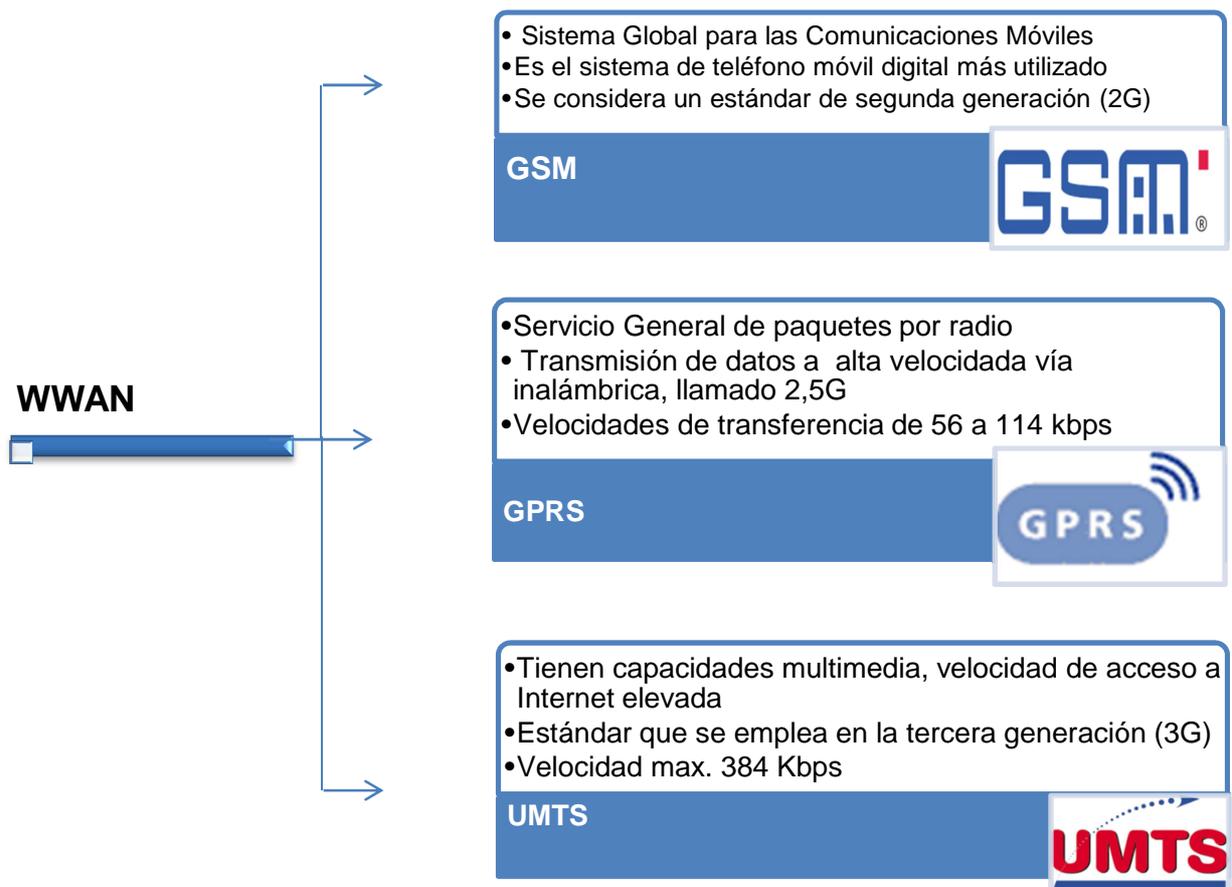


Figura 2.5. Características de las tecnologías para redes WWAN

En resumen las características técnicas de las principales tecnologías inalámbricas se muestran en la Tabla 2.2.

	FRECUENCIA	TASA DE TRANSFERENCIA	ALCANCE
BLUETOOTH	2,4 GHz	Hasta 721 Kbps	10 m hasta 100m
IRDA	Infrarrojo	2 Mbps	1 a 2 m
HOMERF	2,4 GHz	10 Mbps, 5 Mbps, 1,6 Mbps, 800 Kbps.	100m
ZIGBEE	2.4GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU)	250 kbps (2.4 GHz), 40 kbps (915 MHz), y 20 kbps (868 MHz)	10 a 75m
WIFI	20 MHz	Hasta 54 Mbps	100 m
HIPERLAN2	5 GHz	54 Mbps	30 m a 150 m
WIMAX	1,5 MHz a 20 MHz	Hasta 100 Mbps	50 Km
MBWA	3,5 GHz	Por encima de 1 Mbps	Por encima de los 250 km/h

Tabla 2.2. Características Técnicas de las Tecnologías Inalámbricas

2.5 WI-FI

Wi-Fi es el nombre comercial desarrollado por el grupo Wi-Fi Alliance, una asociación de fabricantes de productos basados en el protocolo IEEE 802.11 que pretende certificar la compatibilidad entre distintos productos que utilizan el estándar 802.11.

Es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más usada en la actualidad. Permite crear redes de área local inalámbricas de alta velocidad siempre y cuando los equipos se encuentren dentro del espacio de cobertura. Cubre un rango de 1 a 100 metros aproximadamente. Entre las diversas ventajas que presenta Wi-Fi se puede resaltar la facilidad en la configuración e implementación, así como, su bajo costo.

2.5.1 Estándar 802.11

IEEE 802.11 es un conjunto de estándares de comunicaciones que define los protocolos a usar en los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (*Open System Interconnection*), capa física y de enlace de datos, para crear una red de área local inalámbrica. El modelo OSI y la familia de protocolo 802.11 se muestra en la Figura 2.6.

La capa física define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos. Ofrece tres tipos de codificación de información. La capa de enlace está compuesta por dos subcapas: control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC). Se encarga de definir la interfaz entre el bus del equipo y la capa física.

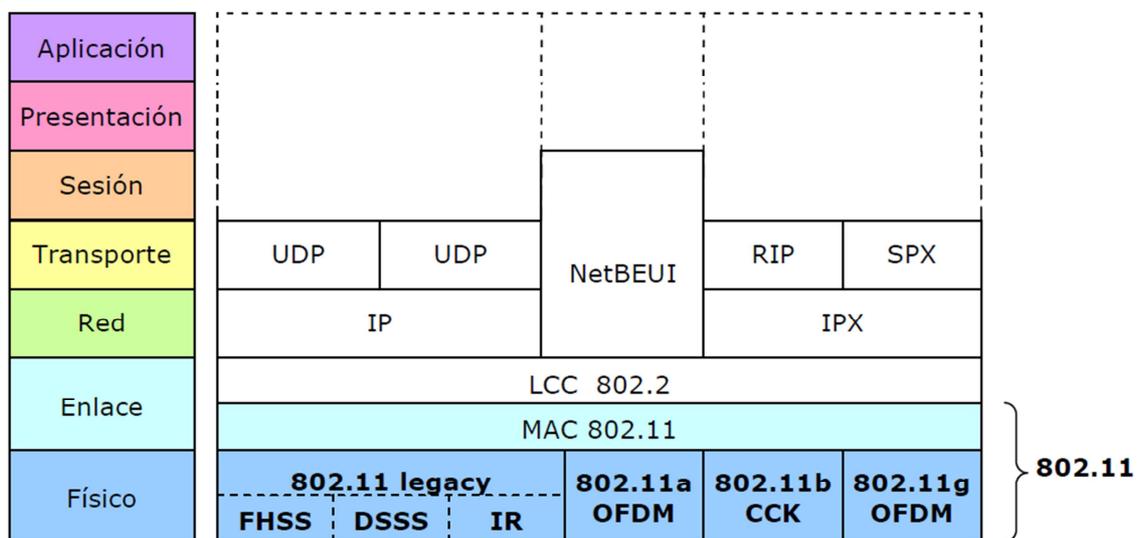


Figura 2.6. Modelo OSI y familia de protocolos 802.111

¹ Figura 2.6 tomada de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11460/fichero/Memoria%252F3.-+Redes+Inal%E1mbricas.pdf>

El estándar 802.11 fue presentado en el año de 1997 y con velocidades de transmisión de 1 a 2 Mbps. El estándar original se ha modificado para optimizar el ancho de banda o para especificar componentes de mejor manera con el fin de garantizar mayor seguridad o compatibilidad. En la Tabla 2.3 se muestra la familia IEEE 802.11 y sus principales características.

Estándar	Descripción
IEEE 802.11	Estándar original de 1 Mbps y 2 Mbps a 2,4 GHz e IR
IEEE 802.11a	Nuevo estándar de 54 Mbps en la banda de 5 GHz
IEEE 802.11b	Mejora de IEEE 802.11 a 5.5 Mbps y 11 Mbps
IEEE 802.11c	Procedimientos para trabajar en modo Bridge
IEEE 802.11d	Extensión para comunicaciones internacionales
IEEE 802.11e	Mejoras en la Calidad de Servicio (QoS)
IEEE 802.11f	Mejoras para la interconexión de Puntos de Acceso
IEEE 802.11g	Estándar de 54 Mbps en la banda de 2,4 GHz compatible con IEEE 802.11b
IEEE 802.11h	Manejo del espectro radioeléctrico en la banda de 5 GHz para compatibilidad en Europa
IEEE 802.11i	Mejoras de Seguridad
IEEE 802.11j	Extensión para Japón
IEEE 802.11k	Mejoras en la medida de la potencia radioeléctrica
IEEE 802.11m	Mantenimiento del estándar
IEEE 802.11n	Nuevo estándar de banda ancha de 2,4 GHz y 5 GHz compatible con IEEE 802.11a e IEEE 802.11b/g
IEEE 802.11p	Acceso inalámbrico para entornos de vehículos (WAVE)
IEEE 802.11r	Intinerancia entre redes inalámbricas
IEEE 802.11s	Creación de redes inalámbricas de malla
IEEE 802.11t	WPP: recomendaciones para los métodos de prueba
IEEE 802.11u	Interconexión con otras redes no basadas en IEEE 802
IEEE 802.11v	Gestión de redes inalámbricas
IEEE 802.11w	Tramas reservadas de gestión
IEEE 802.11y	Utilización de la Banda 3650-3700 en EE.UU.

Tabla 2.3. Grupo Estándar 802.112

² Tabla 2.3 Tomado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11460/fichero/Memoria%252F3.-+Redes+Inal%E1mbricas.pdf>

2.5.2 Certificación WI-FI

El certificado Wi-Fi garantiza la interoperabilidad con otros productos certificados bajo el mismo estándar. Sin embargo, si un equipo carece de la certificación Wi-Fi no quiere decir que no cumpla con los estándares IEEE o que no pueda interoperar con otros equipos que cumplan ese estándar.

Los productos certificados por la Wi-Fi Alliance se identifican con el logotipo de la marca Wi-Fi y un código de colores que se corresponden con las tres variantes del estándar IEEE 802.11: a, b y g y la nueva versión IEEE 802.11n.



Figura 2.7. Icono de certificación Wi-Fi

2.5.3 Arquitectura WI-FI

Existen dos modos de funcionamiento en el estándar 802.11, estos son:

- **Modo Ad-Hoc:** permite a los equipos inalámbricos interconectarse entre ellos sin la necesidad de utilizar un punto de acceso, estableciendo conexiones punto a punto. La configuración que forman las estaciones se llama conjunto de servicio básico independiente o IBSS. Un IBSS es una red inalámbrica que tiene al menos dos estaciones y no usa ningún punto de acceso. Por eso, el IBSS crea una red temporal que le permite a la gente que esté en la misma sala intercambiar datos.

- **Modo Infraestructura:** los equipos que conforman la red se conectan a un punto de acceso a través de un enlace inalámbrico. La configuración formada por el punto de acceso y las estaciones ubicadas dentro del área de cobertura se llama conjunto de servicio básico o BBS (*Basic Service Set*). Estos forman una célula. Cada BSS se identifica a través de un BSSID (*Service Set Identifier*) que es un identificador de 6 bytes (48 bits). En el modo infraestructura el BSSID corresponde al punto de acceso de la dirección MAC.

2.5.4 Autenticación y Encriptación

La mayoría de las redes inalámbricas utilizan algún tipo de configuración de seguridad. Estas configuraciones de seguridad definen la autenticación que muestra como los dispositivos se identifican en la red y la encriptación que es el modo en que los datos se cifran a medida que se envían por la red.

- **WEP (Wired Equivalent Privacy)**

Fue lanzado 1997, en un intento de proveer confidencialidad en las redes inalámbricas. El WEP es un sistema de encriptación estándar implementado en la MAC y soportado por la mayoría de las soluciones inalámbricas. Proporciona un cifrado a nivel 2, basado en el algoritmo de cifrado RC4 que utiliza claves de 64 bits o de 128 bits.

- **WPA (Wi-Fi Protected Access)**

Es un sistema para proteger las redes inalámbricas (Wi-Fi), creado para corregir las deficiencias del sistema WEP. Se basa en el cifrado de la información mediante claves dinámicas, que se calculan a partir de una contraseña.

2.5.5 Aplicaciones de la Tecnología WI-FI

En un principio las redes inalámbricas fueron diseñadas para comunicación dentro de entornos empresariales. Una red inalámbrica, formada por varios puntos de acceso, además de conectar equipos dentro de su área de cobertura; se conecta a la red cableada de la empresa para proporcionar conectividad global dentro del entorno empresarial.

Las redes Wi-Fi tienen muchas aplicaciones prácticas para todo tipo de entidades, empresas o negocios. Entre las principales podemos enumerar las siguientes:

- Aplicaciones residenciales
- Redes corporativas
- Usos industriales
- Acceso público a Internet
- Conexión sin necesidad de cables a un PC, portátil, PDA, teléfono móvil, etc
- Acceso a una red empresarial desde cualquier punto.
- Utilización de servicios de VoIP sin cables.

2.6 Comunicación en Automatización Industrial

La Automatización Industrial se ha convertido en un medio fundamental para mejorar el rendimiento y la eficiencia de las operaciones y procesos industriales. La obtención de datos permite tomar decisiones operacionales y estratégicas en un proceso. Por esta razón, las redes de comunicación desempeñan una función primordial en la implantación de modernos sistemas de automatización industrial.

Los principales objetivos de las redes de comunicación para la automatización industrial son las siguientes:

- a) Adquirir datos desde localidades remotas
- b) Transmitir los datos para su posterior procesamiento
- c) Proveer los recursos para aumentar la confiabilidad y seguridad en los procesos de producción mediante detección temprana de condiciones de alarma, supervisión y control continuo de procesos de alto riesgo.
- d) Verificar el estado de las instalaciones y seguimiento de las condiciones de operación de estaciones remotas
- e) Proveer paralelamente Servicios de Transmisión de Voz e Imágenes

2.6.1 Protocolos Industriales

Los protocolos industriales deben poseer algunas características importantes para su utilización en los sistemas de control de procesos y en sistemas SCADA. Estas características son:

a) *Deben ser sistemas fáciles de reparar y mantener*

Las operaciones en un sistema industrial son muy sensibles a retardos producidos por fallas o mantenimiento. Si las operaciones no demandan un alto nivel de intercambios y altas velocidades, se puede utilizar el protocolo más sencillo.

b) *Deben poseer un alto nivel de integridad en la transferencia de datos*

En un ambiente industrial con altos niveles de ruido eléctrico y donde no se permite errores en la transferencia de datos, por ejemplo, en el control de operaciones críticas, los protocolos deben poseer sistemas muy robustos para la detección y recuperación de errores.

c) Alta velocidad en la actualización de parámetros

En sistemas industriales puede ser necesaria la actualización simultánea de un gran número de parámetros de control de operaciones. La naturaleza de muchas operaciones de control y supervisión no permite retardos entre los primeros y los últimos dispositivos en una cadena de transmisión de los datos. Los protocolos empleados deben cumplir con esta condición.

En su mayoría, los protocolos industriales no están normalizados y son propiedad de los fabricantes del sistema. La estandarización de los protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores.

Cada protocolo tiene un rango de aplicación, fuera del cual disminuye su rendimiento. No se trata de que los protocolos compitan entre sí, sino que se complementen cuando se trata de una arquitectura de un sistema de comunicación.

Existen diversos protocolos utilizados industrialmente, no es tema de este trabajo detallar cada uno de ellos, así que se nombrarán los más importantes y posteriormente se analizará con mayor profundidad los protocolos en comunicación inalámbrica industrial.

- MODBUS
- DEVICENET
- PROFIBUS
- Fieldbus Foundation (FF)
- Ethernet Industrial

- Nivel de comunicación
- Supervisión y control de procesos

2.6.2 Comunicación Inalámbrica Industrial

La comunicación inalámbrica se ha constituido en una opción aceptada industrialmente, ya que no solamente se aplica en la comunicación de los sistemas industriales, sino que también está entrando al ámbito de los controladores, RTUs, sensores y dispositivos a cargo de la automatización de procesos.

La tecnología inalámbrica ha revolucionado los procesos a nivel industrial. Las ventajas que ofrece como robustez, seguridad, disponibilidad, distancias de alcance y facilidad de operación, lo ha convertido en una alternativa viable y eficiente. Esta tecnología se basa en estándares internacionales como IEEE 802.11, GSM o GPR.

Las redes inalámbricas industriales nacieron como una solución de comunicación en lugares inhóspitos. Las aplicaciones van a variar dependiendo del proceso a realizarse, un ejemplo de la configuración de un sistema en una IWLAN (Industrial Wireless LAN) se muestra en la Figura 2.8. Se observa que en la mayoría de casos las redes son híbridas, es decir, se implementan los protocolos más adecuados para el sistema de automatización. Se necesita un punto de acceso que conecta la red inalámbrica para retransmitir los datos entre dispositivos inalámbricos y cableados.

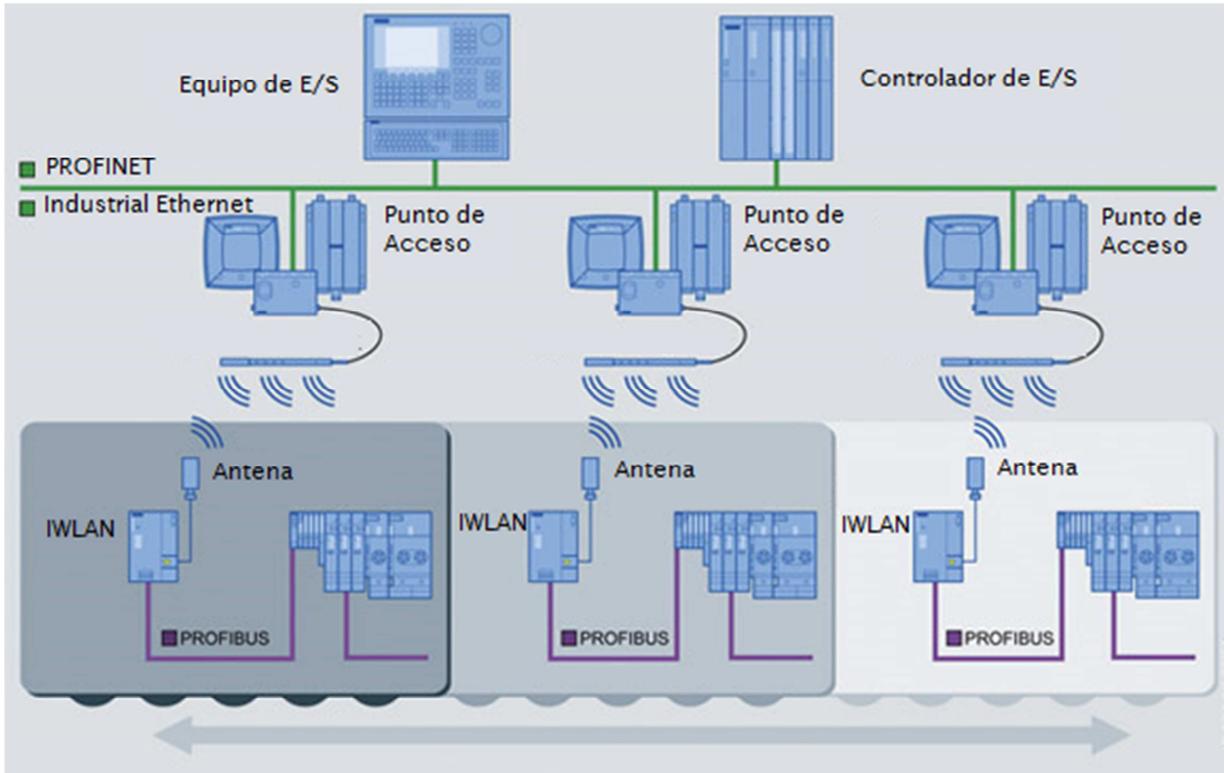


Figura 2.8. Red de Comunicación Inalámbrica Industrial

Las velocidades de transmisión de los datos dependen de la frecuencia a la que trabajan y a las condiciones en las que se desarrollan. Las características técnicas, básicamente, son las mismas que en una red inalámbrica convencional. Por ejemplo en las redes inalámbricas industriales LAN a 2.4 GHz y 5GHz hasta 54 Mbps presentan las características mostradas en la Tabla 2.4.

	2.4 GHz		5 GHz	
	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 g	IEEE 802.11 a	IEEE 802.11 h
Método	DSS	OFDM	OFDM	OFDM
Rango	Interior: 30m Exterior: 100m	Interior: 30m Exterior: 100m	Interior: 10-15m Exterior: ---	Interior: 30-50m Exterior: 400m

	2.4 GHz		5 GHz	
	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 g	IEEE 802.11 a	IEEE 802.11 h
Potencia emisión	100 mW	100 mW	30 mW	200 mW (interior) 1W (Banda alta)
Ancho de banda	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Posibilidad de fallo	Alta	Media	Baja	Baja
Canales sin sobreposición	3	3	4	19
Frecuencias utilizables	Regulación uniforme	Regulación uniforme	Estatales	Estatales

Tabla 2.4. Características de IWLAN a 2.4 y 5 GHz³

2.6.3 Criterios para la selección de tecnología inalámbrica a nivel industrial

El desarrollo de comunicaciones inalámbricas depende de las condiciones en que se desarrolla, para lograr su mejor desempeño. Para seleccionar tecnología inalámbrica en un ambiente industrial debemos tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Determinar las distancias que deben ser alcanzadas, tanto en el nivel de dispositivos como en la monitorización y control.
- Analizar los costos de los dispositivos de comunicación inalámbrica así como la instalación y mantenimiento.
- Examinar las prioridades en el proceso, por ejemplo, se puede necesitar menor velocidad de transmisión de datos pero mayor seguridad en la recepción de los mismos.

³ Tomado de http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/2828/WiFi_Completa.pdf

- Considerar los niveles de confiabilidad y seguridad de los equipos.
- Determinar el ancho de banda requerido en el proceso.
- Analizar cuál es el retardo máximo permitido en la transmisión de información.
- Observar el tipo de ambiente en que se instalarán los equipos de comunicación.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA TARJETA MINICORE RCM5600W

3.1 Introducción

El crecimiento tecnológico ha permitido contar con dispositivos de alta confiabilidad y eficiencia para realizar la automatización de los procesos. Estos dispositivos reciben las señales de entrada, las procesan y activan órdenes a las salidas para accionar los actuadores.

Existen un sin número de controladores entre los principales se encuentran los PLC, microcontroladores, tarjetas de adquisición y tarjetas electrónicas de control embebido las cuales ofrecen múltiples ventajas dependiendo de la aplicación a realizarse.

En el presente capítulo se analiza el microprocesador MiniCore RCM5600 de la familia Rabbit para conocer las innumerables prestaciones que ofrece y las diversas aplicaciones que se puede desarrollar. “*Rabbit Semiconductor*” es un proveedor mundial de microprocesadores de 8 bits de alto rendimiento y de herramientas de desarrollo de control, comunicaciones y conectividad vía Ethernet embebidos. En el año 1999 introdujo al mercado el microprocesador Rabbit[®] 2000, basado en la arquitectura del Z-80. Hoy en día ofrece un sistema

completo de diseño embebido con capacidades Wi-Fi, perteneciente a la familia 5000.

3.2 Características Generales Microprocesador MiniCore RCM5600W

El módulo Minicore RCM5600W es una tarjeta electrónica de control embebido, cuyo núcleo se basa en el microprocesador Rabbit 5000 de 8 bits corriendo a 74 MHz (Figura 3.1). Presenta 6 puertos seriales de alta velocidad, hasta 35 líneas de E/S multiplexadas, PWM y alta capacidad en su memoria RAM y FLASH.

Proporciona conectividad Wi-Fi 802.11b/g con seguridad WPA2, WPA y WEB para poder integrarlo a las redes inalámbricas de manera sencilla. Consta de 52 pines montada en un conector integrada a una placa de reducido tamaño, a través de la cual se puede interactuar con otros dispositivos digitales MOS que sean compatibles.

Existen múltiples aplicaciones que solo dependen de las necesidades y los procesos a controlar. Se puede nombrar las siguientes:

- Monitorización y control de procesos
- Supervisión de sistemas
- Seguridad y vigilancia
- Archivo de datos
- Unidad Terminal Remota (RTU)
- Control Industrial

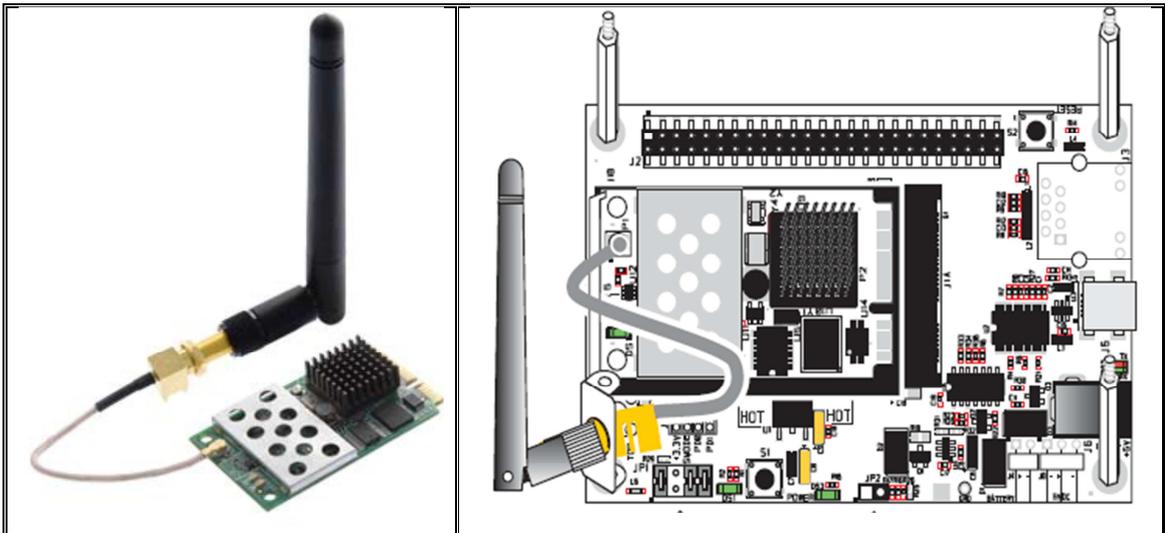


Figura 3.1. Microprocesador MiniCore RCM5600W [1]

Entre las principales ventajas de la tarjeta RCM5600W podemos enunciar las siguientes:

- Precio competitivo en comparación con alternativas similares
- Facilidad de programación y depuración (programación en lenguaje C)
- Alta capacidad en memoria, lo que permite el almacenamiento de gran cantidad de líneas de código.
- Comunicación serial
- Rapidez de procesamiento
- Incluye una tarjeta con conexión USB, para su rápida compilación y mediante la cual se transmite la energía a la tarjeta.

Las características que ofrece la tarjeta se detallan en la Tabla 3.1.

Característica	RCM5600W
Microprocesador	Rabbit® 5000 at 74 MHz
Memoria Flash	1 MB
SRAM	1MB
Respaldo de batería	Conexión para batería de respaldo suministrada por el usuario
E/S de propósito general	Hasta 35 líneas de E/S digitales, configurables hasta 4 alternativas de funciones
Entradas adicionales	Entrada de Reset
Salidas adicionales	Estado, Salida de Reset
Bus Externo de E/S	Puede ser configurado para 8 líneas de datos y 8 líneas de direcciones, además de E/S para lectura/escritura
Puertos seriales	6 puertos de alta velocidad, compatible con CMOS
Tasa de transferencia serial	Máxima tasa de transmisión asincrónica = CLK/8
Interfaz esclavo	El puerto configurado como esclavo permite que el RCM5600W pueda ser utilizado como un dispositivo periférico inteligente esclavizado a un procesador principal
Reloj en tiempo real	Si
Temporizadores	10 temporizadores de 8 bits, 1 temporizador de 10 bits con dos registros de igualdad, y 1 temporizador de 16 bits con 4 salidas y 8 registros del set/reset.
Watchdog	Si
Modulador de ancho de pulso	4 canales de PWM sincronizado con contador de 10 bits o 4 canales de fase variable o PWM sincronizado con contador de 16 bits
Captura de entrada	2 canales de captura de entrada que pueden ser usados para temporizar señales de entrada desde varios puertos.

Decodificador de cuadratura	2 canales para decodificador en cuadratura aceptan señales de entrada desde módulos codificadores incrementales externos.
Energía	3.15V DC (min.) - 3.45V DC (max.) 625 mA a 3.3 V durante la transmisión/recepción 85 mA a 3.3 V sin transmisión/recepción
Temperatura de operación	-30°C a +55°C
Humedad	5-95%, no condensado
Conectores	Borde de conectores de 52 pines para la interfaz
Tamaño del módulo	1.20" x 2.00" x 0.40" (30 mm x 51 mm x 10 mm)

Tabla 3.1. Características de la Tarjeta MiniCore RCM5600W [2]

3.3 Disposición de los Elementos en la Tarjeta RCM5600W

La placa en la que se encuentra el microprocesador RCM5600W viene integrada con todos los accesorios para desarrollar una estación de trabajo y realizar las aplicaciones deseadas. Además, tiene la facilidad de una fuente de alimentación mediante el cable USB que va conectado al computador, adicionalmente tiene una entrada para una batería de respaldo. La disposición de los elementos en la tarjeta RCM5600W se muestra en la Figura 3.2.

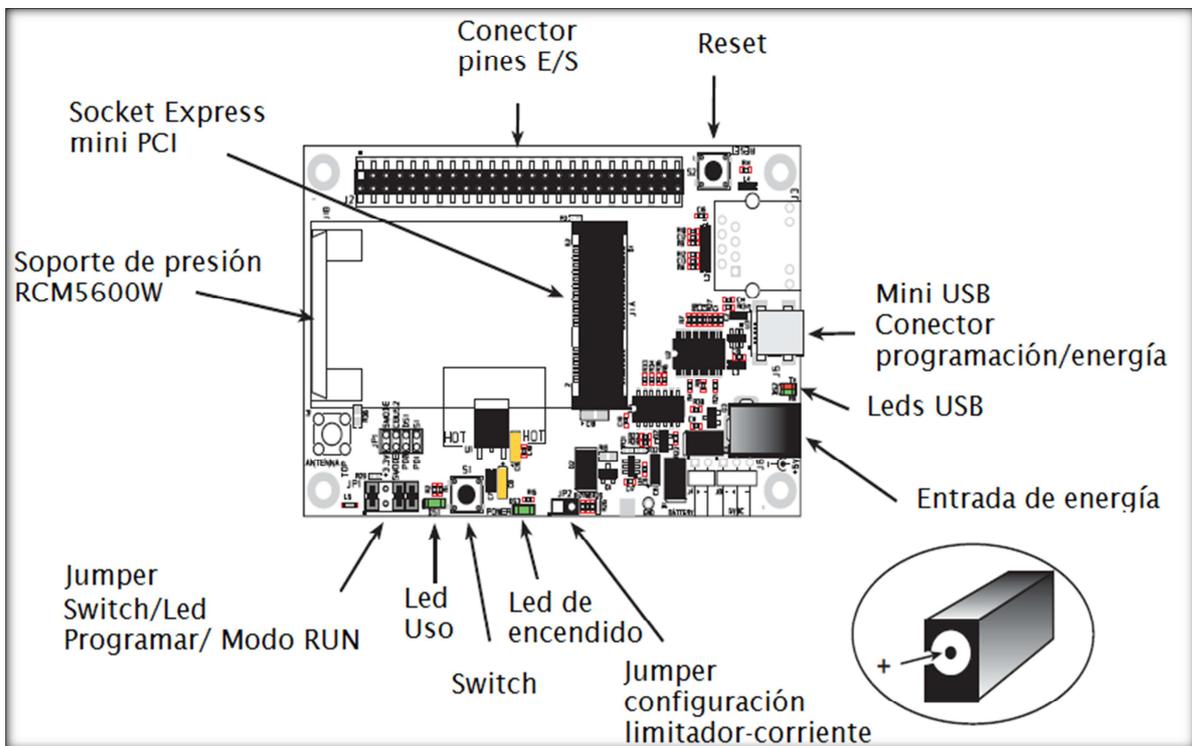


Figura 3.2. Disposición de los elementos en MiniCore RCM5600W [3]

- › **Conector Mini USB:** este conector cumple dos fines: programación y alimentación de la placa. En el primer caso se realiza la programación mediante el cable USB, por el cual se descarga el programa realizado en Dynamic C y se carga en la memoria. De igual manera también es usado para la alimentación mediante la computadora con 3.3 V.
- › **Entrada de energía:** es usada para conectar un batería de respaldo que debe ser suministrada por el usuario si lo requiere. Suministra alimentación a la tarjeta cuando el cable USB no está conectado. La batería de respaldo se muestra en la Figura 3.3. Debe ser un adaptador AC que suministre 5VDC a 2A o a su vez 12VDC a 1A. Esta entrada se puede dar ya que en la tarjeta se encuentra en

integrado LM2575 el cual permite una entrada de hasta 40V, obteniendo a la salida 5VDC.

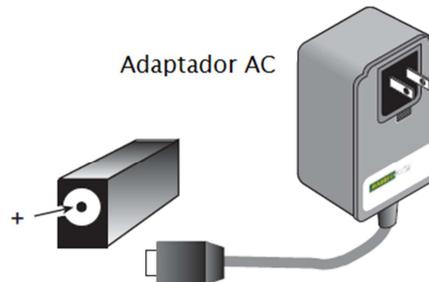


Figura 3.3. Batería de respaldo [3]

- › **Led de encendido:** se enciende cuando la placa está alimentada.
- › **Reset:** es un contacto con retorno normalmente abierto que se conecta directamente al pin Reset_In del módulo RCM5600W y restablece el sistema.
- › **Socket Express Mini PCI:** sirve como interfaz de los 52 pines del módulo RCM5600W y se conecta con las entradas y salidas del conector principal.
- › **Switch de Entrada/Salida y Leds:** el switch es leído como entrada para aplicaciones sencillas, va conectado al pin PD1. El led es conectado al pin PD0 del módulo RCM5600W y es un indicador para las aplicaciones de ejemplo.

3.4 Entradas y Salida Digitales

La tarjeta RCM5600W posee 50 pines, distribuidos en un conector tipo SMT 2x25 como se muestra en la Figura 3.4. estos pines sirven como interfaz de interacción con las entradas y salidas digitales del microprocesador.

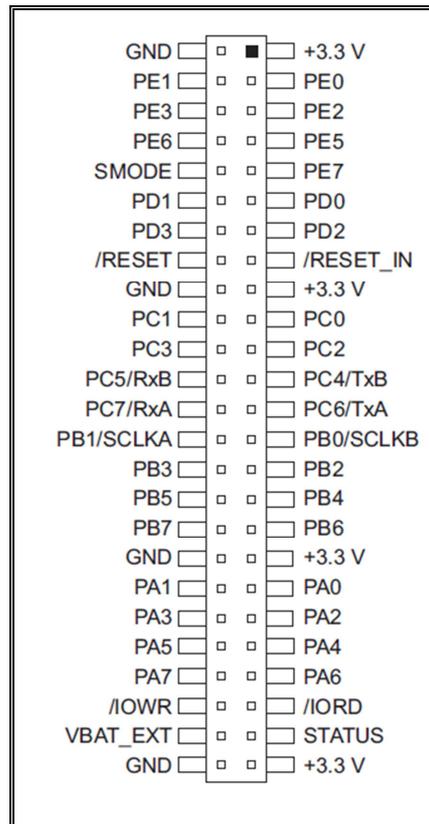


Figura 3.4. Distribución de Pines en MiniCore RCM5600W

3.5 Configuración de Pines

Los pines de entrada y salida del microprocesador RCM5600W pueden ser configurados como se muestra en la Tabla 3.2.

Pin	Nombre Pin	Uso por Defecto	Uso Alternativo
1	+3.3 v		
2	GND		

Pin	Nombre Pin	Uso por Defecto	Uso Alternativo
3	PE0	Entrada/Salida	I/O Strobe I0 A20 Timer C0 TCLKF INT0 QRD1B
4	PE1	Entrada/Salida	I/O Strobe I1 A21 Timer C1 RXD/RCLKF INT1 QRD1A Input Capture
5	PE2	Entrada/Salida	I/O Strobe I2 A22 Timer C2 TXF DREQ0 QRD2B
6	PE3	Entrada/Salida	I/O Strobe I3 A23 Timer C3 RXC/RXF/SCLKD DREQ1 QRD2A Input Capture
7	PE5	Entrada/Salida	I/O Strobe I5 INT1 PWM1 RXB/RCLKE Input Capture
8	PE6	Entrada/Salida	I/O Strobe I6 PWM2 TXE DREQ0
9	PE7	Entrada/Salida	I/O Strobe I7 PWM3 RXA/RXE/SCLKC DREQ1 Input Capture

Pin	Nombre Pin	Uso por Defecto	Uso Alternativo
10	SMODE	Entrada	
11	PD0	Entrada/Salida	I/O Strobe I0 Timer C0 D8, INT0 SCLKD/TCLKF QRD1B
12	PD1	Entrada/Salida	IA6 I/O Strobe I1 Timer C1 D9 INT1 RXD/RCLKF QRD1A Input Capture
13	PD2	Entrada/Salida	I/O Strobe I2 Timer C2 D10 DREQ0 TXF/SCLKC QRD2B
14	PD3	Entrada/Salida	IA7 I/O Strobe I3 Timer C3 D11 DREQ1 RXC/RXF QRD2A Input Capture
15	/RESET_IN	Reset entrada	Reset salida
16	/RESET	Reset salida	Reset entrada
17	+3.3 v		
18	GND		
19	PC0	Entrada/Salida	TXD I/O Strobe I0 Timer C0 TCLKF
20	PC1	Entrada/Salida	RXD/TXD I/O Strobe I1 Timer C1 RCLKF Input Capture

Pin	Nombre Pin	Uso por Defecto	Uso Alternativo
21	PC2	Entrada/Salida	TXC/TXF I/O Strobe I2 Timer C2
22	PC3	Entrada/Salida	RXC/TXC/RXF I/O Strobe I3 Timer C3
23	PC4	Entrada/Salida	TXB I/O Strobe I4 PWM0
24	PC5	Entrada/Salida	RXB/TXB I/O Strobe I5 PWM1
25	PC6	Entrada/Salida	TXA/TXE I/O Strobe I6 PWM2
26	PC7	Entrada/Salida	RXA/TXA/RXE I/O Strobe I7 PWM3 SCLKC Input Capture
27	PB0	Entrada/Salida	SCLKB External I/O Address IA6
28	PB1	Entrada/Salida	SCLKA External I/O Address IA7
29	PB2	Entrada/Salida	/SWR External I/O Address IA0
30	PB3	Entrada/Salida	/SRD External I/O Address IA1
31	PB4	Entrada/Salida	SA0 External I/O Address IA2
32	PB5	Entrada/Salida	SA1 External I/O Address IA3

Pin	Nombre Pin	Uso por Defecto	Uso Alternativo
33	PB6	Entrada/Salida	/SCS External I/O Address IA4
34	PB7	Entrada/Salida	/SLAVATN External I/O Address IA5
35	+3.3V		
36	GND		
37-44	PA[0:7]	Entrada/Salida	Slave port data bus (SD0–SD7) External I/O data bus (ID0–ID7)
45	/IORD	Salida	
46	/IOWR		
45	/IORD	Salida	
47	STATUS	Salida	
48	VBAT_EXT	Entrada Bateria	
49	+3.3V		
50	GND		

Tabla 3.2. Configuración de Pines

3.6 Procesador Rabbit 5000

Los primeros microprocesador fueron Rabbit 2000, 3000, 4000 y el último a sido el 5000. El microprocesador Rabbit 5000 posee un alto rendimiento bajo interferencias electromagnéticas y está diseñado específicamente para control, comunicaciones y conectividad de red.

Es el primer microprocesador en tener un total de 16 bits en la arquitectura del bus interno, proporcionando importantes mejoras de rendimiento. También tiene el apoyo de los 8 bits y 16bits de los dispositivos de memoria externa.

Rabbit 5000 tiene una velocidad de hasta 100 MHz, con un código compacto y soporte de hasta 16 MB de memoria. También cuenta con un reloj en tiempo real, cuatro niveles de prioridad de interrupciones permitiendo una rápida respuesta a eventos.

Su conjunto compacto de instrucciones y alta velocidad de reloj dan al microprocesador procesamiento excepcionalmente rápido y alto rendimiento de E/S. El rabbit 5000 ofrece dos opciones de conectividad de red: 10/100 Ethernet MAC y una red inalámbrica 802.11 b/g. las dos interfaces de red comparten recursos internos y los pines de E/S, por lo que pueden ser activados a la vez.

Un puerto esclavo incorporado permite que el Rabbit 5000 pueda ser utilizado como maestro-esclavo en sistemas multiprocesadores, de esta manera permite que diferentes tareas puedan ser asignados a procesadores dedicados.

En la Figura 3.5 se muestra un diagrama de bloques de la estructura interna del microprocesador 5000 de la familia Rabbit.

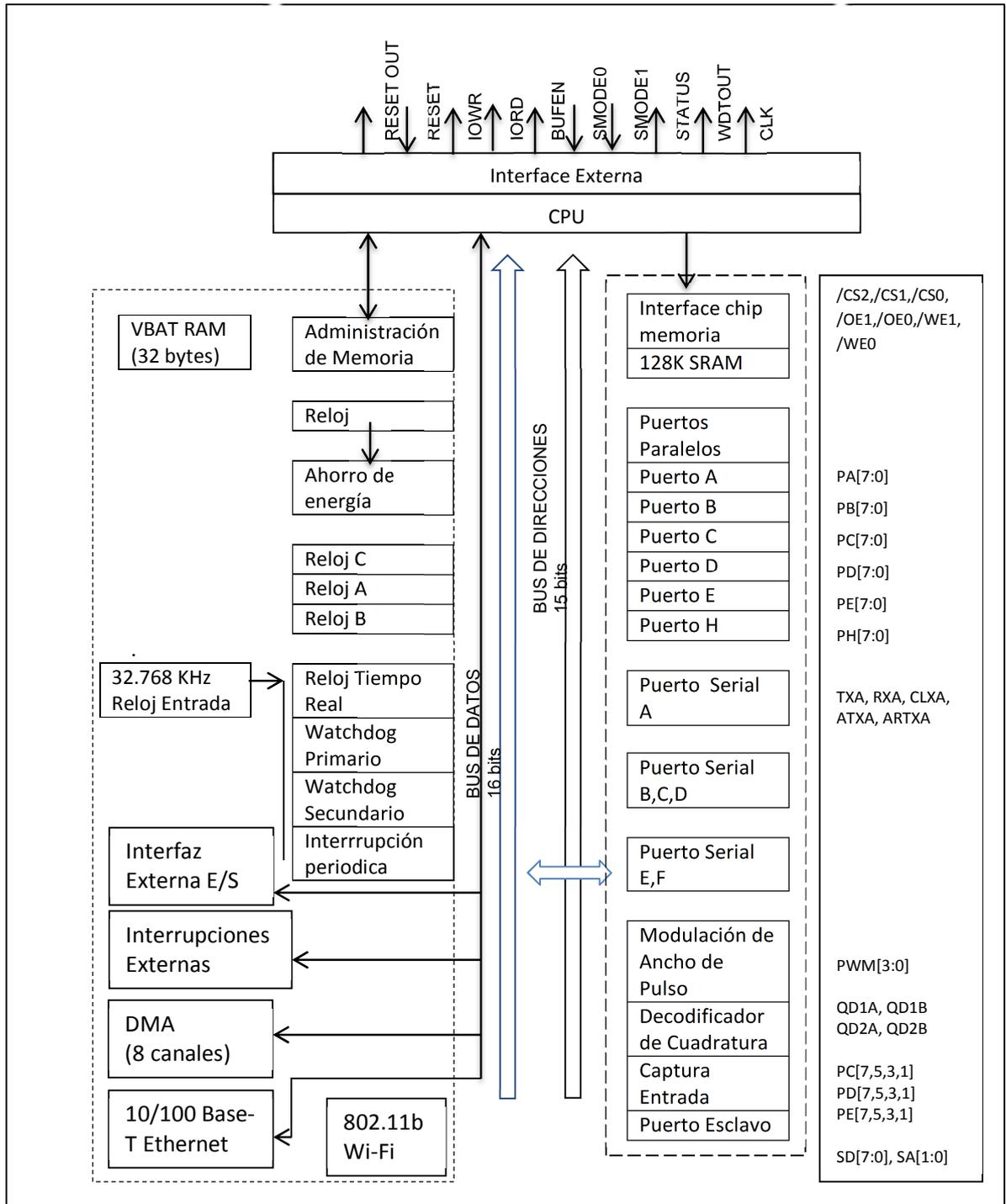


Figura 3.5. Diagrama de Bloques de Rabbit 5000

3.7 Comunicación Serial

En el módulo de control embebido se encuentran 6 puertos seriales: A,B,C,D,E y F. Estos puertos pueden operar en modo asincrónico hasta velocidades correspondientes al sistema de reloj dividido para 8. Un puerto asincrónico puede manejar 7 u 8 bits de datos [4].

El puerto A es normalmente usado como puerto de programación, pero puede ser usado como puerto asincrónico una vez registrado el desarrollo de la aplicación y que el módulo esté operando en modo RUN.

El puerto serial B, compartido por la memoria flash y por el convertidor A/C, se registra como un puerto serial. Desde este puerto serial se configura la comunicación serial sincrónica. Pueden existir conflictos si se pretende configurar como puerto asincrónico. También puede impedir que se cargue en la memoria flash mientras se está encendiendo la tarjeta.

Los puertos C y D pueden funcionar en modo de reloj serial. En este modo una línea de reloj sincroniza los relojes de los datos de entrada y de salida. Cualquiera de los dos dispositivos de comunicación pueden suministrar la señal de reloj. Los puertos seriales E y F puede ser configurado como SDLC/HDLC. El protocolo IrDA también puede ser implementado en este puerto serial.

En la Tabla 3.3. se describe los pines asociados a los puertos seriales existentes en la tarjeta.

Puerto Serial A	TXA	PC6, PC7
	RXA	PC7, PE7
	SCLKA	PB1
	TXB	PC4, PC5

Puerto Serial B	RXB	PC5, PE5
	SCLKB	PB0
Puerto Serial C	TXC	PC2, PC3
	RXC	PC3, PD3, PE3
	SCLKC	PD2, PE2, PE7, PC7
Puerto Serial D	TXD	PC0, PC1
	RXD	PC1, PD1, PE1
	SCLKD	PD0, PD3, PE0, PE3, PC3
Puerto Serial E	TXE	PE6, PC6
	RXE	PE7, PC7
	RCLKE	PE5, PC5
	TCLKE	PE4, PC4
Puerto Serial F	TXF	PD2, PE2, PC2
	RXF	PD3, PE3, PC3
	RCLKF	PD1, PE1, PC1
	TCLKF	PD0, PE0, PC0

Tabla 3.3. Asignación de puertos en RCM5600W [5]

La distribución de los puertos seriales en el microprocesador Minicore Rabbit RCM5600W se puede observar en la Figura 3.6.

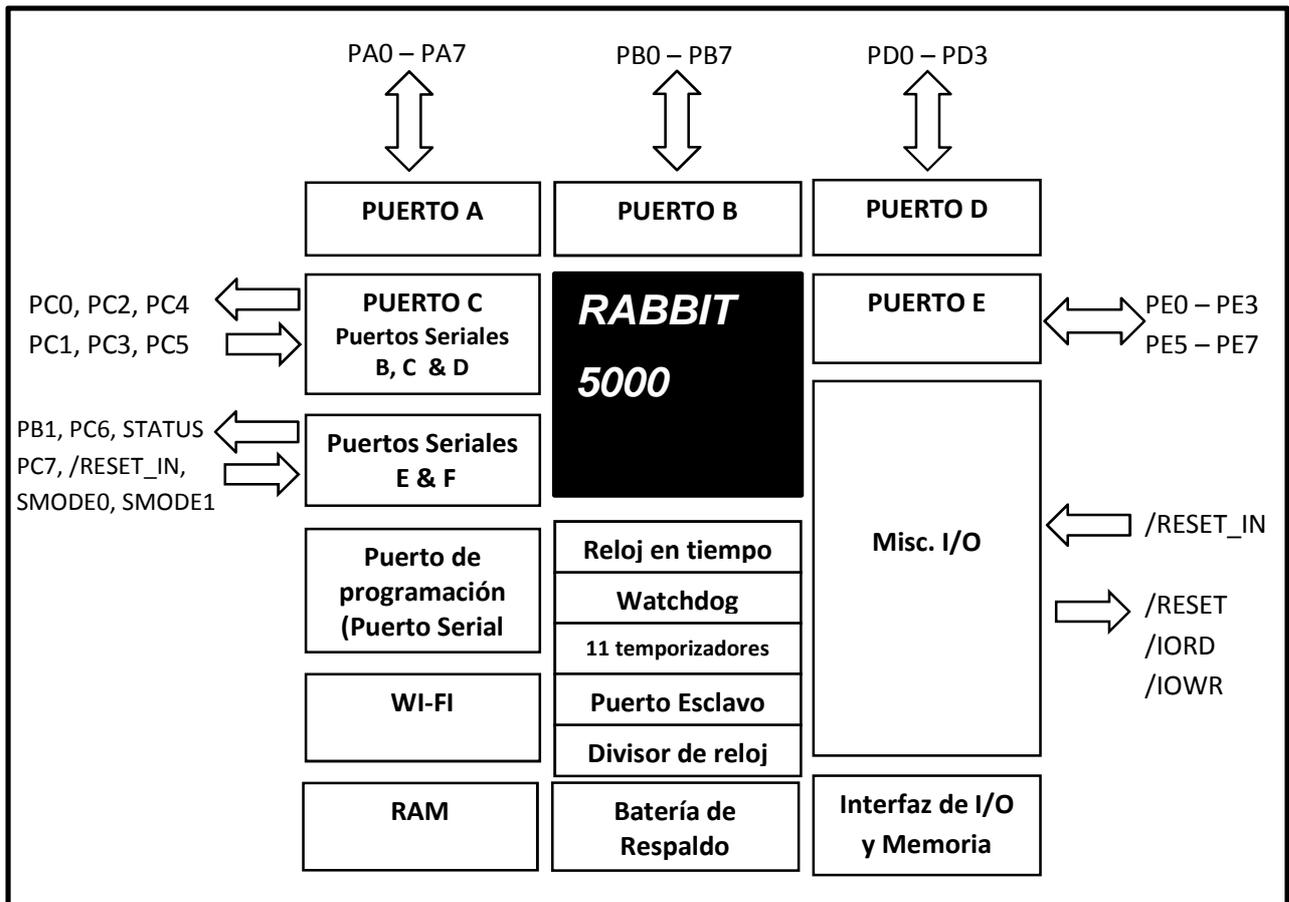


Figura 3.6. Puertos seriales en microprocesador RCM5600W

3.8 Características Mecánicas

La tarjeta MiniCore RCM5600W tiene un tamaño muy reducido. Sus dimensiones son las siguientes: 1.20" × 2.00" × 0.40" - (30 mm × 51 mm × 10 mm). Su disposición física, así como las distancias de separación entre los elementos se muestra en la Figura 3.7.

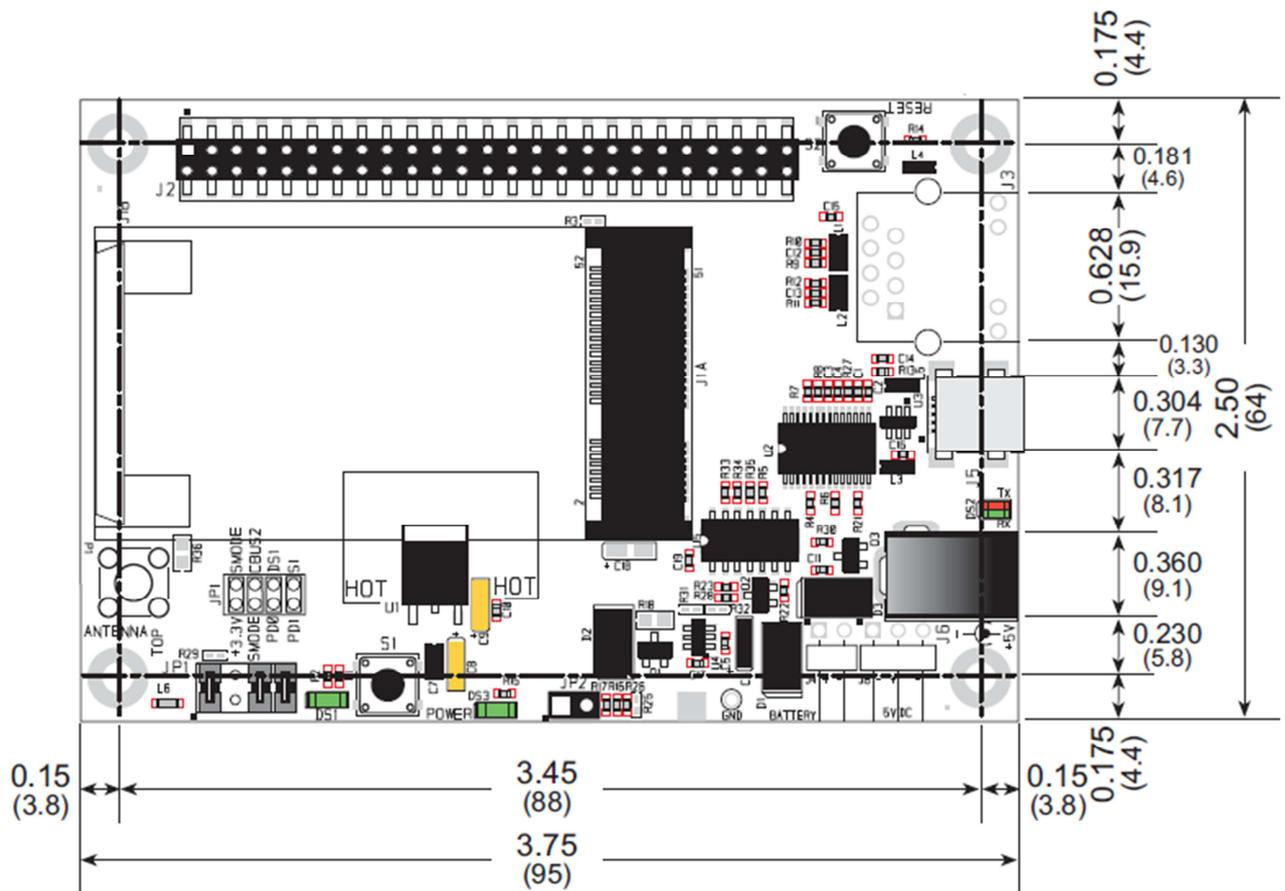


Figura 3.7. Vista Superior del módulo RCM5600W [6]

El microprocesador Rabbit 5000 presenta la siguiente distribución mostrada en la Figura 3.8.

solapamiento, por lo que mientras mas alejados estén dos canales, menor será la probabilidad de interferencia.

La tarjeta MiniCore RCM5600W tiene capacidad Wi-Fi lo que da muchas ventajas al momento de realizar las aplicaciones. Se puede configurar, mediante programación, dos modos de operación: infraestructura y ad-hoc.

El modo infraestructura requiere un punto de acceso para administrar los dispositivos que quieren conectarse entre sí. La mayoría de puntos de acceso actúan como servidor DHCP y proveen la IP, DNS y funciones del puerto de enlace. En el modo Ad-Hoc cada dispositivo puede establecer un número de canal y un SSID para comunicarse. Este modo funciona bien cuando están conectados pocos dispositivos.

3.10 Dynamic C

Dynamic C es un sistema de desarrollo integrado para programadores de software embebido. Corre bajo un PC basado en Windows y está diseñado para ser usado con una simple tarjeta computarizada y otros dispositivos basados en el microprocesador Rabbit.

Este software ha sido usado alrededor del mundo desde 1989. Esta especialmente diseñado para programar sistemas embebidos, y se caracteriza por una rápida compilación y una depuración interactiva.

Una aplicación debe ser compilada directamente en la memoria flash o ram, pero para que se quede guardado el programa una vez que el cable USB ha sido desconectado, debe guardarse en la memoria flash. El código final siempre debe guardarse en la memoria flash para un funcionamiento fiable.

El desarrollo del software con Dynamic C es simple. Se puede programar, compilar y ejecutar tanto en lenguaje C como en assembler sin salir del entorno de Dynamic C. Los programas pueden ser descargados a velocidades de transmisión de hasta 460,800 bps después de que el programa se compila. [8]. El icono de Dynamic C se muestra en la Figura 3.9.



Figura 3.9. Icono Dynamic C

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL REMOTO

4.1 Características Generales del Sistema

El diseño total del sistema constituye la integración de hardware y software, que permite la implementación del sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta de control embebido RCM5600W. El sistema está compuesto de sensores de movimiento los cuales son conectados tanto a las luminarias para su activación, así como, a los pines de la tarjeta para su detección. Además, se activarán actuadores para la simulación de presencia y alarma en caso de ser necesario. El microprocesador por sus capacidades Wi-Fi es conectado inalámbricamente al punto de acceso, en este caso el router. Los procesos y su variación pueden ser monitoreados y controlados a través de una interfaz gráfica web.

Es necesario conocer las características técnicas de los dispositivos que forman parte del sistema por lo que se detalla en la siguiente sección. La aplicación se basa en la configuración del controlador por esta razón se especifica la programación realizada y las conexiones con los sensores y actuadores.

En la Figura 4.1 se observa el sistema que será implementado, el cual se basa en la tarjeta RCM5600W. La comunicación será inalámbrica entre la tarjeta y la computadora central u otro dispositivo donde se realice la monitorización. Con los sensores y actuadores se realiza una red cableada, con lo que se asegura una mayor velocidad y seguridad en la transmisión de los datos.

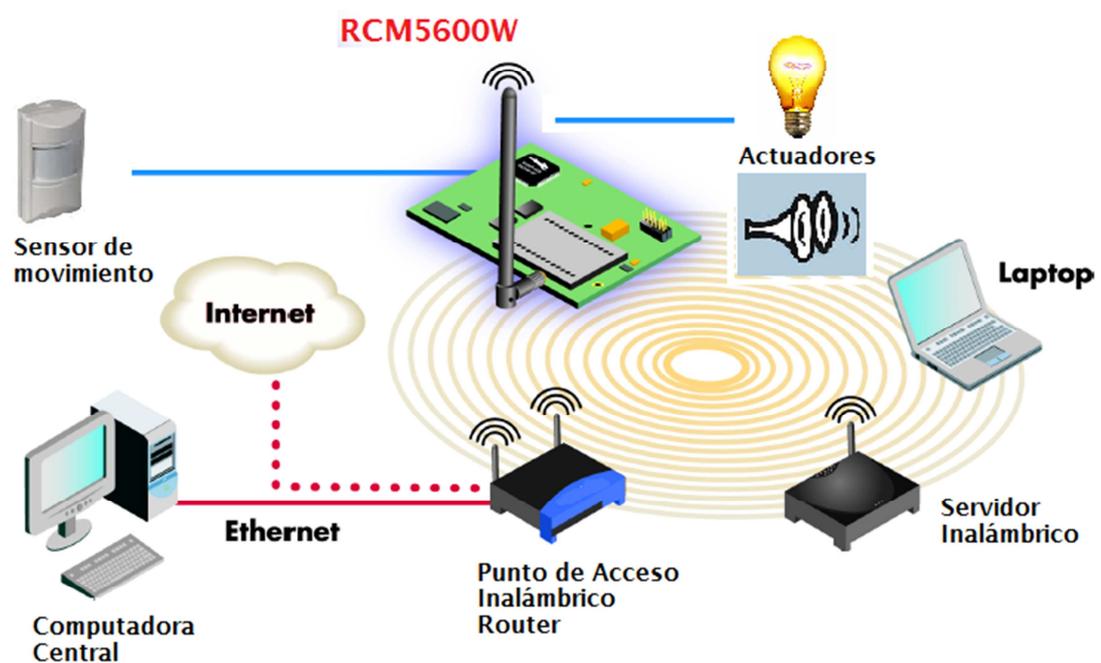


Figura 4.1. Sistema Integral implementado

4.2 Descripción de los Elementos del Sistema

4.2.1 Sensor de Movimiento

Para la implementación del sistema de seguridad se seleccionó sensores de movimiento con un grado de cobertura amplio, debido a que da la ventaja de

cubrir mayores áreas y utilizar menos recursos. Las consideraciones de diseño e implementación se basan en la necesidad de un sistema que proporcione un ahorro energético, alta sensibilidad y facilidad de instalación. Por estas razones se escogieron los sensores infrarrojos LX48B que se muestran en la Figura 4.2.

El sensor infrarrojo es un dispositivo capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango de espectro por debajo de la luz visible [1].



Figura 4.2. Sensor Infrarrojo LX48B

Las principales características técnicas se encuentran en la Tabla 4.1. El sensor consta de un sistema para la identificación automática de día/noche. Además, posee indicadores de alimentación y detección.

Característica	
Fuente de alimentación	110 ~ 240V/AC
Frecuencia	50-60 Hz
Control de luz	< 3 LUX
Tiempo de trabajo	Min: 8 seg ± 3 seg Max: 7 min ± 2 min
Carga nominal	800W(110V/AC)
Rango de detección	270°
Distancia de detección	Max 11m (<24°C)
Altura de instalación	De 1,5m a 2,5m
Temperatura de trabajo	-10°C a +40°C
Humedad de trabajo	<93% RH
Consumo de energía	0.45W (estático 0.1W)
Detección de velocidad de movimiento	0.6 ~ 1.5m / s

Tabla 4.1. Características técnicas del sensor de movimiento LX48B

El sensor consta de una bornera con tres cables (café, azul, rojo). Entre el cable café y azul se conecta la entrada de voltaje (110VAC) y entre el cable rojo y azul va conectada la carga como se muestra en la Figura 4.3. Al mismo tiempo, se conecta en paralelo la activación de la carga con un relé para tener una señal de entrada en la tarjeta RCM5600W.

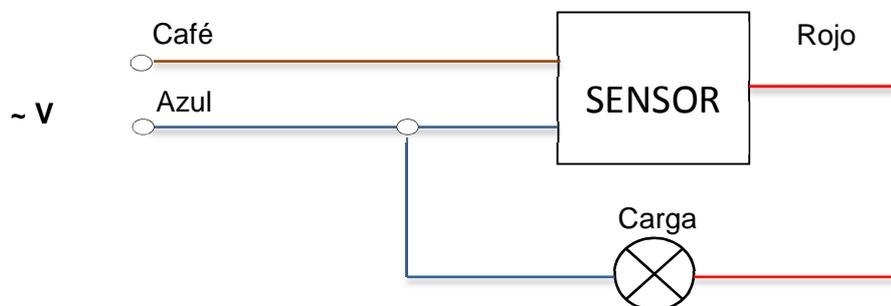


Figura 4.3. Conexión del sensor con la carga

4.2.2 Alarmas

Para que el sistema de seguridad este completo se incorpora una alarma, para dar un aviso en caso de emergencia. Las características se muestran en la Tabla 4.2. Es importante acotar que el alcance es de 100 metros, se ha tomado en cuenta las posibles interrupciones o ruido, para que el sonido llegue a las dos cabinas de los guardias ubicadas a 50 metros.

Especificaciones	
Modelo	AYD-626
Alimentación	12 VDC
Potencia	15 W
Intensidad de sonido	110 dB
Color	Negro
Peso neto	275 gr
Consumo Corriente	320 mA

Tabla 4.2. Especificaciones de Alarma AYD-626

La alarma se activa con 12 VDC, que será alimentado con la misma fuente que alimenta tanto la tarjeta como el circuito para la activación de los actuadores. La sirena que se utiliza se observa en la Figura 4.4. Su forma y tamaño (Figura 4.5) hace que su instalacion sea fácil y accesible en cualquier lugar.



Figura 4.4. Alarma AYD-626



Figura 4.5. Dimensiones de Alarma AYD-626

Adicionalmente, por seguridad, se coloca un pulsador normalmente cerrado en la instalación de la sirena. La razón de esta instalación es porque en caso de ser activa la alarma debe existir la posibilidad de desconexión por parte del guardia, después de que verifique el estado de la vivienda. Esto es importante por la incomodidad que puede causar el sonido por prolongaciones largas en las personas cercanas. Hay que tomar en cuenta que la activación y desactivación son completamente manipulables por el administrador desde cualquier parte que se encuentre, pero se deben tomar medidas adicionales que aseguren el normal funcionamiento del sistema.

4.2.3 Circuito para la Activación de los Actuadores

Para la implementación del sistema de seguridad y la monitorización, se debe realizar un acoplamiento entre las salidas de la tarjeta que son a 3,3V y la activación de los actuadores a 110V. En la Figura 4.6. se muestra el circuito utilizado. Para la selección de los relés se tomó en cuenta que el microprocesador RCM5600W puede funcionar con un cargador de respaldo de 12V – 1A como se detalló en el Capítulo 3. Este detalle es importante porque es necesario que los relés trabajen a 12V para la optimización de los recursos existentes. Por medio de una adaptación será utilizada la misma fuente de energía para la tarjeta y el circuito de acoplamiento.

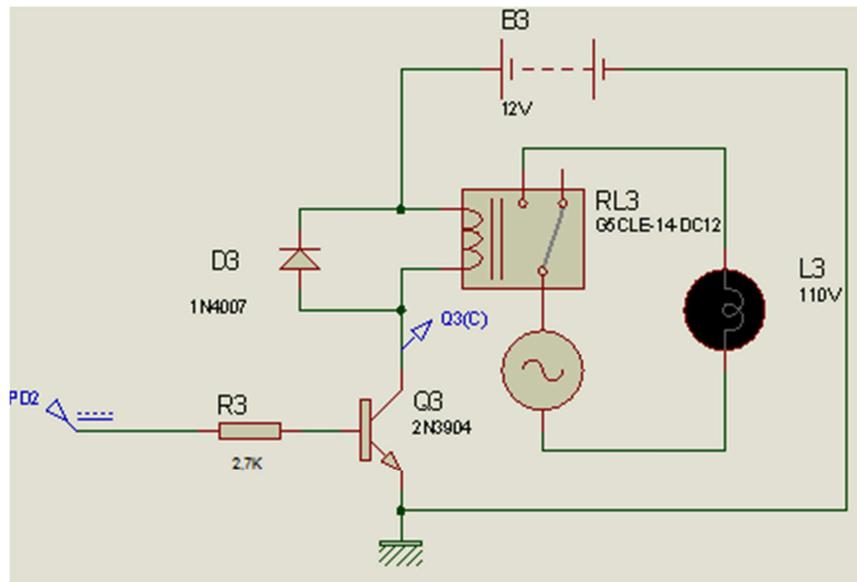


Figura 4.6. Circuito de Control

Para el diseño del circuito anterior se debe analizar las características de los dispositivos electrónicos y las necesidades del sistema. En primer lugar, se utiliza el transistor de unión bipolar (BJT, por sus siglas en inglés: *Bipolar Junction Transistor*), con configuración npn, que permite mayores corrientes y velocidades de operación. Los transistores pueden ser utilizados en la amplificación de señales, fuentes de poder reguladas o como switches o interruptores. En este sistema específico se utilizará como switch para la activación del relé.

Un transistor funciona como un interruptor para el circuito conectado en el colector en el que se hace una transición entre la zona de corte a la de saturación y viceversa. En la zona de corte actúa como circuito abierto, mientras que en la zona de saturación se comporta como corto circuito, lo que activa o no el circuito para el accionamiento del relé.

Para el cálculo de la resistencia de base R_B se considera la malla del circuito base-emisor de la Figura 4.7.

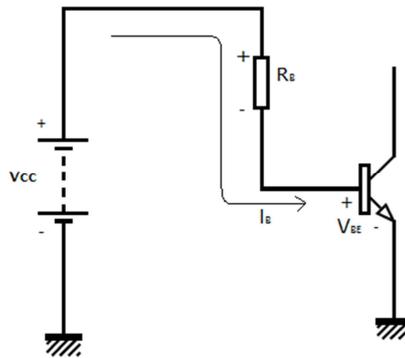


Figura 4.7. Malla base-emisor

La ecuación obtenida se muestra a continuación, la que se resuelve con los valores del sistema consiguiendo el valor de R_B , para que el transistor funcione como interruptor.

$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

Para remplazar los valores de la ecuación debemos conocer las características de interruptor del transistor 2N3904 que se encuentran en el datasheet. Estos valores son: $V_{CC}=3.3V$, $V_{BE}=0,5 V_{DC}$, $I_B=1.0 \text{ mA}$.

$$R_B = \frac{3,3 - 0,5}{0,001}$$

$$R_B = 2,8 \text{ k}\Omega$$

Para evitar que el transistor pueda quemarse en el paso de la zona de corte a la de saturación, debido a la carga inductiva de la bobina del relé, el transistor debe estar protegido con un diodo, es este caso el 1N4007.

4.3 Programación del Controlador

4.3.1 Dynamic C

El software utilizado para la programación del controlador RCM5600W es Dynamic C, que viene incorporado al adquirir el kit de desarrollo del microprocesador. Dynamic C es un sistema integrado de desarrollo para escribir software embebido. Está diseñado para el uso de controladores basados en el microprocesador Rabbit.

Dynamic C integra en un programa las siguientes funciones de desarrollo:

- Edición de la programación
- Compilación de los programas
- Enlace con los dispositivos externos
- Carga de los programas en la memoria seleccionada
- Depuración de los programas compilados



Figura 4.8. Logo Dynamic C 10.64

4.3.2 Interfaz de Dynamic C

Antes de iniciar con la programación, es indispensable conocer el entorno de Dynamic C y saber manejarlo. En la Figura 4.9. se muestra la interfaz gráfica del software.

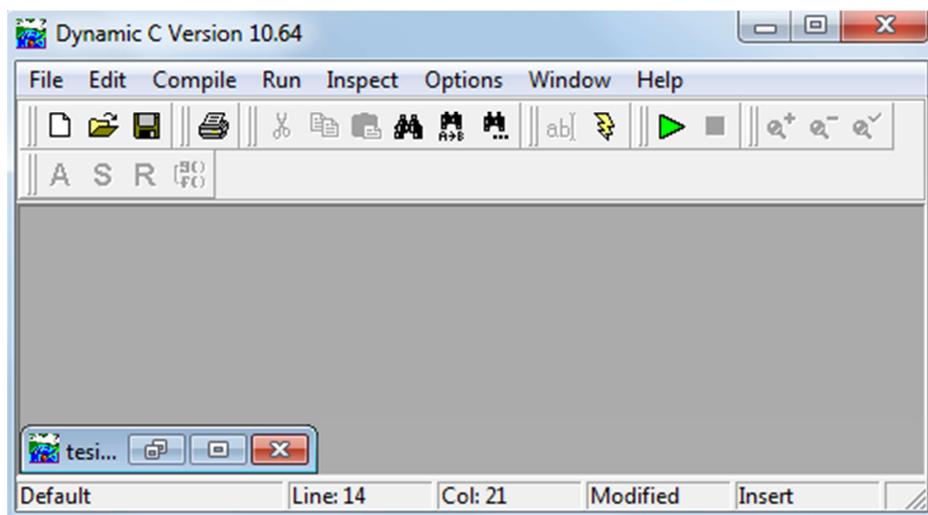


Figura 4.9. Interfaz de Dynamic C 10.64

Los botones principales se muestran en la Figura 4.10. permiten compilar, ejecutar, parar y realizar cambios en el código del programa. Es importante conocer los accesos rápidos que se describen a continuación para un manejo eficiente de los recursos.

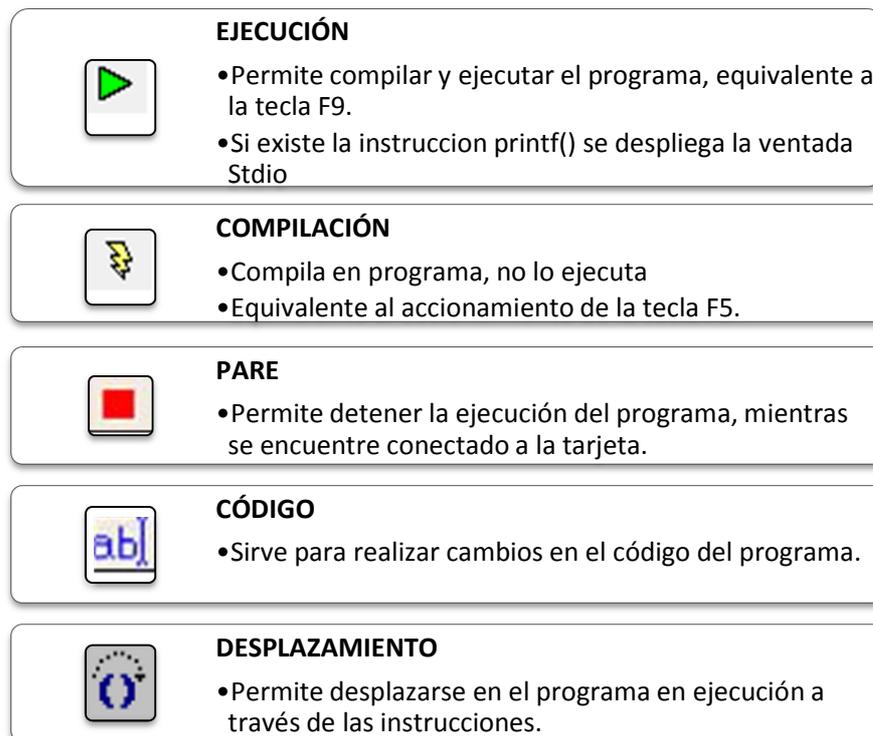


Figura 4.10. Botones principales de Dynamic C 10.64

4.3.3 Configuración Wi-Fi en Dynamic C

La tarjeta de control embebido Minicore RCM5600W implementa un paquete de drivers para que pueda acceder a funciones implementadas en 802.11 b/g. La interfaz Wi-Fi puede ser utilizada en el momento de compilación o en modo ejecución.

Para la configuración del protocolo de comunicación se implementa el modelo TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*). Es un protocolo que hace posible la conexión de ordenadores que no pertenecen a la misma red. TCP/IP provee conectividad de extremo a extremo especificando como los datos deberían ser formateados, direccionados, transmitidos, enrutados y recibidos por el destinatario.

Rabbit proporciona específicamente dos macros TCPCONFIG para aplicaciones Wi-Fi en el módulo RCM5600W las que se muestran en la Tabla 4.3.

TCPCONFIG 1	No DHCP
TCPCONFIG 5	DHCP habilitado

Tabla 4.3. Macros TCPCONFIG

Los parámetros que se deben configurar para el protocolo de comunicación TCP/IP son: dirección IP, máscara de red, nombre del servidor y puerta de enlace de la red. A continuación se presenta en un ejemplo la programación en C para la configuración de parámetros.

```
#define _PRIMARY_STATIC_IP "10.10.6.100"  
#define _PRIMARY_NETMASK "255.255.255.0"  
#define MY_NAMESERVER "10.10.6.1"  
#define MY_GATEWAY "10.10.6.1"
```

Para la configuración de la capacidad Wi-Fi de la tarjeta se deben programar los siguientes parámetros:

- **Punto de Acceso SSID**

Es un parámetro obligatorio. El SSID (Service Set Identifier) define el nombre de identificación de la red inalámbrica. El valor por defecto se muestra a continuación.

```
#define IFC_WIFI_SSID "rabbitTest"
```

- **Modo de Funcionamiento**

Determina el modo de funcionamiento: infraestructura o ad-hoc. Para el modo infraestructura se define IFPARAM_WIFI_INFRASTRUCT y para el modo ad-hoc se utiliza IFPARAM_WIFI_ADHOC. El valor por defecto se muestra a continuación.

```
#define IFC_WIFI_MODE IFPARAM_WIFI_INFRASTRUCT
#define IFC_WIFI_MODE IFPARAM_WIFI_ADHOC
```

- **Canal**

Se debe determinar el canal (1-14) en que se va a operar. Este parámetro es obligatorio para crear una red ad-hoc. Mientras que para el modo infraestructura es opcional. Por defecto el canal utilizado es 0. La configuración por defecto se muestra a continuación.

```
# define 0 IFC_WIFI_CHANNEL
```

- **Región / País**

Establece el rango de canales y limita el máximo de potencia de acuerdo a la región seleccionada. El valor predeterminado del canal 0 significa que cualquier canal válido puede ser utilizado por el SSID solicitado.

```
#define IFC_WIFI_CHANNEL 0
```

En la Tabla 4.4 se enumera las regiones, la forma de configuración y el rango de canales que son utilizadas. El canal 14 no está disponible para RCM5600W.

Región	Macro	Rango de Canales
América	IFPARAM_WIFI_REGION_AMERICAS	1-11
Canadá	IFPARAM_WIFI_REGION_CANADA	1-11
Europa, Medio Oriente, África, excepto Francia	IFPARAM_WIFI_REGION_EMEA	1-13
Francia	IFPARAM_WIFI_REGION_FRANCE	10-13
Israel	IFPARAM_WIFI_REGION_ISRAEL	3-11
China	IFPARAM_WIFI_REGION_CHINA	1-11
Japón	IFPARAM_WIFI_REGION_JAPAN	1-14
Australia	IFPARAM_WIFI_REGION_AUSTRALIA	1-11

Tabla 4.4. Macros Región / País

▪ **Activar / Desactivar la encriptación**

Se define la habilitación o deshabilitación de la encriptación. Este parámetro controla el tipo de cifrado utilizado.

- › *IFPARAM_WIFI_ENCR_ANY*: Utilizar cualquier tipo de cifrado.
- › *IFPARAM_WIFI_ENCR_NONE*: No se utiliza encriptación.
- › *IFPARAM_WIFI_ENCR_WEP*: Utiliza el cifrado WEP.
- › *IFPARAM_WIFI_ENCR_TKIP*: Usa cifrado WPA, para definir este parámetro también se utiliza *WIFI_USE_WPA*.
- › *IFPARAM_WIFI_ENCR_CCMP*: Usar encriptación WPA2, también se usa *WIFI_USE_WPA* y *WIFI_AES_ENABLED*.

▪ **Autenticación**

Especifica el modo de autenticación que se utilizará para esta red Wi-Fi.

- › *IFPARAM_WIFI_AUTH_ANY*: Utiliza cualquier método.
- › *IFPARAM_WIFI_AUTH_OPEN*: Utiliza la autenticación abierta.

- › *IFPARAM_WIFI_AUTH_SHAREDKEY*: Usa WEP por clave compartida de autenticación.
- › *IFPARAM_WIFI_AUTH_WPA_PSK*: Use WPA con clave compartida (TKIP, CCMP)

- **Beacon**

En la tecnología inalámbrica, un beacon es un paquete LAN inalámbrico que señala la disponibilidad y presencia de un dispositivo inalámbrico. Los paquetes beacons son enviados por puntos de acceso y estaciones base, sin embargo, las tarjetas de radio del cliente envían beacons cuando se opera en modo ad-hoc.

IFC_WIFI_ROAM_BEACON_MISS (por defecto 20)

4.3.4 Arquitectura del Servidor Web

Es importante conocer la arquitectura de un servidor web antes de realizar una aplicación real. Los componentes relevantes para la habilitación de una aplicación web se muestra en la Figura 4.11. Hay que tomar en cuenta que no todos los componentes son indispensables, dependerá de la aplicación.

En la parte superior de este diagrama, se encuentra el bloque de “Aplicación”. Este bloque representa el código creado, adicionalmente, es importante incluir las librerías necesarias para la compilación y ejecución del mismo.

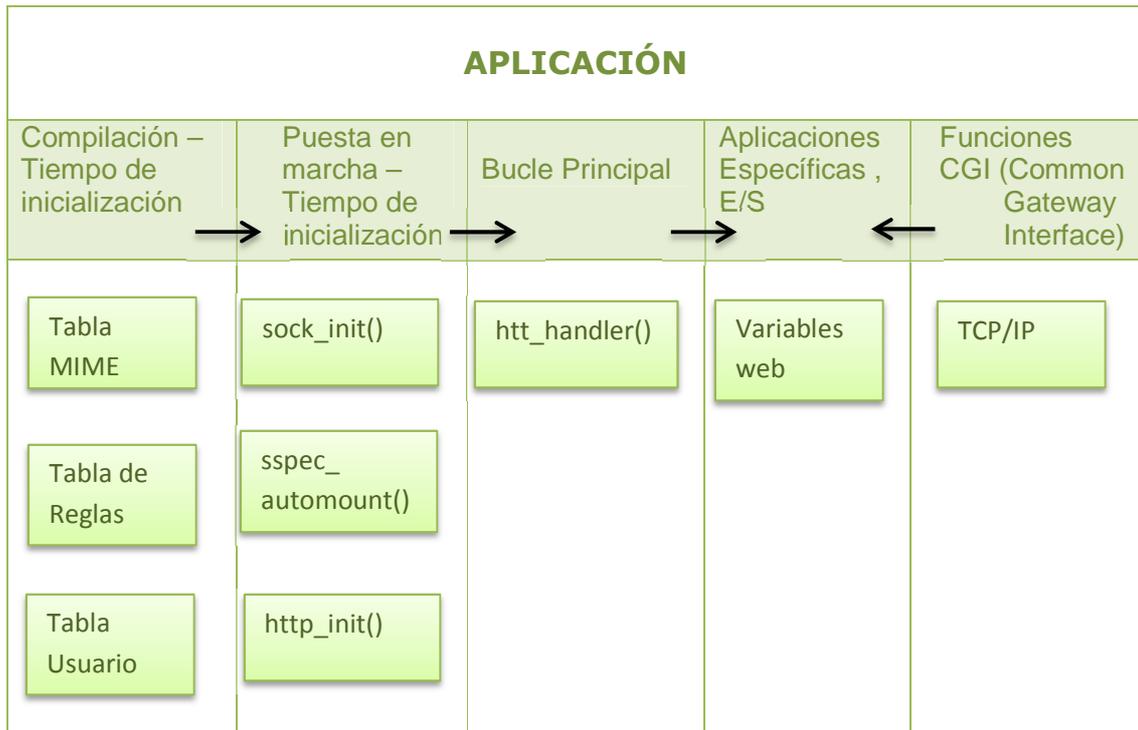


Figura 4.11. Arquitectura de Aplicación de un Servidor Web

El bloque de aplicación se divide en cinco partes que se detallan a continuación:

- 1. Compilación – Tiempo de Inicialización:** se debe seleccionar las librerías apropiadas para el programa. En esta etapa se realiza la inicialización de las constantes estáticas, estructuras de datos y tablas, configuración de la red e inclusión de archivos externos a través de `#ximport` o `#zimport`.
 - Tabla de asignación MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions):** esta opción es obligatoria porque indica al navegador el contenido que va a ser presentado al usuario. Especifican el intercambio de varios archivos con diferentes extensiones sin que exista diferencia para el usuario final.

- **Tabla de regla:** esto solo es necesario si el sistema de archivos está en uso. Es utilizado por el gestor de recursos para solicitar permisos de acceso a ciertos recursos.
 - **Tabla de recursos estáticos:** este es el método clásico para definir recursos en Dynamic C. Esta tabla es opcional ya que todos los recursos se pueden cargar en un sistema de archivos.
 - **Programación flash:** este sub-bloque se refiere a cargar los recursos de un archivo en la memoria del programa a través de la directriz `#ximport`. La capacidad de almacenamiento no excede los kilobytes.
2. **Inicialización de Rutina:** la función `main()`, debe llamar a librerías específicas, una sola vez, cuando se inicia el programa. Las funciones son las siguientes:
- **`sock_init()`** : es un parámetro obligatorio. Inicializa el sistema de redes TCP/IP.
 - **`sspec_automount()`** : es opcional. Inicializa el sistema de archivos (FS2 y/o FAT)
 - **`http_init()`** : es obligatorio. Se inicializa el servidor HTTP.
3. **Bucle principal:** al final del código de la función `main()` se debe hacer una llamada continua a la función `http_handler()`. Esto es obligatorio, ya que permite que el servidor HTTP pueda procesar las solicitudes de red.
4. **Aplicaciones específicas y E/S:** es la comunicación entre la aplicación y el servidor HTTP. Se extiende la solicitud y se define las E/S a utilizarse.

5. Funciones CGI (Common Gateway Interface): se refiere a una función en C que es llamada por el servidor HTTP para generar contenido dinámico para el navegador. De esta manera se interactúa con la información presentada en la página web. Este bloque es opcional.

4.3.5 Asignación de Pines

La tarjeta de control embebido cuenta con 6 puertos: A,B,C,D,E y F. Para la aplicación del sistema de monitorización y control vía web, se hará uso de los puertos C y D. Estos puertos por defecto pueden ser configurados como entradas o salidas. El puerto C se ha definido como entrada para realizar el control de los sensores ubicados en la casa. El puerto D se ha asignado como salidas para establecer el simulador de presencia. Los pines utilizados en cada puerto se muestran en la Figura 4.12.

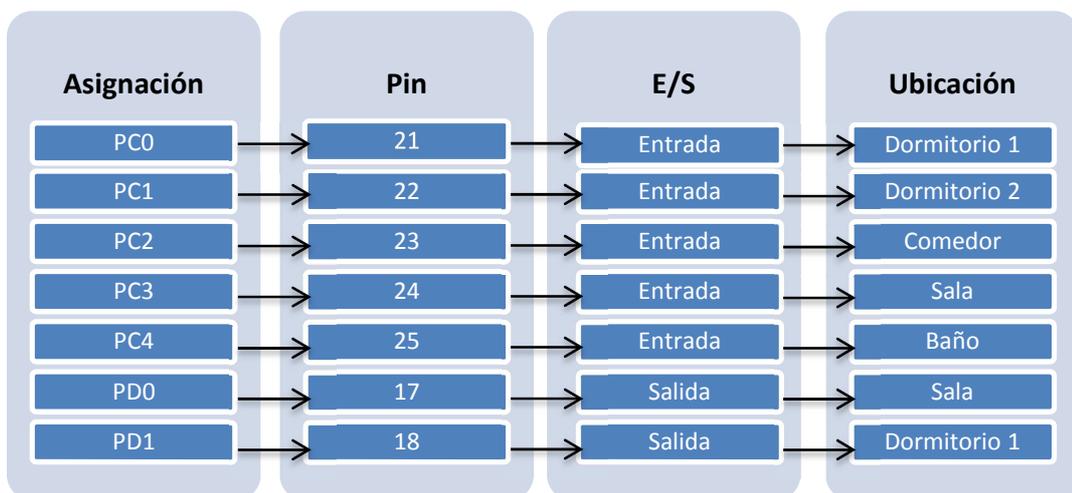


Figura 4.12. Asignación de pines de entrada y salida del microprocesador

4.3.6 Líneas de Programación

Luego de realizar el análisis de las funciones, librerías, y diversas prestaciones de la tarjeta Minicore RCM5600W, se presenta el código del programa que será cargado en la memoria flash de microprocesador para que quede almacenado sin problemas cuando existan cortes de energía.

En la Figura 4.13 se detalla las partes más importantes de la programación para que se pueda usar la estructura del programa en futuras aplicaciones, el programa final se encuentra en el Anexo 1.

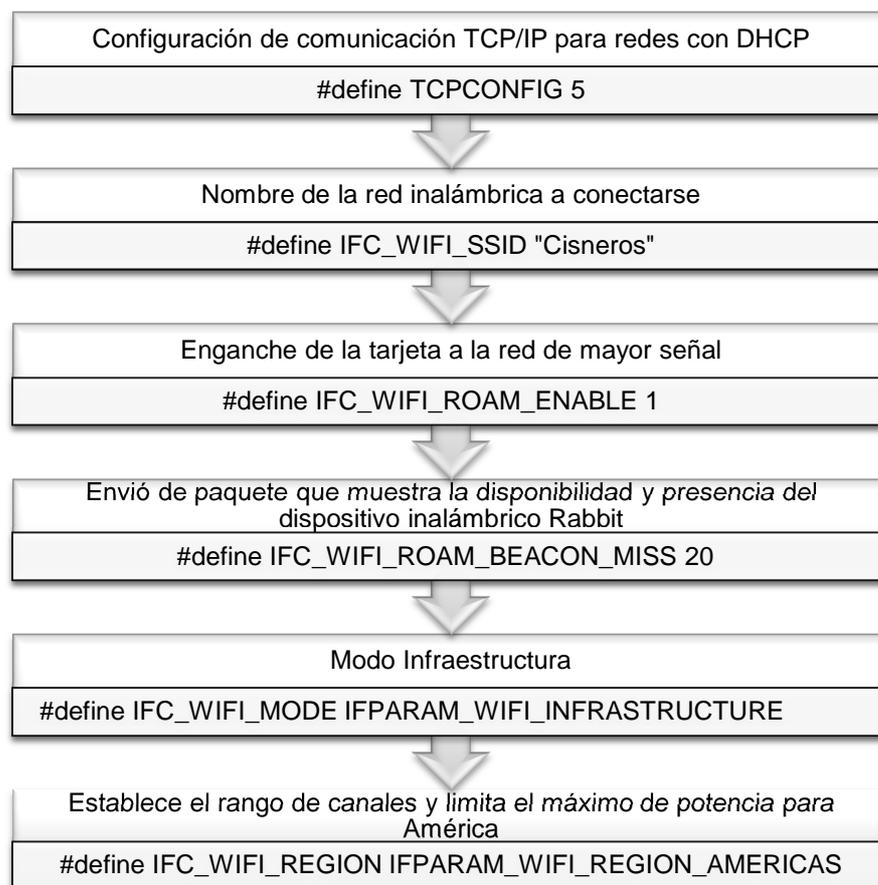


Figura 4.13. Código de programación para la tarjeta RCM5600W

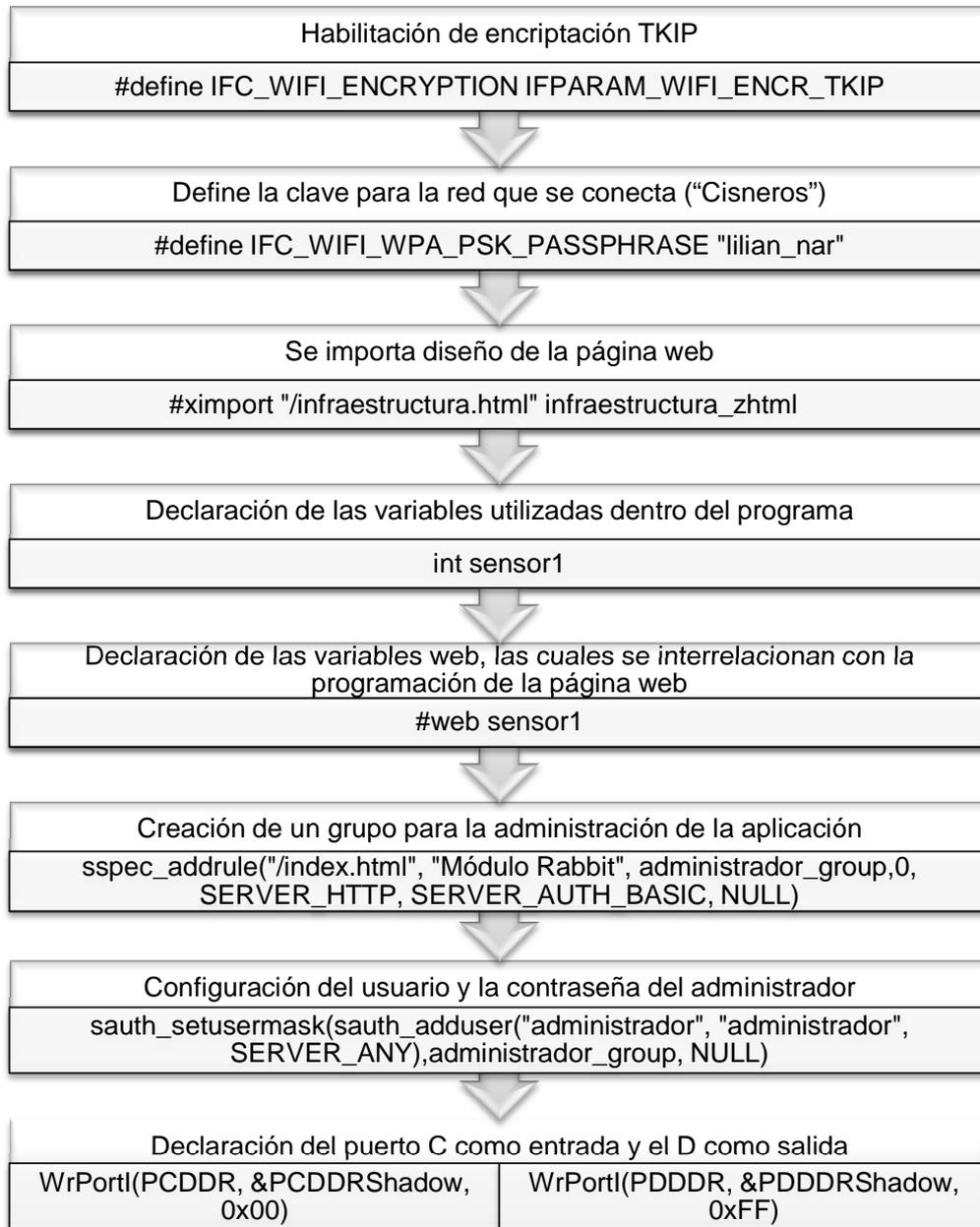


Figura 4.13. Código de programación para la tarjeta RCM5600W

Después de realizar las líneas de código para la comunicación de la tarjeta en una red local, se procede a la comunicación de los pines del microprocesador con los sensores y actuadores. Esta comunicación permite ejercer el control sobre las

variables y monitorizarlas desde la página web. Los comando utilizados, así como, su función se observa en la Figura 4.14.

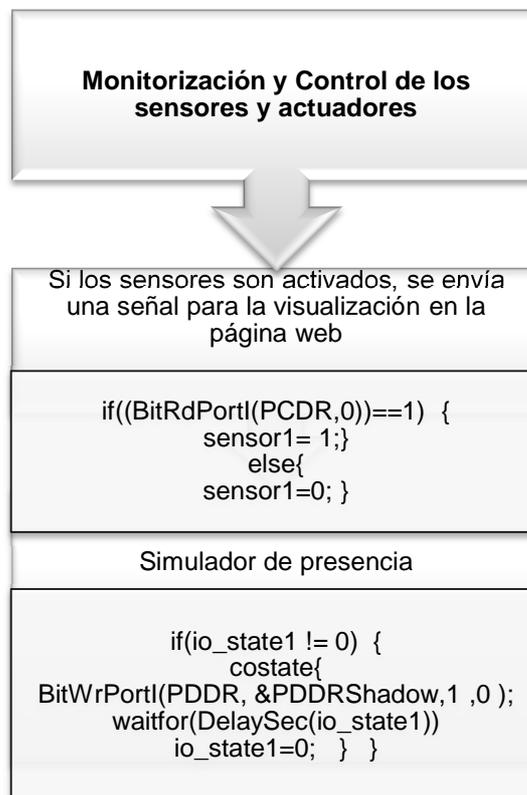


Figura 4.14. Programación para la monitorización y control de variables

4.4. Comunicación y Almacenamiento en la Tarjeta RCM5600W

4.4.1 Comunicación

Antes de compilar el programa, se debe realizar la configuración de los parámetros necesarios para la tarjeta Minicore RCM5600W. En primer lugar se ingresa a Dynamic C 10.64. En el menú principal, ubicado en la parte

superior de la pantalla, se accede a la pestaña *Options* y se selecciona la opción *Project Options*, donde aparece la pantalla mostrada en la Figura 4.15.

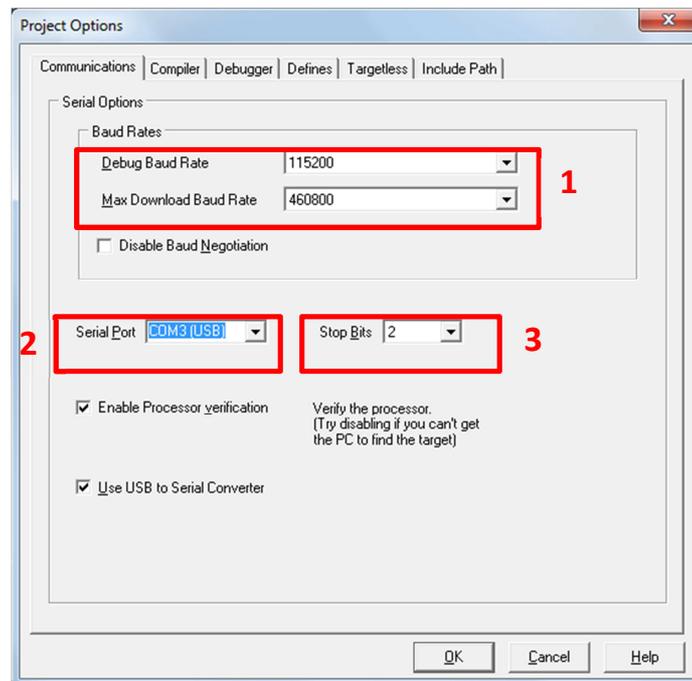


Figura 4.15. Pantalla de configuración de comunicación

En esta pantalla se configuran los parámetros de comunicación, que a continuación se detallan:

1. Se define la velocidad de depuración y la máxima velocidad de transmisión de descarga. Los valores que se pueden seleccionar se muestran en la Figura 4.16.

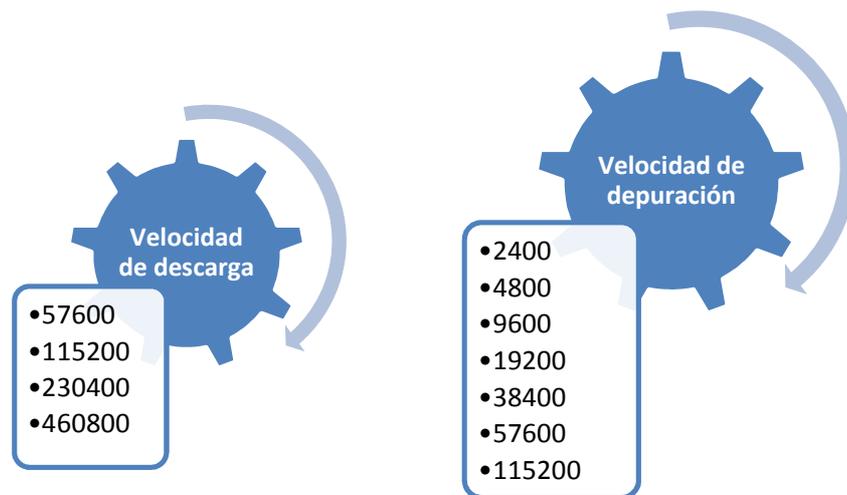


Figura 4.16. Valores de velocidad de descarga y depuración

2. Se identifica el puerto serial que ha sido asignado para la tarjeta o a su vez seleccionar un puerto libre para su uso.
3. Después de la transmisión de los bits de información se suele agregar un bit de paridad (1 o 2). Dicho bit sirve para comprobar que los datos se transfieran sin interrupción.

Después de realizar las configuraciones de comunicación es importante señalar el modelo de la tarjeta. En esta opción se determina la frecuencia, velocidad y capacidad de memoria. La Figura 4.17 indica la pantalla de esta selección.

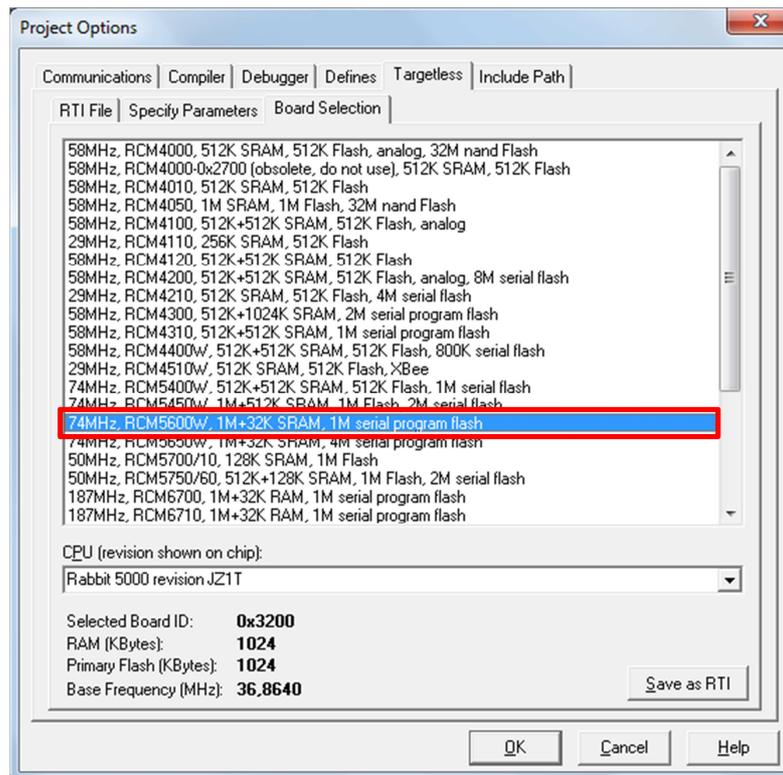


Figura 4.17. Selección de la tarjeta RCM5600W

4.4.2 Compilación

Después de realizar la configuración de la comunicación y la selección de la tarjeta de control embebido, se realiza la compilación y posterior almacenamiento en la memoria. En el menú principal se accede a la pestaña *Compile>> Compile to Target Store Program in FLASH*, como se observa en la Figura 4.18.

La compilación se recomienda ejecutar en la memoria ram, para realizar pruebas y posteriores cambios en el programa, ya que el tiempo es menor. Una vez que el programa se ha concluido se graba en la memoria flash, esto se

efectúa por posibles cortes de energía, en este caso el programa queda grabado en la memoria del microprocesador.

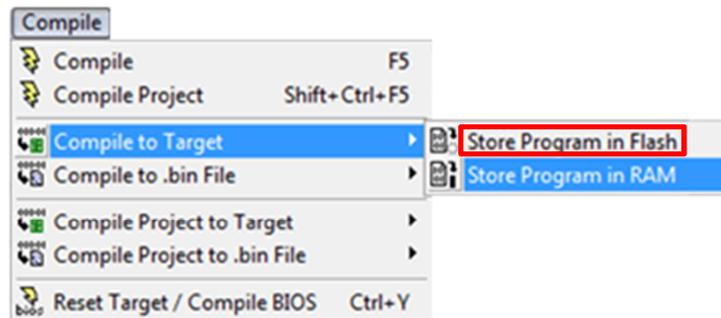


Figura 4.18. Compilación del programa

Para ejecutar el programa se debe verificar que el jumper entre los pines 1-2 este colocado, como se indica en la Figura 4.19. Después se debe retirar este jumper para que quede guardado en la memoria FLASH.

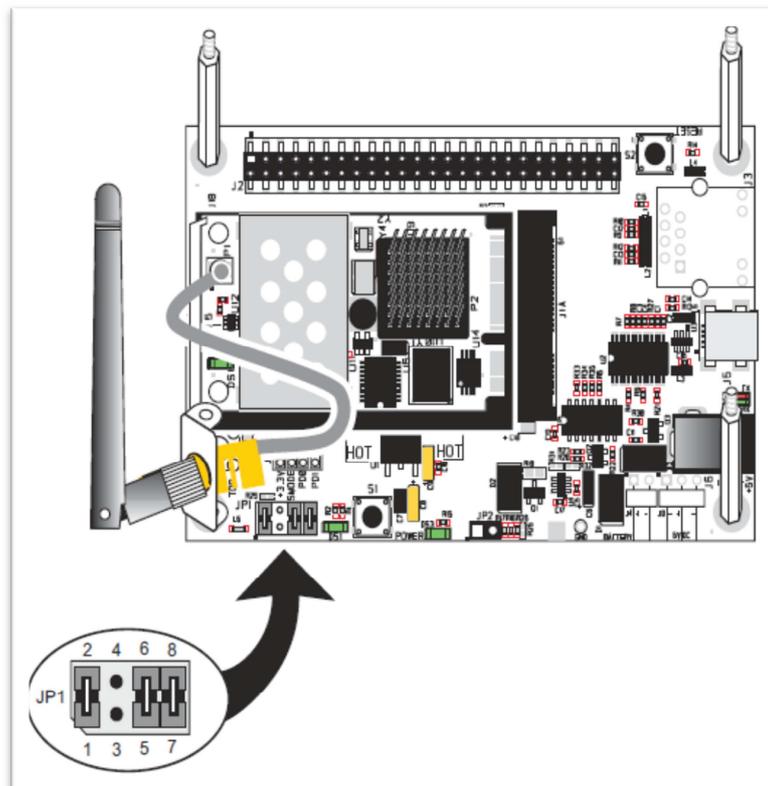


Figura 4.19. Jumper de programación y ejecución

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

5.1 Integración de Hardware

Una vez concluido el programa y cargado en la memoria del microprocesador, se procede a la integración del sistema en su totalidad. En el presente capítulo se pone en marcha el sistema de monitorización y control remoto vía web, y se realiza las pruebas para su normal funcionamiento.

5.1.1 Conexión de la Tarjeta RCM5600W con la Placa de Adaptación

Para la conexión de los sensores y actuadores a la tarjeta se elaboró una placa de adaptación como se muestra en la Figura 5.1. La función de esta placa es transmitir las señales desde las borneras a las entradas o salidas de la tarjeta. Además, la tarjeta de adaptación ofrece la facilidad de conexión e integración con la parte de control.

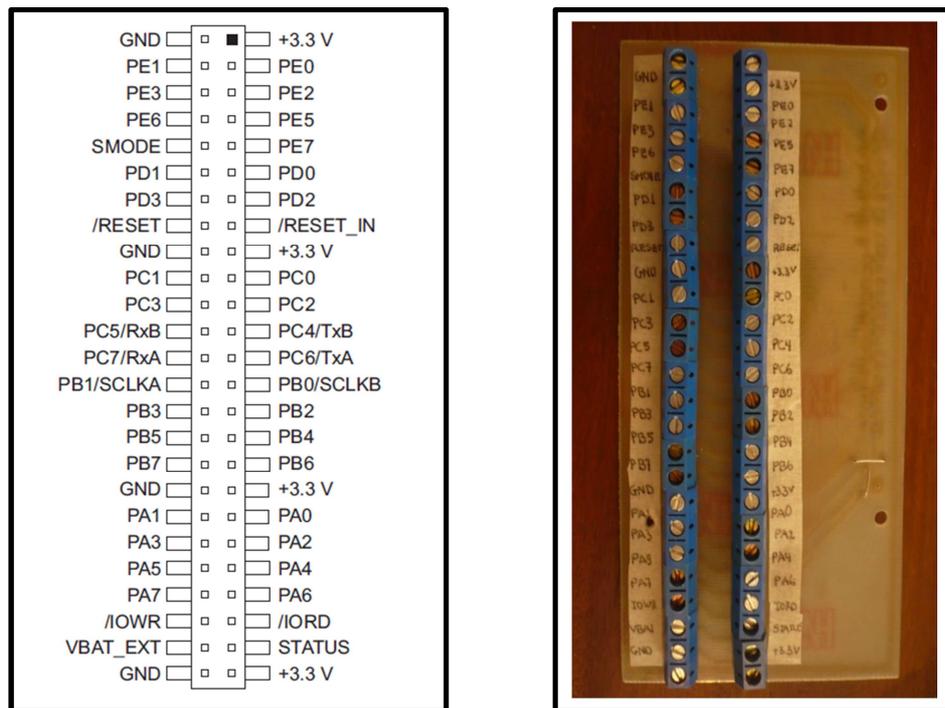


Figura 5.1. Placa de Adaptación

La placa de adaptación ha sido diseñada de tal manera que se integre con la tarjeta de control embebido mediante un zócalo de 50 pines. La placa se muestra en la Figura 5.2. El circuito PCB de la placa se puede ver en el Anexo 2.

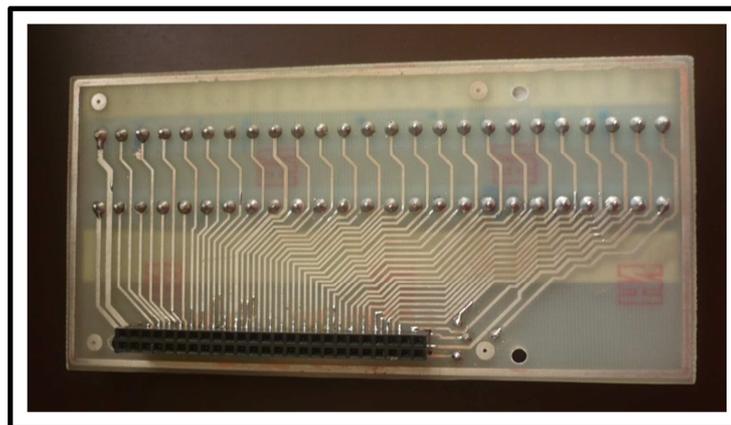


Figura 5.2. Circuito Impreso de Placa de Adaptación

5.1.2 Conexión de la Tarjeta RCM5600W con la Placa de Control

La segunda placa corresponde al circuito de control y monitorización como se muestra en la Figura 5.3. En esta placa se coloca el sistema que controlará la simulación de presencia, sensores de movimiento y alarmas. Los relés y los demás dispositivos electrónicos fueron distribuidos de tal manera que sea integrada a la tarjeta y la placa de adaptación.

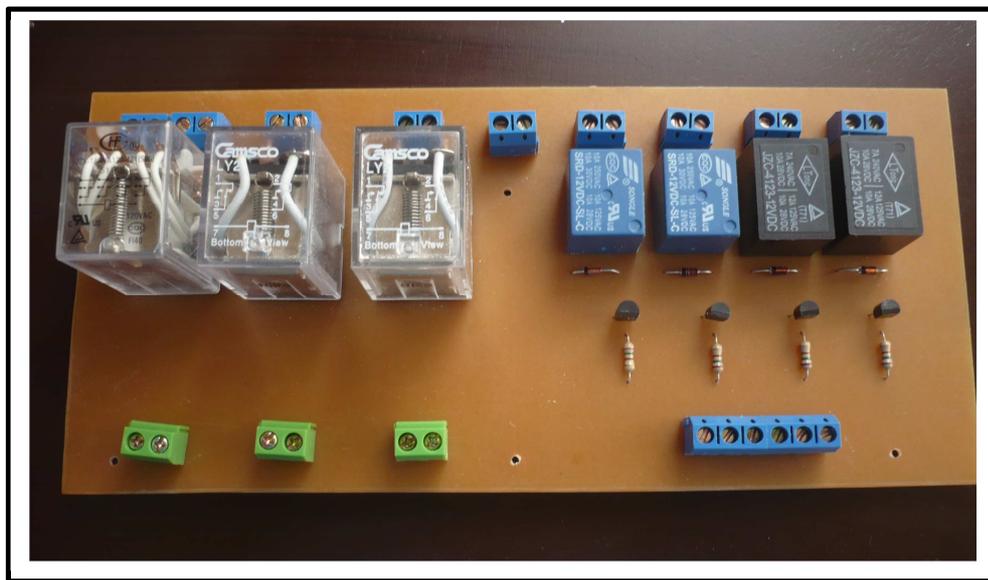


Figura 5.3. Placa de Control

Para la simulación de presencia se ha diseñado el circuito mostrado en la Figura 5.4. Se indica los pines en los que será conectado las salidas de la tarjeta (PD0, PD1, PD2, PD3, PD4). Estas salidas son activadas mediante la interfaz web, para la activación de las luminarias en las distintas partes del departamento.

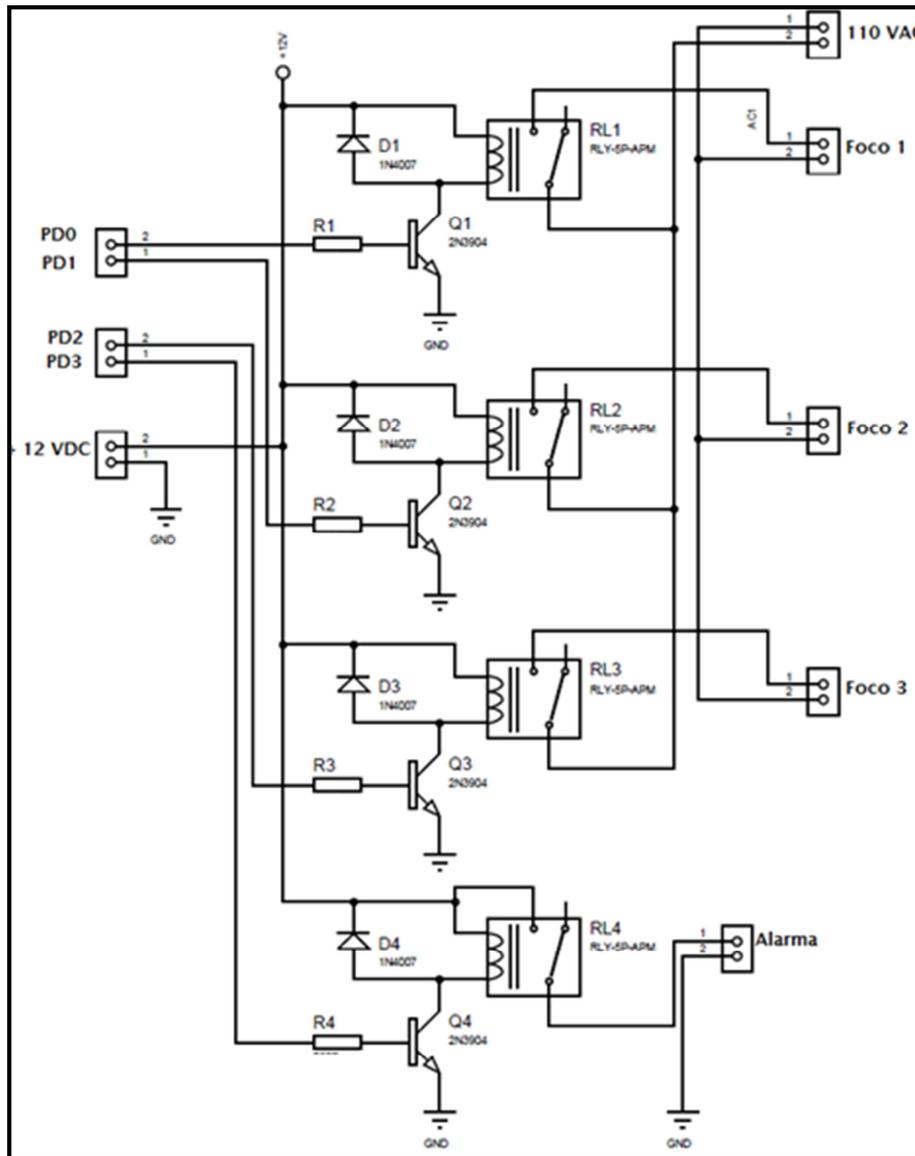


Figura 5.4. Circuito de Simulación de Presencia

Para la monitorización del estado de los sensores se ha implementado el circuito mostrado en la Figura 5.5. A través de este circuito, se ingresa el voltaje de activación de los sensores de movimiento (110 VAC), las cuales activan los relés para un ingreso de 3.3 V a las entradas de la tarjeta.

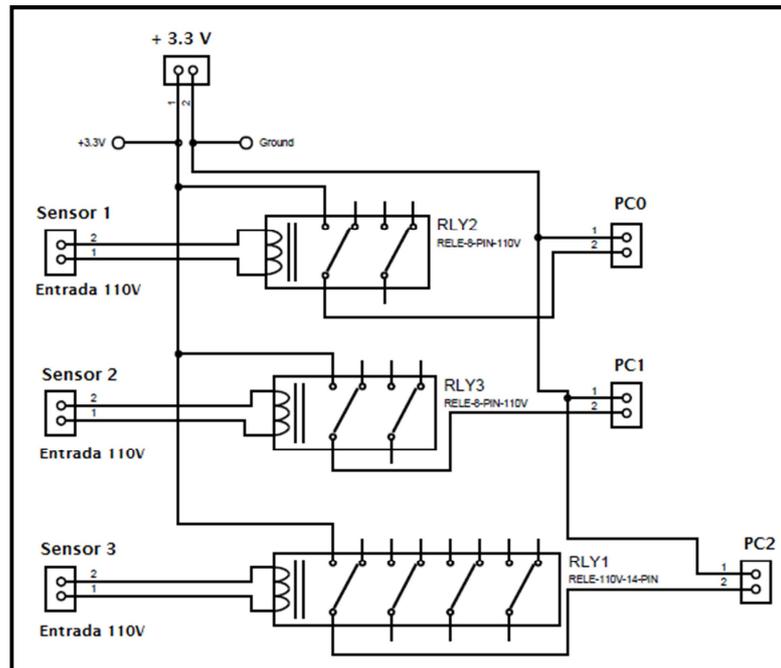


Figura 5.5. Circuito de Monitorización de Sensores

Una vez que se ha realizado la placa de control y adaptación se integran, formando un solo sistema que será introducido en un módulo para su instalación. La integración de las placas se muestra en la Figura 5.6.

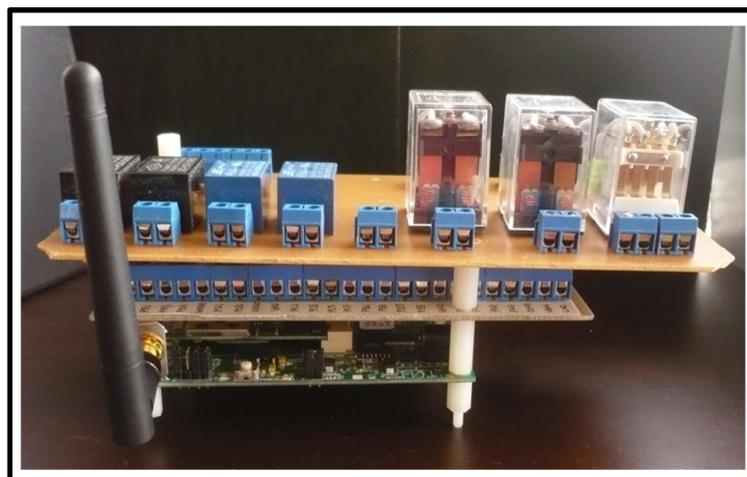


Figura 5.6. Integración de la tarjeta y las placas

5.1.3 Integración del Sistema

Una vez concluida la integración de la tarjeta RCM5600W con las placas de adaptación y control se ha procedido a totalizar el sistema para realizar las pruebas respectivas. En la Figura 5.7 se muestra los sensores y actuadores integrados a la caja de control.

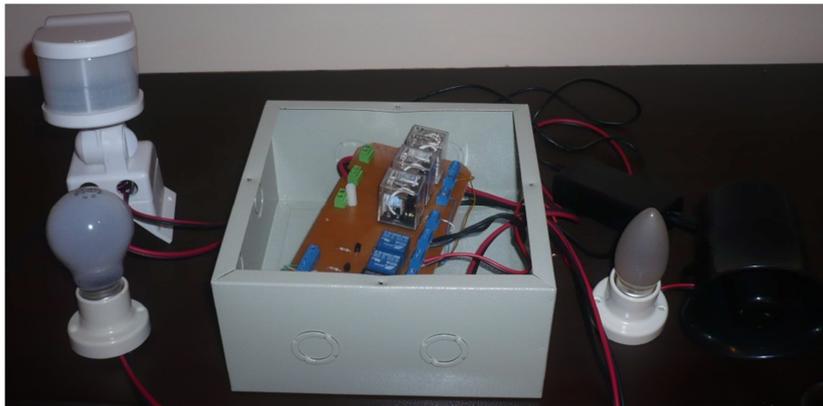


Figura 5.7. Integración de la tarjeta y las placas

Después de realizar las pruebas respectivas y sin que exista ninguna falla se procede a la implementación de los componentes del sistema. En la Figura 5.8 se indica la adaptación final del sistema de control a una caja de propósito general para su instalación.



Figura 5.8. Caja de Control

5.2 Integración de Software

Una vez concluida la integración de los sensores, actuadores y la tarjeta, se procede a la integración del software. Se debe verificar que la conexión de la tarjeta y la red sea correcta. Además debe transmitir y recibir datos desde la página web hacia la tarjeta y viceversa.

5.2.1 Prueba de Conexión de la Tarjeta con la Red

En la programación de la tarjeta de control embebido, se conectó el sistema a la red para acceder a la aplicación desde una red LAN o WAN. Para la verificación del normal funcionamiento de la tarjeta, ingresamos a la configuración del router. Dependiendo del modelo del router y el proveedor de internet, la forma de acceder al mismo puede variar, pero el procedimiento es similar.

En primera instancia accedemos al navegador e introducimos la dirección 192.168.1.1, introducimos el nombre de usuario y contraseña para acceder al router. Verificamos la dirección IP que ha sido asignada a la tarjeta, mediante la opción DHCP, ya que el router establece una dirección dinámica. Para una aplicación local se puede fijar una dirección IP en la programación de Dynamic C. La tarjeta se identifica en la red por la MAC única de cada tarjeta. En la Figura 5.9. se muestra la dirección IP y MAC.

DHCP Table		
Host Name	IP Address	MAC Address
Dell-PC	192.168.1.2	1C:65:9D:38:ED:F3
	192.168.1.4	00:90:C2:DB:73:B4

Figura 5.9. Dirección IP y MAC de la Tarjeta

La prueba de conexión se a realizado durante tiempos prudentes y a medida que se avanzó el proyecto sin que ocurran problema de desconexión. Se puede realizar un ping de comprobación para verificar la conexión de la tarjeta con la red.

5.2.2 Diseño de la Interfaz Web

La tarjeta de control embebido acepta programación en texto plano, por lo que se a realizado en HTML (*HyperText Markup Language*). Es un lenguaje simple utilizado para crear documentos de hipertexto para páginas web. Es usado para describir la estructura y el contenido en forma de texto, así como para complementar el texto con objetos tales como imágenes.

Para crear una página web se pueden utilizar varios programas especializados en esto, como por ejemplo, el Microsoft Front Page o Dreamweaver. Otra forma de diseñar un archivo .html, es copiar todo en el Bloc de Notas de Windows, ya que este sencillo programa cumple con un requisito mínimo que es la posibilidad de trabajar con las etiquetas con las que trabaja este lenguaje. En este caso se realizó la programación en Dreamweaver que es una aplicación que permite la edición de contenidos web, proporcionando funciones visuales y de nivel de código estándar. Las líneas de código se adjuntan en el Anexo 5.

Para el diseño de la página web se consideró la seguridad necesaria para que no exista infiltración de personas sin autorización. Es por esto que para acceder a la aplicación se debe ingresar el “nombre de usuario” y “contraseña”, como se muestra en la Figura 5.10.

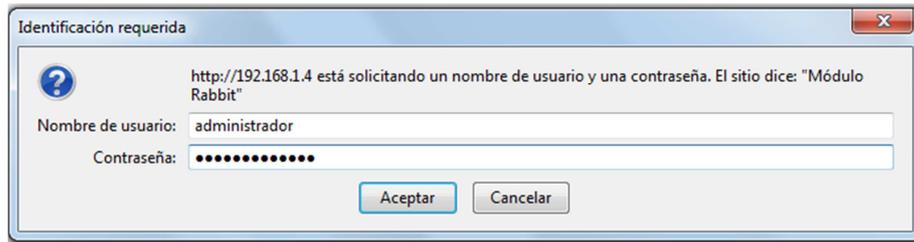


Figura 5.10. Interfaz Gráfica Web

Para la interacción del usuario con la aplicación fue necesario crear una interfaz gráfica bien estructurada y amigable. En la Figura 5.11. se observa las opciones creadas para el sistema. Existen cuatro iconos de acceso: Inicio, Monitoreo, Control e Información. Estas alternativas permiten realizar la monitorización de los sensores, el control de las luminarias e información del sistema.



Figura 5.11. Interfaz Gráfica Web

5.3 Pruebas y Resultados

Para asegurar el normal funcionamiento del sistema de monitorización y control remoto, mediante la tarjeta MiniCore RCM5600W, se ha ejecutado pruebas en el transcurso del proyecto. Estas pruebas se han realizado por tiempos establecidos para la verificación de conectividad, fiabilidad y funcionamiento.

Durante el avance del proyecto se han ido ajustando diversos parámetros para que el resultado final sea óptimo. Los problemas que se han suscitado han sido solucionados paulatinamente hasta lograr el correcto funcionamiento del sistema.

5.3.1 Monitorización de Variables

La prueba final constituye la monitorización de los diversos sensores instalados. La visualización de los estados se muestra en la interfaz web. En la Figura 5.12 se observa la pantalla mediante la cual se conoce si hay un cambio en los sensores de movimiento y la alarma.

En la prueba realizada se verifica que cambia el estado de activado o desactivado dependiendo de la actividad que se presente. El tiempo de muestreo es de 5 segundos, suficiente para los requerimientos del sistema.



Figura 5.12. Pantalla de Monitoreo

5.3.2 Simulación de Presencia

En la pantalla de control se realiza la simulación de presencia como se muestra en la Figura 5.13. Se puede ingresar el tiempo que se desea para que las luces permanezcan encendidas. Este parámetro es importante para que los tiempos sean variables y no crear un patrón preestablecido. También se puede desactivar en cualquier momento los focos.



Figura 5.13. Pantalla de Control

En las pantallas de control y monitorización se consiguió el normal funcionamiento. Los resultados obtenidos tanto en la transmisión y recepción de señales fueron correctos.

5.3.3 Configuración del Router para Redireccionamiento

Para lograr acceder a la aplicación desde una red WAN se debe hacer el redireccionamiento a la tarjeta. Esto se realiza mediante el método NAT (Network Address Translation), el cual permite que los enrutadores IP intercambien paquetes entre dos redes que se asignan direcciones incompatibles. Se redirige las peticiones externas a la dirección IP de la tarjeta.

En las opciones básicas de configuración del router, se accede a la opción NAT y aparece la pantalla de la Figura 5.14.

NAT Settings

NAT Settings	
Virtual Circuit	PVC0 ▾
NAT Status	Enabled
Number of IPs	<input checked="" type="radio"/> Single <input type="radio"/> Multiple
<input type="button" value="DMZ"/> <input type="button" value="Virtual Server"/>	

Figura 5.14. Parámetros NAT

En el campo “Local IP Address” se escribe la dirección IP de la tarjeta a la que se va a redirigir las peticiones externas. La aplicación es para un servidor HTTP para lo que se utiliza el puerto 80.

NAT - Virtual Server

NAT - Virtual Server	
Virtual Server for	Single IP Account
Rule Index	1 ▾
Application	HTTP_Server HTTP_Server ▾
Protocol	ALL ▾
Start Port Number	80
End Port Number	80
Local IP Address	192.168.1.4
Start Port(Local)	80
End Port(Local)	80

Figura 5.15. Servidor Virtual NAT

De esta manera se puede acceder a la aplicación programada en la tarjeta Minicore RCM5600W, a través de la IP pública, desde cualquier lugar donde se tenga acceso a internet.

5.4 Análisis Económico

El diseño del sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta MiniCore RCM5600W se realizó para conocer todas las prestaciones de la tarjeta y comprobar su funcionalidad, así como, las ventajas que ofrece. La aplicación directa fue la implementación del sistema de seguridad en un hogar tipo, en el que el aspecto económico influye para la aceptación del proyecto.

Cabe mencionar que el diseño aparte de basarse en el aspecto técnico, se consideró la optimización de los recursos. El análisis económico del sistema se enfoca a los costos de los dispositivos utilizados en la implementación ya que no requiere mantenimiento a menos que exista un daño en algún elemento. En la Tabla 5.1 se indica la inversión realizada de los sensores, actuadores, dispositivos electrónicos entre otros.

Elemento	Cantidad	Precio por unidad	Precio Total
Tarjeta MiniCore RCM5600W	1	150	150
Sensor de Movimiento	3	15	45
Sirena	1	10	10
Placa de adaptación	1	5	5
Placa de control	1	5	5
Borneras	65	0,40	26
Transistor 2N3904	4	0,07	0,28
Resistencia 750 Ω	4	0,02	0,08
Relés 12 VDC	4	0,60	2,40
Relés 110 VAC	3	3,50	10,50
Caja	1	6	6
Cables	1	10	10
TOTAL			270,54

Tabla 5.1. Inversión Económica del Sistema

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Este proyecto ha permitido realizar la implementación de un sistema de monitorización y control remoto mediante la tarjeta de control embebido Minicore RCM5600W. Los resultados obtenidos muestran que es factible hacer uso de la comunicación inalámbrica Wi-Fi en entornos de automatización, seguridad y control.
- Las pruebas de comunicación garantizan el normal funcionamiento entre la tarjeta y la página web, proporcionando una gran ventaja al ser un sistema de bajo precio. Otras ventajas como gran capacidad de memoria, rapidez de procesamiento y facilidad de programación hace posible la implementación de sistemas similares en ambientes industriales.
- Mediante la tarjeta de control embebido RCM5600W se puede implementar sistemas con conectividad de red inalámbrica y mediante el servidor web incorporado permite el monitoreo y control de dispositivos desde lugares remotos.

- Actualmente existe un crecimiento considerable en el uso de las tarjetas de control embebido ya que responden a las necesidades de diseño que demanden facilidad de uso, bajo consumo de energía y eficiencia.
- La integración de los módulos embebidos inalámbricos en arquitecturas de control es posible por las ventajas que ofrece y el precio accesible. Además, la migración a protocolo Ethernet es una opción de comunicación aceptada a nivel industrial.
- El módulo Minicore RCM5600W ofrece capacidades de comunicación Wi-Fi lo que permite facilidad en la implementación de un sistema de monitorización mediante una interfaz gráfica web.
- La utilización de la página web para la visualización del estado de sensores y actuadores, hace posible la utilización de recursos adicionales ya que es una aplicación HTTP, tales como base de datos, hojas de cálculo, correo electrónico entre otros.
- Los puertos de entrada y salida de la tarjeta lo hacen compatibles con dispositivos CMOS (3.3 V) y se puede aplicar a diversas aplicaciones con circuitos de control o potencia dependiendo el diseño.
- La programación de la tarjeta solo se puede realizar mediante Dynamic C, debido que contiene las librerías necesarias para el uso adecuado de todos sus recursos.

6.2 Recomendaciones

- En el desarrollo del proyecto se recomienda hacer pruebas de continuidad y funcionamiento entre la tarjeta de control embebido, placas de control y

adaptación. Además, es importante, verificar la comunicación adecuada entre la tarjeta que posee comunicación Wi-Fi y la interfaz web.

- Es necesario considerar todas las protecciones para garantizar el buen desempeño de los dispositivos del sistema y asegurar los voltajes y corrientes que ingresan a los puertos de la tarjeta.
- Dependiendo de la aplicación a realizarse se debe asignar el tiempo de muestreo de las variables, porque para determinados sistemas puede ser crítico el control en tiempo real de los procesos.
- Para la alimentación de la tarjeta se recomienda tomar en cuenta el diseño total del sistema, ya que dependiendo de esto se puede optimizar recursos.
- En el desarrollo de la aplicación http se recomienda que no contengan archivos demasiados extensos debido a la capacidad de la tarjeta, pero se puede importar imágenes de una dirección externa para mejorar el diseño.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Capítulo I

- http://www.cordobawireless.net/portal/descargas/Wireless_intro.pdf, Wireless
- [1] EDWARD V. RAMIREZ, "Introducción a los Microprocesadores", Editorial Limusa, México 1998
- [2] Proyecto de investigación ESPE 2010, "Diseño, implementación y validación de soluciones inalámbricas para automatización industrial"

Capítulo II

- MUÑOZ R, David, *Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal*, Tomo I, Alfaomega, Marcombo, México 2002, pg. 123,124,134
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=545&tip=1>, Comunicaciones inalámbricas industriales
- <http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/imc/lang/es/pg/1/sn/n17:imc,n21:11297/fmid/371> , Aplicaciones de Mediciones Inalámbricas
- http://newsindustria.siemens.com.ar/industria/News22/productos_tc2.asp?NroIdEnvio=22&NroIdLink=102&NroIdContacto=0 , Técnicas de Comunicación
- <http://redesinaalam.blogspot.com/> , Redes Inalámbricas vs Alámbricas
- <http://www.lasso.com.mx/Soluciones/ComunicacionIndustrial.aspx> , Soluciones Comunicación Industrial

- <http://www.monografias.com/trabajos16/comunicacion-inalambrica/comunicacion-inalambrica.shtml> , Comunicación Inalámbrica
- <http://es.scribd.com/doc/36485035/Tecnologias-de-comunicacion-inalambricas>, Antecedentes de las redes inalámbricas
- <http://www.lasso.com.mx/LinkClick.aspx?fileticket=FbmLErxO6cE%3D&tabid=216>, Criterios para selección de tecnología inalámbrica de grado industrial
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/rivera_d_g/capitulo2.pdf , Tecnologías Inalámbricas
- <http://www2.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd5322.pdf> , Ventajas de las tecnologías inalámbricas
- <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11460/fichero/Memoria%252F3.-+Redes+Inal%E1mbricas.pdf> , Clasificación de las Redes Inalámbricas
- http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/1679519/Tecnologias-Inalambricas_Mi-Primer-Post_.html, IrDA
- <http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlan.php3>, Redes de Área Local
- <http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifimodes.php3>, Modos de Funcionamiento Wi-Fi
- <http://es.wikitel.info/wiki/WiFi>, Arquitectura de estándar Wi-Fi IEEE 802.11
- <http://es.scribd.com/doc/19987005/Comunicaciones-industriales>, Comunicaciones Industriales
- <http://www.automation.siemens.com/mcms/industrial-communication/es/industrial-wireless-communication/componentes-de-red-para-iwlan/Pages/componentes-de-red-para-iwlan.aspx>, INDUSTRIAL WIRELESS LAN
- http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/2828/WiFi_Completa.pdf, Wieless Fidelity Siemens IWLAN

CAPÍTULO 3

- [1] MiniCore RCM5600W, Running Sample Programs, página 20, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [2] MiniCore RCM5600W, Electrical and Mechanical Characteristics, páginas 78-79, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [3] MiniCore RCM5600W, Getting Started, páginas 15, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [4] MiniCore RCM5600W, Hardware Reference, páginas 32, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [5] MiniCore RCM5600W, Hardware Reference, páginas 32, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [6] MiniCore RCM5600W, , Appendix B- Interface Board, páginas 86, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [7] MiniCore RCM5600W, Appendix A- RCM5600W Specification, páginas 76, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- [8] MiniCore RCM5600W, Hardware Reference, páginas 41, User's Manual, 2009, www.rabbit.com.
- <http://www.digi.com/es/news/pressrelease.jsp?prid=499>, Rabbit Semiconductor
- <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/449/1/T-ESPE-019533.pdf>
- <http://www.rnds.com.ar/articulos/058/Productos.pdf>, Minicore 5600W de Rabbit Módulo WiFi
- BOHORQUEZ GUTIERREZ, Carlos. *"Implementación de un nodo de comunicación Modbus-TCP/IP mediante el uso de un módulo de control embebido de la marca Rabbit Semiconductor"*. Director: Ing. Rodolfo Gordillo. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Sangolquí 2008.
- CHILUISA ESPÍN, Wilson. *"Diseño e implementación de un sistema de preclasificado y auditoria para el control vehicular de una estación de peaje"*. Director: Ing. Rodolfo Gordillo. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Sangolquí 2008.

- ALMEIDA GARZÓN, Jorgue. “*Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo centralizado de flujo vehicular y peatonal*”. Director: Ing. Rodolfo Gordillo. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Sangolquí 2008.

CAPÍTULO 4

- <http://www.langir.com/htm/wall-surface-sensor-lx48b.htm>, Características técnicas del sensor de movimiento infrarrojo LX48B
- <http://usuarios.multimania.es/janjo/janjo1.html>, TCP/IP
- http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_TCP/IP, Modelo TCP/IP

[1] http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo, Sensor Infrarrojo

[3] MiniCore RCM5600W, The nature of Dynamic C , páginas 9, Dynamic C 10 User's Manual, 2009, www.rabbit.com.

CAPÍTULO 5

- http://es.wikipedia.org/wiki/Network_Address_Translation, NAT
- <http://www.portalhacker.net/index.php?topic=23982.0>, Manual para abrir puertos en router
- http://www.adslayuda.com/Huawei_MT882RT-Configuracion_NAT.html, Redireccionamiento de Puertos
- <http://www.monografias.com/trabajos20/traductor-nat/traductor-nat.shtml>, Traductor de Dirección de Red
- http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe_Dreamweaver, Adobe Dreamweaver