



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

Portada

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTÓMATA MÓVIL DE VIGILANCIA
REMOTA Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL CAMPUS
UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA”

FRANCISCO XAVIER CHAGCHA FRUTOS
HOLGUER ARTURO REVELO SILVA

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO ELECTRÓNICO E INSTRUMENTACIÓN

AÑO 2012

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Chagcha Frutos Francisco Xavier,

Revelo Silva Holguer Arturo,

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTÓMATA MÓVIL DE VIGILANCIA REMOTA Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en las páginas del cuerpo de la tesis correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 15 de Enero del 2013

Francisco Xavier Chagcha Frutos

CC: 180320628-1

Holguer Arturo Revelo Silva

CC: 0502274194

CERTIFICADO

Ing. David Rivas (Director)

Ing. José Bucheli (Codirector)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTÓMATA MÓVIL DE VIGILANCIA REMOTA Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA” realizado por los señores: CHAGCHA FRUTOS FRANCISCO XAVIER Y REVELO SILVA HOLGUER ARTURO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan al señor: CHAGCHA FRUTOS FRANCISCO XAVIER Y REVELO SILVA HOLGUER ARTURO que lo entregue la ING. NANCY GUERRÓN, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, 15 de Enero del 2013

Ing. David Rivas
DIRECTOR

Ing. José Bucheli
CODIRECTOR

AUTORIZACIÓN

Nosotros, CHAGCHA FRUTOS FRANCISCO XAVIER,
REVELO SILVA HOLGUER ARTURO

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AUTÓMATA MÓVIL DE VIGILANCIA REMOTA Y MONITOREO EN TIEMPO REAL PARA EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA” cuyo contenido, ideas y criterios son de NUESTRA exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 15 de Enero del 2012.

Francisco Xavier Chagcha Frutos

CC: 180320628-1

Holguer Arturo Revelo Silva

CC: 0502274194

Latacunga, 15 de Enero del 2013

AUTORÍA

ELABORADO POR:

**Francisco Xavier Chagcha Frutos
Silva**

CC: 180320628-1

Holguer Arturo Revelo

CC: 0502274194

APROBADO POR:

Ing. Nancy Guerrón

**DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN.**

CERTIFICADO POR:

Dr. Rodrigo Vaca.

**SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO.**

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a Dios por darme la fuerza de culminar todos los objetivos estudiantiles que hasta ahora me ha llevado a realizar, a mis padres por el apoyo que siempre me han dado a lo largo de toda mi vida, a mis hermanas por el apoyo incondicional y los consejos que me han sabido dar para poder solucionar todas las dificultades en mi vida, a mis maestros quienes desde las aulas y desde su experiencia propia han sabido indicarme el sendero del profesionalismo y a mis verdaderos amigos quienes de alguna forma u otra me ayudaron en la vida y a entenderla de forma general.

Francisco Xavier Chagcha Frutos

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todos los que creyeron en mí, a toda la gente que me apoyo en las diferentes etapas de mi vida, a mis familiares, amigos e ingenieros, a esta institución que me ha formado y demás personas importantes que están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón, pero en especial está dedicada a mis padres ya que sin su apoyo a lo largo de mi vida y en todo momento me dieron su paciencia y amor, sin las cuales no me hubiera sido posible culminar este logro profesional. LOS AMO CON MI VIDA.

Holguer Arturo Revelo Silva

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la vida por permitirme culminar este ciclo de estudios e iniciar otro, con nuevos retos, puertas por abrir y conocer de forma experimental todos los retos del profesionalismo.

Agradezco a mis queridos padres Francisco y María y mis hermanas Alexandra y Aracelly por darme el soporte y el apoyo para terminar esta carrera y alentarme a seguir adelante y decirme de antemano como hay que manejarse en la vida para valorar lo que uno más quiere que es la familia.

Agradezco a los Ingenieros José Bucheli y David Rivas por apoyarme a culminar este proyecto de grado, puesto que gracias a sus conocimientos, asesoramiento disponibilidad de tiempo, fue posible cumplir con éxito los objetivos planteados y cumplir las metas de este proyecto.

Agradezco a mis amigos y compañeros Freddy Salazar, Diana Albán y Holguer Revelo por brindarme ante todo su apoyo humano. Gracias a sus consejos, palabras de aliento, críticas constructivas y ayudarme a convertirme en Ingeniero Electrónico.

Agradezco a los ingenieros docentes de Departamento de Eléctrica y Electrónica, los cuales me enseñaron y compartieron sus conocimientos y experiencias laborales, en todo el transcurso de mi formación profesional.

Y agradezco a los buenos amigos, amigas, compañeros y personas cercanas que de una u otra manera formaron parte de todo este proceso de estudio.

Francisco Xavier Chagcha Frutos

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza, salud y paciencia necesaria para luchar cada

día más y ahora culminar este proyecto de grado.

A mis padres Luis Revelo y Clemencia Silva quienes a lo largo de mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. LOS AMO.

A mi esposa Raquel Tapia mi hija Paula Revelo mis grandes amores que cambiaron mi vida, quienes fueron mis inspiraciones para luchar cada día más, en especial a mi nenita que viene en camino Briana Revelo mi gran alegría. LAS AMO

A mis hermanos Ángelo, José, David, Xavier y Luis Revelo el gran equipo de futbol, sin su apoyo esta meta no hubiera sido lograda.

A los Ingenieros José Bucheli y David Rivas por brindarme sus conocimientos, experiencia y tiempo necesario para culminar este proyecto.

A mis amigos y compañeros a lo largo de estos años de estudio, en especial a mis amigos que fueron como una familia durante todo este tiempo.

Holguer Arturo Revelo Silva

CONTENIDO

Portada	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii

CERTIFICADO.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
AUTORÍA	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
PRESENTACIÓN.....	xxv
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1 LA ROBÓTICA	1
1.1.1 Breve Historia	2
1.1.2 Robot.....	4
1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS.....	7
1.2.1 Por su Generación.....	7
1.2.2 Por su Nivel de Inteligencia	10
1.2.3 Por su Nivel de Control	11
1.2.4 Por su Nivel de Lenguaje	12
1.2.5 Por su Aplicación.....	13
1.3 SISTEMAS EMBEBIDOS	17
1.3.1 Sistemas de Tiempo Real (STR).....	22
1.3.2 Arreglos de Compuertas Programables en Campo (FPGAs).....	25
1.4 SISTEMAS DE VIGILANCIA	31
1.4.1 Sistemas De Vigilancia en Robots Móviles.....	32
1.5 SENSORES INFRAROJOS Y ULTRASÓNICOS	46

1.5.1	Los sensores infrarrojos	46
1.5.2	Clasificación de los sensores Infrarrojos.....	47
1.5.3	Los sensores Ultrasónicos	50
1.6	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL	52
1.6.1	Errores en el sistema GPS	60
1.6.2	Número de satélites visibles.	60
1.6.3	Desviaciones por los relojes internos de los satélites.....	61
1.6.4	Errores Orbitales	61
1.6.5	Navegación con el sistema de posicionamiento global.....	62
1.7	PARTES DEL ROBOT DE VIGILANCIA	68
1.7.1	Estructura del Robot.....	68
1.7.2	Control del Robot.....	69
1.7.3	Sensores para Robots Móviles	69
1.7.4	Actuadores	71
1.7.5	Servomotores	71
1.8	REDES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	72
1.8.1	IEEE 802.11b-1999 o 802.11b	73
1.8.2	IEEE 802.11g.....	73
1.8.3	IEEE 802.11n.....	74
1.8.4	Categorías.	77
1.8.5	Tipos.....	77
1.8.6	Características	79
1.8.7	Aplicaciones	80
CAPÍTULO II	82
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....		82
2.1	INTRODUCCIÓN	82
2.2	DISEÑO DEL AUTÓMATA.....	83
2.2.1	Descripción del Robot móvil Labview Robotics SbRIO Starter Kit	
2.0	88
2.3	SELECCIÓN DEL MATERIAL.....	99
2.3.1	Wireless N150 Home Ruteador	100

2.3.2	Localizador Quectel GL 100	101
2.3.3	IP/Network Camera SP-FJ01W	105
2.3.4	Joystick.....	108
2.4	ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE ULTRASONIDO	109
2.4.1	Sensor Ultrasónico PING.....	109
2.4.2	Características técnicas Del sensor Ping Parallax.....	109
2.4.3	Distribución de Pines Del Sensor PING Parallax	110
2.5	INTERCONEXIÓN DE SISTEMA DE SENSORES Y CÁMARA A LA PC EMBEBIDA.....	110
2.5.1	LOCALIZACIÓN MEDIANTE EL GPS	112
2.6	IMPLEMENTACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA INALÁMBRICO.....	113
2.6.1	Arquitectura de red.....	113
2.6.2	Modo de Comunicación del Autómata-PC.....	114
2.6.3	Descripción del Sistema.....	114
2.7	SOFTWARE.....	115
2.7.1	Descripción del Software LabVIEW.....	115
CAPÍTULO III		117
DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL.....		117
3.1	INTRODUCCIÓN	117
3.2	ARQUITECTURA DEL SOFTWARE DEL ROBOT.....	118
3.2.1	Creación de un Proyecto.....	120
3.3	PROGRAMA PRINCIPAL.....	138
3.3.1	Descripción general de la configuración para cargar el programa de evasión de obstáculos	138
3.4	RUTINA DE CAMINATA.....	156
3.4.1	VI para la Rutina de Caminata.....	157
3.4.2	Programación del control manual mediante un Joystick.....	159
3.5	RUTINA DE ACCIÓN FRENTE A OBSTÁCULOS	162
3.5.1	VI para la Evasión de Obstáculos.....	162
3.6	RUTINA DE DETECCIÓN DE PERSONAS	163

3.7 RUTINA DE COMUNICACIÓN DE AUDIO Y VIDEO	165
3.8 MODOS DE TRABAJO DEL ROBOT	166
CAPÍTULO IV	168
PRUEBAS Y RESULTADOS	168
4.1 CONTROL DE LAS RUEDAS	168
4.2 COMPORTAMIENTO ANTE OBSTÁCULOS	171
4.3 DETECCIÓN DE PERSONAS	174
4.3.1 DATOS OBTENIDOS POR EL SENSOR A DIFERENTES DISTANCIAS.....	175
4.4 CONDICIONES DEL ENTORNO EXTERNO.....	176
4.5 CONDICIONES DE MANEJO DEL PROTOTIPO.....	177
4.6 SISTEMA DE VIGILANCIA.....	178
4.7 ENVÍO DE ÓRDENES DESDE LA PC	179
4.8 LISTADO DE ELEMENTOS Y COSTOS.....	181
4.9 ALCANCE Y LIMITACIONES.....	181
4.10 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO	182
CAPÍTULO V	184
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	184
5.1 CONCLUSIONES	184
5.2 RECOMENDACIONES.....	187
6. BIBLIOGRAFÍA	190
7. ANEXOS	195

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Robot Play Back de Nabtesco	8
Figura 1.2: Robot controlado por sensores de Toyota.....	8
Figura 1.3: Robot controlado por visión de Toyota	9
Figura 1.4: Robot ASIMO de Honda Motor	9
Figura 1.5: Robots Asimo de Honda Motors	10
Figura 1.6: Robots móvil controlado ROVER X4E	11
Figura 1.7: Robot AIBO de Sony	13
Figura 1.8: Prótesis, parte robótica aplicada en la medicina	16
Figura 1.9: Imagen de un robot Androide de SEGURITRON	16
Figura 1.10: Robot móvil TM-5 Skid Steer	17
Figura 1.11: Ejemplo de Procesadores Embebidos NI Single-Board RIO de National Instruments	22
Figura 1.12: Arquitectura de un Sistema de Tiempo Real de NI Single – Board RIO	24
Figura 1.13: Arquitectura de un dispositivo FPGA.....	27
Figura 1.14: Sintaxis de programación del lenguaje VHDL	28
Figura 1.15: Programación de un contador con Labview FPGA.....	29
Figura 1.16: Programación de un contador con VHDL.....	30
Figura 1.17: Sistema Programable en un Chip Virtex-II PRO de Xilinx	31
Figura 1.18: Robot SCOUT de PIAP	33
Figura 1.19: Robot ofensivo RIOTBOT de TECHNOROBOT	36
Figura 1.20: ROV Penguin B3. Desactivación de minas	37
Figura 1.21 Robots arrojados: Robot Eyeball R-1 y Recon Scout Bot	39
Figura 1.22: Diferentes tipos de Robot de vigilancia externa: ROBART I / ROBART II / PROWLER / SENTRY / MDARS-int / CYBERGUARD / ROBART III / MDARS-ext	41
Figura 1.23 Robots MOSRO (interior) y OFRO (exterior)	42
Figura 1.24: Robot AUNAV	44
Figura 1.25 UAV AirRobot.....	45
Figura 1.26 Robot mSecurit de MoviRobotics	46
Figura 1.27: Sensor Activo de Proximidad de Direct Industry.....	48
Figura 1.28: Sensor de Ranura.....	49
Figura 1.29: Sensor Infrarrojo TCRT500.....	49
Figura 1.30: Reconocimiento por emisión recepción	51
Figura 1.31: Satélite GPS, Tauraso.....	56
Figura 1.32: Los tres segmentos del GPS.	57

Figura 1.33: La constelación de satélites de GPS que circundan la Tierra en órbitas muy precisas	59
Figura 1.34: Errores de GPS que muestran una señal bloqueada y una señal multi-camino	61
Figura 1.35: Meridianos y paralelos de la esfera planetaria	63
Figura 1.36: Representación del sistema tridimensional.....	64
Figura 1.37 Definición de longitud	66
Figura 1.38: Definición de latitud	67
Figura 1.39 Declinación de dos puntos diferentes en la Tierra.....	68
Figura 1.40: Sensor de ultrasonido.....	70
Figura 1.41 Sensor de Térmico	71
Figura 1.42: Servomotor.....	72
Figura 1.43: Red de Comunicación Inalámbrica.....	77
Figura 2. 1: Etapas de implementación del robot	83
Figura 2. 2: Robot NI Single-Board RIO	84
Figura 2. 3: Modelo cinemático de una configuración diferencial	84
Figura 2. 4: Curva de Despliegue de los Diferentes Sistemas RIO.....	86
Figura 2. 5: Componentes Principales de una Tarjeta sbRIO-9632.....	87
Figura 2. 6: Robot móvil LabVIEW Robotic sbRIO Starter Kit.	89
Figura 2. 7: Chasis del Robot móvil LabVIEW Robotic sbRIO Starter Kit.	90
Figura 2. 8: Motor DC TETRIX de Pitsco.	91
Figura 2. 9: Sensor ultrasónico de Parallax.	91
Figura 2. 10: Encoders ópticos.	91
Figura 2. 11: Servomotor Estándar de Parallax.....	92
Figura 2. 12: Tarjeta Single-Board RIO (sbRIO-9632).	92
Figura 2. 13: Fuente de Energía.	93
Figura 2. 14: Cargador de Baterías	93
Figura 2. 15: Foto de robot vista superior	95
Figura 2. 16: Diagrama de Bloques del Robot Móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit.....	96
Figura 2. 17: Vista inferior del robot móvil. Ubicación del paquete de baterías, el conector y el motor derecho del robot.....	97
Figura 2. 18: Configuración de los engranajes y distancia entre los ejes	98
Figura 2. 19: Wireless N150 Home Ruteador DIR-600	101
Figura 2. 20: Localizador Quectel GL-100	102
Figura 2. 21: Mapa con la ubicación del Localizador	104
Figura 2. 22: Mapa con la ubicación del Localizador tomada desde Google Earth	104
Figura 2. 23: Cámara inalámbrica SP-FJ01W	106

Figura 2. 24: 11 Leds infrarrojos	106
Figura 2. 25: Conexión de la cámara al Ruteador y visualización por Internet desde un CPU	107
Figura 2. 26: Panel frontal del software de visualización	107
Figura 2. 27: Joystick con puerto USB	108
Figura 2. 28: Sensor Ping Parallax	109
Figura 2. 29: Terminales de Conexión	110
Figura 2. 30: Diagrama de Bloques del Autómata Móvil	111
Figura 2. 31: Esquema de conexión de los elementos a la plataforma Robótica	112
Figura 2. 32: Configuración autónoma del Ruteador.....	114
Figura 3. 1: Ventana Getting Started de LabVIEW. Opciones para crear un proyecto.....	121
Figura 3. 2: Creación de un proyecto a partir de Empty Project	122
Figura 3. 3: Creación de un proyecto segundo paso.....	123
Figura 3. 4: Creación de un proyecto a partir de Real-Time Project	124
Figura 3. 5: Ventana para añadir un VI nuevo o existente.....	125
Figura 3. 6: Ventana para seleccionar sistema remoto en tiempo real.	125
Figura 3. 7: Ventana de configuración del Proyecto.....	126
Figura 3. 8: Ventana que muestra la creación del Proyecto Final.	126
Figura 3. 9: Creación de un proyecto a partir de FPGA Project.	127
Figura 3. 10: Ventana de configuración para los chips FPGA.	128
Figura 3. 11: Ventana de configuración para los chips FPGA.	129
Figura 3. 12: Diferentes ventanas de configuración. Tercera ventana.....	130
Figura 3. 13: Diferentes ventanas de configuración. Cuarta ventana.	130
Figura 3. 14: Apariencia final de un proyecto creado con FPGA Project.	131
Figura 3. 15: Ventana de Finalización del Proyecto.	131
Figura 3. 16: Ventana <i>Getting Started</i> de LabVIEW Robotics.	132
Figura 3. 17: Creación de un proyecto a partir de <i>Robotics Project</i>	134
Figura 3. 18: Configuración de dirección IP	136
Figura 3. 19: Nombrando y guardando el proyecto.	136
Figura 3. 20: Apariencia final de un proyecto creado con <i>Robotics Project</i>	137
Figura 3. 21: Configuración de la IP en el computador	139
Figura 3. 22: Configuración de la IP del Robot	139
Figura 3. 23: Inicialización de LabVIEW Robotics 2011	140
Figura 3. 24: Paso 1 de la configuración del robot	140
Figura 3. 25: Paso 2 de la configuración del robot	141
Figura 3. 26: Paso 2 de la configuración del robot (Encendido del Robot) ..	141

Figura 3. 27: Paso 3 de la configuración del Robot (Detección del hardware)	142
Figura 3. 28: Paso 3 de la configuración del Robot (Selección del Robot) ..	143
Figura 3. 29: Paso 4 Instalando el Software de la tarjeta.....	143
Figura 3. 30: Paso 5 Prueba de una correcta carga del software	144
Figura 3. 31: Paso 5 Prueba del sensor ultrasónico.....	145
Figura 3. 32: Paso 5 Prueba de los motores.....	145
Figura 3. 33: Paso 6 Configuración Completa	146
Figura 3. 34: Creación de un Nuevo VI	147
Figura 3. 35: Panel Frontal del VI.	148
Figura 3. 36: Programa de Evasión de Obstáculos	148
Figura 3. 37: Configuración de una tarjeta FPGA.....	149
Figura 3. 38: Compilación del programa	149
Figura 3. 39: Compilación del programa propiedades.....	150
Figura 3. 40: Compilación del programa propiedades (Selección del programa)	151
Figura 3. 41: Generación de la compilación del programa	151
Figura 3. 42: Selección de configuración Build All.....	152
Figura 3. 43: Configuración Build All	152
Figura 3. 44: Build Status	153
Figura 3. 45: Configuración del Real Time Application	153
Figura 3. 46: Configuración del Real Time Application de acciones programadas	154
Figura 3. 47: Configuración del Real Time Application al Startup VIs	154
Figura 3. 48: Configuración del Run as startup	155
Figura 3. 49: Transferencia del programa al Robot	156
Figura 3. 50: Proyecto Control Manual Robot Móvil	160
Figura 3. 51: Observación del Target	161
Figura 3. 52: Panel Frontal del VI Control Josystick.....	161
Figura 3. 53: Panel de Control del VI Starter Kit 2.0 para detección de personas.....	164
Figura 3. 54: Panel de Control de la cámara para detección de personas. .	165
Figura 3. 55: Panel de Control de la cámara para la visualización de video y opciones de entrada y salida de audio.	165
Figura 3. 56: Panel de Control: Modo Manual y Modo Automático	166
Figura 4. 1: Diagrama de Bloques del Control Josystick para el control de motores.....	169
Figura 4. 2: Diagrama de Bloques del VI Manual para el control de motores.....	169

Figura 4. 3: Cobertura de medición del sensor ultrasónico.....	173
Figura 4. 4: Cobertura de medición del sensor ultrasónico puesto en el autómata	173
Figura 4. 5: Cobertura de medición del sensor ultrasónico puesto en el autómata para la detección de personas	174
Figura 4. 6: Visualización de personas mediante la cámara ip donde se encuentra la otra característica del automático, la detección de personas	175
Figura 4. 7: Cobertura de superficies de un ancho de 2cm.	177
Figura D.1: Diagrama de bloques de VI de forma Manual.	201
Figura E.1 Diagrama de Bloques del VI Control Josystick.....	202
Figura E.2: Diagrama de Bloques del VI Starter Kit 2.0 Roaming	202
Figura E 3: Diagrama de Bloques del VI Starter Kit 2.0 Roaming para detección de personas.	203

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A 1 Características Generales del Robot.....	195
Tabla A.2 Características de estabilidad del Robot.....	195
Tabla A.3 Características de protección Eléctrica del Robot.....	195
Tabla A.4 Salidas Analógicas del Robot	196
Tabla A.5 Características Generales de las entradas analógicas del Robot.....	196
Tabla A.6 Características de las entradas analógicas del Robot	197
Tabla B 1 Características del DIR-600.....	198
Tabla B 2 Características del Sensor Ping Parallax.....	199
Tabla C 1 Propiedades de las variantes del estándar IEEE 802.11	200

ÍNDICE DE ECUACIONES

(EC. 1.1.)52

(EC 3.1)159

RESUMEN

El presente documento expone el diseño y construcción de un autómata móvil de vigilancia remota y monitoreo en tiempo real bajo la Plataforma Robótica de Enseñanza, Investigación y Desarrollo de Prototipos sobre el robot móvil Labview Robotics sbRIO Starter Kit 2.0, el cual está basado en una tarjeta sbRIO-9632 con arquitectura abierta y tecnología FPGA.

En el Capítulo 1 y Capítulo 2, se hace un estudio del hardware, software, configuración, tecnología y funcionalidades del robot móvil como generalidades básicas. Además se describe la distribución de los componentes como son Ruteador, Cámara Inalámbrica que se ha incorporado al robot y que permite dar soporte a sensores, y otros elementos que se han utilizado en la implementación de algunas aplicaciones que así lo requieran, es decir el diseño y construcción del robot bajo la plataforma.

Para realizar la programación del robot móvil se ha empleado el software LabVIEW de National Instruments, el cual incluye varios módulos y herramientas empleadas en Robótica. Los módulos utilizados para el desarrollo de las aplicaciones han sido el LabVIEW Robotics, LabVIEW Real Time y LabVIEW FPGA. Estos módulos son explicados en el Capítulo 3, así como también el desarrollo del programa de control basado en las diferentes rutinas como son acciones frente a obstáculos, detección de personas, comunicación y modos de trabajo automático y manual.

En el Capítulo 4 se incluye información de pruebas y resultados basándonos al desarrollo de las rutinas y el comportamiento del robot ante las diferentes situaciones con el manejo de los periféricos y puertos de E/S digitales y analógicos de la tarjeta sbRIO-9632, el servomotor y el

sensor ultrasónico incluidos con el robot. También se ha implementado físicamente el control manual del robot móvil haciendo uso de un joystick o de un teclado de computador.

En el diseño e implementación se incluye las siguientes aplicaciones: evasión de obstáculos, ubicación geográfica del robot mediante un módulo GPS, establecimiento de un protocolo de comunicación inalámbrica mediante un Ruteador, reconocimiento y seguimiento de patrones utilizando una cámara IP. Dándonos la posibilidad de desarrollar las conclusiones y recomendaciones en el Capítulo 5.

ABSTRACT

This paper describes the design and construction of a mobile robot remote

surveillance and monitoring in real time under the Robotic Platform for Teaching, Research and Prototyping on mobile robot sbRIO LabVIEW Robotics Starter Kit 2.0, which is based on a card sbRIO-9632 open architecture and FPGA technology.

In Chapter 1 and Chapter 2, we study the hardware, software, configuration, technology and functionality of the mobile robot as basic generalities. It also describes the distribution of the components such as router, wireless camera that is incorporated into the robot and allows to support sensors, and other elements that have been used in the implementation of some applications that require it, such as the design and the robot construction under the platform.

To program the mobile robot has been used National Instruments LabVIEW software, which includes several modules and tools used in robotics. The modules used for the development of applications have been the LabVIEW Robotics, LabVIEW Real-Time and LabVIEW FPGA. These modules are explained in Chapter 3, as well as the development of the control program based on the different routines such as actions against obstacles, people detection, communication and working modes automatic and manual.

Chapter 4 contains information and evidence based results routines development and behavior of the robot to different situations with the management of peripheral ports and I / S digital and analog sbRIO card-9632, the servomotor and the ultrasonic sensor included with the robot. Also physically implemented manual control of the mobile robot using a joystick or a computer keyboard.

In the design and implementation includes the following applications:

obstacle avoidance, geographic location of the robot using a GPS module, establishing a wireless communication protocol using a router, pattern recognition and tracking using an IP camera. Enabling us to develop conclusions and recommendations in Chapter 5.

PRESENTACIÓN

La Robótica es una de los grandes desarrollos tecnológicos, en donde se realizan proyectos en los que mediante el diseño, construcción y programación de robots los estudiantes pueden, por una parte, visualizar, explorar y comprobar conceptos de diseño mecánico y electrónico, y por la otra, formular y experimentar alternativas para solucionar problemas o realizar tareas específicas.

El área de la robótica ha sido desde hace años fuente de grandes investigaciones. Gracias a estos trabajos, se han realizado avances en todas las tareas que incluye el concepto de hacer que un robot se mueva con autonomía en un área específica. Se han utilizado técnicas como el mapa de entorno, generación de trayectorias y caminos, detección de obstáculos y navegación global.

Sin embargo aún no existe una solución definitiva al problema de la robótica móvil, para cada entorno existe una solución específica que cambia según el grado de autonomía que se desee conceder, cada una con puntos a favor y en contra. Conforme se van generando nuevas soluciones, los algoritmos son cada vez más complejos y necesitan más carga computacional.

Los trabajos de navegación generalmente se basan en el mapa de algún entorno estructurado. Existen otros trabajos centrados en el posicionamiento del robot y reconocimiento del entorno que le rodea, mediante técnicas complejas basadas en distintos tipos de sensores y cámaras, sin embargo el algoritmo de control es demasiado complejo para ser ejecutado en tiempo real y con movimientos cómodos del robot.

Los sensores más utilizados para captar la información del entorno son de ultrasonidos, infrarrojos y visión artificial. Los dos primeros utilizados para la detección de obstáculos ya que permiten obtener una relación instantánea de distancias a objetos y el tercero tiene la capacidad de identificación de formas y colores pero con mayor requerimiento de procesamiento de datos.

Gracias a toda la información y referencias de investigaciones de robótica, la hipótesis que rige esta tesis asevera que es posible la implementación de un sistema de detección de obstáculos por sensores ultrasónicos y navegación GPS que permitirá mejorar las funciones de autonomía e interacción de un robot móvil en un campo de pruebas prediseñado.

Basados en lo anterior se realizó las siguientes actividades:

- Estudio del funcionamiento de los sensores ultrasónicos aplicados a la robótica.
- Estudio del funcionamiento del sistema de posicionamiento global (GPS).
- Adquisición de señales de los sensores ultrasónicos para detección de obstáculos.
- Implementación de un sistema de navegación por módulo GPS para la ubicación del destino.
- Diseño e implementación del software de control del robot móvil.
- Diseño y Construcción de un autómata móvil
- Análisis de los Estándares de comunicación IEEE 802.11 y selección del más adecuado para implementar un sistema de vigilancia mediante una red inalámbrica.
- Análisis del modo de operación de un sistema embebido (PC Embebida).

- Diseño del software de control de vigilancia sobre una plataforma embebida y selección del sistema operativo óptimo para la aplicación.
- Diseño del sistema de sensores, sistema de comunicación audio-video y sistema de rutas prefijadas utilizando tecnología GPS.
- Diseño de una HMI para monitoreo y control del autómatas todo terreno.

Para lograrlo se siguió una metodología de investigación científica deductiva – experimental, cuya colaboración nos otorga obtención rápida de datos, experimentación a través de ensayo y error y los resultados obtenidos se basan en las variables reales encontradas en el campo de pruebas.

La elaboración del proyecto tuvo como sede un laboratorio electrónico instalado en el hogar donde se realizó la implementación previa la investigación de todos los antecedentes necesarios para iniciar con el trabajo. La investigación fue basada netamente en internet pues es una fuente increíblemente grande de información y donde se encontró además experiencias asociadas al tema en diferentes partes del mundo que ayudo a superar los inconvenientes más comunes.

Tras meses de trabajo, obtención y análisis de datos, se probaron los diferentes módulos que componen el proyecto para entender su modo de operación, determinar sus salidas y lo que necesitaba para trabajar sin problemas. Se resolvieron problemas de alimentación, se depuró el software y se unificó todas las etapas para que integren un solo sistema a través de estándares y protocolos de comunicación inalámbrica, obteniendo datos del exterior, procesándolos y ejecutando ordenes que dirigen al móvil desde un punto inicial a uno final pre definido en un entorno de prueba pre diseñado.

El robot móvil es capaz de guiarse de forma autónoma a través de un entorno establecido con anterioridad librando obstáculos a su paso. Tomando en consideración dichas actividades se realizó la adquisición de la plataforma móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit de National Instruments, que corresponde a un prototipo tanto de hardware y software robótico, basado en tecnología FPGA y ampliamente utilizado en sistemas de adquisición debido a su rendimiento, posibilidad de reconfiguración, pequeño tamaño y bajos costos de desarrollo de ingeniería.

Bajo este esquema, ahora se puede aprovechar la tecnología FPGA implementada sobre el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit para crear sistemas de adquisición y control reconfigurables altamente optimizados, sin necesidad de conocer lenguajes especializados de diseño de hardware, tales como VHDL, ni dedicar tiempo a la implementación mecánica de una plataforma móvil.

Debido a que el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit corresponde a una herramienta de estudio se ha construido sobre esta plataforma un sistema de vigilancia y monitoreo en tiempo real, desarrollando e implementado un conjunto de guías didácticas que faciliten el manejo y programación de la plataforma móvil.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

En este primer capítulo se presentan las generalidades acerca del concepto de robótica, clasificación de los robots, sistemas embebidos, sistemas de vigilancia, sensores ultrasónicos e infrarrojos, sistemas de posicionamiento global, partes del robot de vigilancia, redes de comunicación inalámbrica. Estas generalidades permiten entender la visión global de todos los factores que intervienen y definirán de manera directa los alcances del trabajo aquí presentado.

1.1 LA ROBÓTICA

La robótica es un concepto de dominio público, relaciona aplicaciones y el potencial que tiene la tecnología en sitios especializados como la industria. El término "Robótica" fue acuñado por Isaac Asimov para describir la tecnología de los robots. Él mismo predijo hace años el aumento de una poderosa industria robótica, predicción que ya se ha hecho realidad.¹

La robótica hace referencia a todo proceso automáticamente controlado, reprogramable, multipropósito, manipulable con varios parámetros reprogramables que estarían en un lugar fijo o móvil para el uso de aplicaciones de la automatización industrial. Son sistemas de diseño

¹ (Fernández Miguel, 2009)

asistidos por computadora (CAD), y sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), son la última tendencia en automatización de los procesos de fabricación

Estas tecnologías de última generación conducen a la automatización industrial a otra transición, de alcances aún desconocidos. Se llama también el estudio de todo proceso servo controlado, automático, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, para una tarea o tareas variadas.

1.1.1 Breve Historia

Desde hace mucho tiempo el ser humano ha estado construyendo maquinarias que imiten las partes del cuerpo humano. A modo de ejemplo se puede decir que los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses, estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785), el telar de Jacquard (1801), y otros.

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son varios los factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

No obstante las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal. Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

Una obra checoslovaca publicada en 1917 por Karel Kapek, denominada Rossum's Universal Robots, dio lugar al término robot. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot. Dicha narración se refiere a un brillante científico llamado Rossum y su hijo, quienes desarrollan una sustancia química que es similar al protoplasma. Utilizan ésta sustancia para fabricar robots, y sus planes consisten en que los robots sirvan a la clase humana de forma obediente para realizar todos los trabajos físicos. Rossum sigue realizando mejoras en el diseño de los robots, elimina órganos y otros elementos innecesarios, y finalmente desarrolla un ser 'perfecto'.

Entre los escritores de ciencia ficción, Isaac Asimov contribuyó con varias narraciones relativas a robots, comenzó en 1939, a él se atribuye el acuñamiento del término Robótica. La imagen de robot que aparece en su

obra es el de una máquina bien diseñada y con una seguridad garantizada que actúa de acuerdo con tres principios.

Estos principios fueron denominados por Asimov las **Tres Leyes de la Robótica**, y son:

- Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
- Un robot debe de obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
- Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

Consecuentemente todos los robots de Asimov son fieles sirvientes del ser humano, de ésta forma su actitud contraviene a la de Kapek.

Los **robots** son dispositivos compuestos de sensores que reciben datos de entrada (input) y que pueden estar conectados a la computadora. Ésta, al recibir la información de entrada, ordena al robot que efectúe una determinada acción (output). Puede ser que los propios robots dispongan de microprocesadores que reciban el input de los sensores y que estos microprocesadores ordenen al robot la ejecución de acciones para las cuales está concebido. En este último caso, el propio robot es, a su vez, una computadora.

1.1.2 Robot

De manera general un robot es una máquina con sensores, inteligencia y

movilidad. Para que un sistema electromecánico sea calificado como un robot debe ser hábil para:

- Percibir y sentir el entorno que lo rodea
- Realizar tareas como locomoción o manipulación
- Ser re-programable para lograr múltiples tareas con el mismo equipo
- Ejecución autónoma e interacción con seres humanos

La sub-categoría de robótica a la cual pertenece el actual proyecto es la de robot de razonamiento, ya que convierte sus percepciones en acciones, específicamente en movimientos de locomoción guiados por el sistema de navegación. Un sistema de navegación consiste en un conjunto de sensores, métodos y tecnologías que tratan de situar a un robot en su entorno, estos sistemas se clasifican en absolutos y relativos. Se usa un sistema de posicionamiento absoluto que no depende de un origen de referencia para poder ubicarse siempre en todo momento y reencontrarse si hubiese perdido la orientación.

El origen del término robot proviene de una palabra checa (robot = trabajo en checo). Dispositivo mecánico dotado de articulaciones móviles destinado a la manipulación. Es un manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para mover material, partes, herramientas o bien dispositivos especializados para desempeñar una variedad de labores a través de movimientos diversos programados.

Un robot esta formado por elementos principales como son: transmisores, estructura mecánica y eléctrica, sistema de accionamiento, sistema sensorial, sistema de control y elementos terminales.

Automatismo multifuncional, programable que sirve para orientar o dar funciones específicas a herramientas útiles para el ser humano en los diferentes trabajos aplicados principalmente para la seguridad y la producción.

Un robot puede ser visto en diferentes niveles de sofisticación, depende de la perspectiva con que se mire. Un técnico en mantenimiento puede ver un robot como una colección de componentes mecánicos y electrónicos; por su parte un ingeniero en sistemas puede pensar que un robot es una colección de subsistemas interrelacionados; un programador en cambio, simplemente lo ve como una máquina a ser programada; por otro lado para un ingeniero de manufactura es una máquina capaz de realizar una tarea específica. En contraste, un científico puede pensar que un robot es un mecanismo el cual él construye para probar una hipótesis.

Un robot puede ser descompuesto en un conjunto de subsistemas funcionales: procesos, planeación, control, sensores, sistemas eléctricos, y sistemas mecánicos. El subsistema de Software es una parte implícita de los subsistemas de sensores, planeación, y control; que integra todos los subsistemas como un todo.

Un robot es una entidad virtual o mecánica artificial. En la práctica, esto es por lo general un sistema electromecánico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio. La palabra robot puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de software, aunque suele aludirse a los segundos con el término de bots.

No hay un consenso sobre qué máquinas pueden ser consideradas robots, pero sí existe un acuerdo general entre los expertos y el público sobre que los robots tienden a hacer parte o todo lo que sigue: moverse, hacer funcionar un brazo mecánico, sentir y manipular su entorno y mostrar un comportamiento inteligente, especialmente si éste comportamiento imita al de los humanos o a otros animales.

Actualmente podría considerarse que un robot es una computadora con la capacidad y el propósito de movimiento que en general es capaz de desarrollar múltiples tareas de manera flexible según su programación; así que podría diferenciarse de algún electrodoméstico específico.

1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS

La potencia del software en el controlador determina la utilidad y flexibilidad del robot dentro de las limitantes del diseño mecánico y la capacidad de los sensores. Los robots han sido clasificados de acuerdo a su generación, a su nivel de inteligencia, a su nivel de control, y a su nivel de lenguaje de programación, adicionalmente podríamos citar una clasificación por su aplicación. Estas clasificaciones reflejan la potencia del software en el controlador, en particular, la sofisticada interacción de los sensores.²

1.2.1 Por su Generación

La generación de un robot se determina por el orden histórico de desarrollos en la robótica. Cinco generaciones son normalmente asignadas a los robots.

² (Giarmarchi, 2000)

La tercera generación es utilizada en la industria, la cuarta se desarrolla en los laboratorios de investigación, y la quinta generación es un gran sueño.

a. Robots Play-back, los cuales regeneran una secuencia de instrucciones grabadas, como un robot utilizado en recubrimiento por spray o soldadura por arco. Estos robots comúnmente tienen un control de lazo abierto, como se puede observar en la Figura 1.1.



Figura 1.1: Robot Play Back de Nabtesco

b. Robots controlados por sensores, estos tienen un control en lazo cerrado de movimientos manipulados, y hacen decisiones basados en datos obtenidos por sensores como se puede observar en la Figura 1.2.



Figura 1.2: Robot controlado por sensores de Toyota

c. Robots controlados por visión, donde los robots pueden manipular un objeto al utilizar información desde un sistema de visión como se puede observar en la Figura 1.3.



Figura 1.3: Robot controlado por visión de Toyota

d. Robots controlados adaptablemente, donde los robots pueden automáticamente reprogramar sus acciones sobre la base de los datos obtenidos por los sensores como se puede observar en la Figura 1.4.



Figura 1.4: Robot ASIMO de Honda Motor

e. Robots con inteligencia artificial, donde los robots utilizan las técnicas de inteligencia artificial para hacer sus propias decisiones y resolver problemas.

1.2.2 Por su Nivel de Inteligencia

Existen robots que pueden actuar en base a aprendizaje e interactuar con el usuario con sus criterios. La Asociación de Robots Japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots dentro de seis clases sobre la base de su nivel de inteligencia como se puede observar en la Figura 1.5:

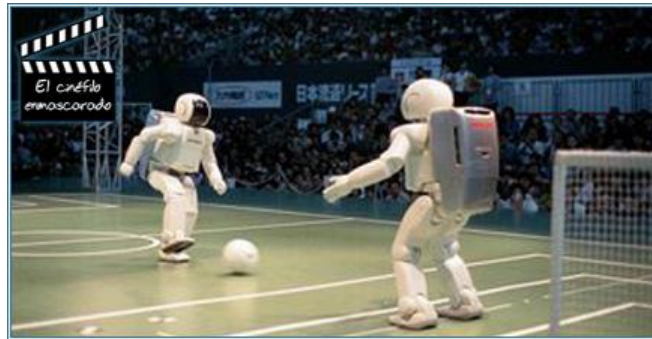


Figura 1.5: Robots Asimo de Honda Motors

a. Dispositivos de manejo manual, controlados por una persona, la cual emplea técnicas y conocimiento en electrónica para poder manipular los mismos.

b. Robots de secuencia arreglada.

Los cuales emplean diferentes tipos de sentencias de programación para efectuar los distintos procesos para los que son diseñados.

c. Robots de secuencia variable, donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.

d. Robots regeneradores, donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea.

e. Robots de control Numérico, donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se ensene manualmente la tarea.

f. Robots Inteligentes, los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

1.2.3 Por su Nivel de Control

Los programas en el controlador del robot pueden ser agrupados de acuerdo al nivel de control que realizan como se puede observar en la Figura 1.6.



Figura 1.6: Robots móvil controlado ROVER X4E

a. Nivel de inteligencia artificial, donde el programa aceptara un comando como "levantar el producto" y descomponerlo dentro de una secuencia de comandos de bajo nivel basados en un modelo estratégico de las tareas.

b. Nivel de modo de control, donde los movimientos del sistema son modelados, para lo que se incluye la interacción dinámica entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas, y los puntos de asignación seleccionados.

c. Niveles de servosistemas, donde los actuadores controlan los parámetros de los mecanismos con el uso de una retroalimentación interna de los datos obtenidos por los sensores, y la ruta es modificada sobre la base de los datos que se obtienen de sensores externos. Todas las detecciones de fallas y mecanismos de corrección son implementados en este nivel.

1.2.4 Por su Nivel de Lenguaje

En la clasificación final se considerara el nivel del lenguaje de programación. La clave para una aplicación efectiva de los robots agrupándolos en una amplia variedad de tareas, es el desarrollo de lenguajes de alto nivel. Existen muchos sistemas de programación de robots, aunque la mayoría del software más avanzado se encuentra en los laboratorios de investigación. Los sistemas de programación de robots caen dentro de tres clases como se puede observar en la Figura 1.7:



Figura 1.7: Robot AIBO de Sony

a. Sistemas guiados, en el cual el usuario conduce el robot a través de los movimientos a ser realizados.

b. Sistemas de programación de nivel-robot, en los cuales el usuario escribe un programa de computadora al especificar el movimiento y el sentido.

c. Sistemas de programación de nivel-tarea, en el cual el usuario especifica la operación por sus acciones sobre los objetos que el robot manipula.

1.2.5 Por su Aplicación

Los robots son utilizados en una diversidad de aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clases, robots soldadores en la industria automotriz, hasta brazos tele operados en el transbordador espacial.

Alguna de las áreas donde se llevan a cabo aplicaciones robóticas son: en educación, laboratorios y cirugías, manipuladores cinemáticas, agricultura, espacio, vehículos submarinos y en la industria.

a. Educación, Los robots están apareciendo en los salones de clases de tres distintas formas. Primero, los programas educacionales utilizan la simulación de control de robots como un medio de enseñanza.

b. Laboratorios y cirugías, Los robots están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios. Llevan a cabo con efectividad tareas repetitivas como la colocación de tubos de pruebas dentro de los instrumentos de medición. En ésta etapa de su desarrollo los robots son utilizados para realizar procedimientos manuales automatizados.

c. Manipuladores cinemáticas, La tecnología robótica encontró su primera aplicación en la industria nuclear con el desarrollo de tele operadores para manejar material radiactivo. Los robots más recientes han sido utilizados para soldar a control remoto y la inspección de tuberías en áreas de alta radiación.

d. Agricultura, Para muchos la idea de tener un robot agricultor es ciencia ficción, pero la realidad es muy diferente; o al menos así parece ser para el Instituto de Investigación Australiano, el cual ha invertido una gran cantidad de dinero y tiempo en el desarrollo de este tipo de robots. Entre sus proyectos se encuentra una máquina que esquila a las ovejas. La trayectoria del cortador sobre el cuerpo de las ovejas se planea con un modelo geométrico de la oveja.

e. Espacio, La exploración espacial posee problemas especiales para el uso de robots. El medio ambiente es hostil para el ser humano, quien requiere un equipo de protección muy costoso tanto en la Tierra como en el Espacio. Muchos científicos han hecho la sugerencia de que es necesario el uso de Robots para continuar con los avances en la exploración espacial; pero como todavía no se llega a un grado de automatización tan precisa para ésta aplicación, el ser humano aún no ha podido ser reemplazado por estos.

f. Vehículos submarinos, Dos eventos durante el verano de 1985 provocaron el incremento por el interés de los vehículos educación, laboratorios y cirugías, prótesis, manipuladores cinemáticos agricultura, espacio, vehículos submarinos y en la industria. En la actualidad muchos de estos vehículos submarinos se utilizan en la inspección y mantenimiento de tuberías que conducen petróleo, gas o aceite en las plataformas oceánicas; en el tendido e inspección del cableado para comunicaciones, para investigaciones geológicas y geofísicas en el suelo marino.

g. Industria, Los robots son utilizados por una diversidad de procesos industriales como lo son: la soldadura de punto y soldadura de arco, pinturas de spray, transportación de materiales, molienda de materiales, moldeado en la industria plástica, máquinas-herramientas, y otras más.

h. Los robots médicos. Son fundamentalmente, prótesis para alteraciones físicas que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando. Con ellos se logra igualar al cuerpo con precisión los movimientos y funciones de los órganos o extremidades que suplen como se puede observar en la Figura 1.8.



Figura 1.8: Prótesis, parte robótica aplicada en la medicina

i. Los androides, son robots que se parecen y actúan como seres humanos. Los robots de hoy en día vienen en todas las formas y tamaños, pero a excepción de los que aparecen en las ferias y espectáculos, no se parecen a las personas y por tanto no son androides. Actualmente, los androides reales sólo existen en la imaginación y en las películas de ficción como se puede observar en la Figura 1.9.

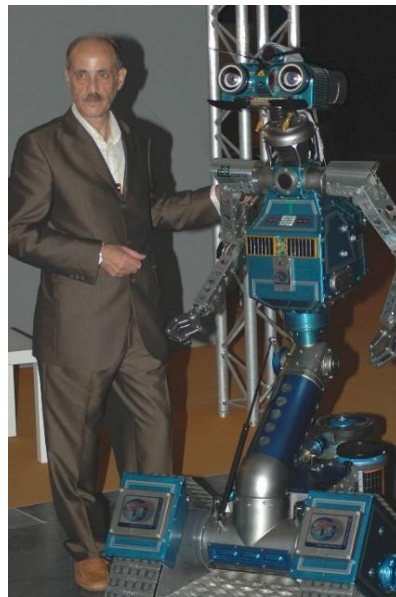


Figura 1.9: Imagen de un robot Androide de SEGURITRON

j. Los robots móviles.³ Están provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de acuerdo su programación. Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinado tipo de instalaciones industriales, sobre todo para el transporte de mercancías en cadenas de producción y almacenes. También se utilizan robots de este tipo para la investigación en lugares de difícil acceso o muy distantes, como es el caso de la exploración espacial y las investigaciones o rescates submarinos, como se puede observar en la Figura 1.10.



Figura 1.10: Robot móvil TM-5 Skid Steer

1.3 SISTEMAS EMBEBIDOS

Consiste de hardware (ya sea analógico, digital o mixto) no sólo para interactuar con el mundo real, sino también para satisfacer determinados requerimientos de tiempo real, y de software, a distintos niveles de virtualidad y paralelismo. Un sistema embebido es un sistema complejo a medida que

³ (Giarmarchi, 2000)

combina todos los recursos que necesita para obtener el mejor rendimiento, prestaciones, seguridad, robustez, etc⁴.

Se hace referencia a un dispositivo que, a diferencia de una computadora (PC) de propósito general, es de uso único. Está diseñado para realizar un conjunto específico de tareas u operaciones. Por lo general, son computadoras de una única placa o tarjeta, denominados SBC (del inglés, Single Board Computer).

Estos dispositivos funcionan con un sistema operativo almacenados en memorias internas de la misma placa y en la mayoría de los casos son desarrollados por los mismos fabricantes de la SBC. Ejemplos de dispositivos que poseen sistemas embebidos son Ruteadores, switches, firewalls, etc⁵.

Los subsistemas de entrada/salida y memoria pueden ser combinados con un subsistema de CPU para formar una computadora o sistema embebido completo. Estos subsistemas se interconectan mediante los buses de sistema (formados a su vez por el bus de control, el bus de direcciones y el bus de datos).

El subsistema de entrada acepta datos del exterior para ser procesados mientras que el subsistema de salida transfiere los resultados hacia el exterior. Lo más habitual es que haya varios subsistemas de entrada y varios de salida. A estos subsistemas se les reconoce habitualmente como periféricos de E/S.

⁴ (Wikipedia, 2010)

⁵ (Carlos, 2011)

El subsistema de memoria almacena las instrucciones que controlan el funcionamiento del sistema. Estas instrucciones comprenden el programa que ejecuta el sistema. La memoria también almacena varios tipos de datos: datos de entrada que aún no han sido procesados, resultados intermedios del procesamiento y resultados finales en espera de salida al exterior.

Es importante darse cuenta de que los subsistemas estructuran a un sistema según funcionalidades. La subdivisión física de un sistema, en términos de circuitos integrados o placas de circuito impreso (PCB) puede y es normalmente diferente. Un solo circuito integrado (IC) puede proporcionar múltiples funciones, tales como memoria y entrada/salida.

Incluyen los modelos de procesos inteligentes, percepción y planeación. En el modelo de procesos, los datos que se obtienen de una variedad de sensores son fusionados (Integración Sensorial) con modelos matemáticos de las tareas para formar un modelo del mundo. Al usar este modelo de mundo, el proceso de percepción selecciona la estrategia para ejecutar la tarea. Estas estrategias son convertidas dentro de los programas de control del robot durante el proceso de planeación.

Las aplicaciones más relevantes de los sistemas embebidos son:

En una fábrica, para controlar un proceso de montaje o producción. Una máquina que se encargue de una determinada tarea hoy en día contiene numerosos circuitos electrónicos y eléctricos para el control de motores, hornos, etc. que deben ser gobernados por un procesador, el cual ofrece un interfaz persona – máquina para ser dirigido por un operario e informarle al mismo de la marcha del proceso.

Puntos de servicio o venta (POS, Point Of Service). Las cajas donde se paga la compra en un supermercado son cada vez más completas, integrando teclados numéricos, lectores de códigos de barras mediante láser, lectores de tarjetas bancarias de banda magnética o chip, pantalla alfanumérica de cristal líquido, etc. El sistema embebido en este caso requiere numerosos conectores de entrada y salida y unas características robustas para la operación continuada.

Puntos de información al ciudadano. En oficinas de turismo, grandes almacenes, bibliotecas, etc. existen equipos con una pantalla táctil donde se puede pulsar sobre la misma y elegir la consulta a realizar, obteniendo una respuesta personalizada en un entorno gráfico amigable.

Decodificadores y set-top boxes para la recepción de televisión. Cada vez existe un mayor número de operadores de televisión que aprovechando las tecnologías vía satélite y de red de cable ofrecen un servicio de televisión de pago diferenciado del convencional. En primer lugar envían la señal en formato digital MPEG-2 con lo que es necesario un procesado para decodificarla y mandarla al televisor. Además viaja cifrada para evitar que la reciban en claro usuarios sin contrato, lo que requiere descifrarla en casa del abonado. También ofrecen un servicio de televisión interactiva o web-TV que necesita de un software específico para mostrar páginas web y con ello un sistema basado en procesador con salida de señal de televisión.

Sistemas radar de aviones. El procesado de la señal recibida o reflejada del sistema radar embarcado en un avión requiere alta potencia de cálculo además de ocupar poco espacio, pesar poco y soportar condiciones extremas de funcionamiento (temperatura, presión atmosférica, vibraciones, etc.).

Equipos de medicina en hospitales y ambulancias UVI – móvil. Máquinas de revelado automático de fotos. Cajeros automáticos. Pasarelas (Gateways) Internet-LAN. Y un sin fin de posibilidades aún por descubrir o en estado embrionario como son las neveras inteligentes que controlen su suministro vía Internet, PC de bolsillo, etc.

La denominación de Sistemas embebidos refleja que son una parte integral de un sistema, y en general son dispositivos utilizados para controlar o asistir la operación de diversos equipamientos.

Son dispositivos usados para controlar equipos, operación de maquinarias o plantas industriales completas. El término “embebido” (también se lo conoce como “incrustado” o “embutido”) está caracterizando que esos circuitos integrados son una parte integral del sistema en que se encuentran.

“Un sistema embebido o empotrado es un sistema de computación programable diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas (específicas), frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real”. (Michael Barr, Embedded Systems)⁶

Los sistemas embebidos se ejecutan con escasos recursos de hardware: memoria limitada, teclado y/o pantalla pequeña o inexistente; es decir, que estos sistemas solo contienen los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, como el control de una lavadora, un teclado de computador, una impresora, un sistema de alarma, un sistema de visión, un sistema robótico, etc.

⁶ Sistemas Embebidos Michael Barr

Un sistema embebido debe disponer de una memoria donde se almacena el programa que gobierna el funcionamiento del mismo, que una vez programado y configurado, sólo sirve para realizar la tarea asignada. La utilización de un procesador embebido (microprocesador, microcontrolador, FPGA, etc.) ver Figura 1.11, en un circuito reduce notablemente el tamaño y número de componentes, en consecuencia disminuye el número de averías, el volumen y el peso de los equipos, entre otras ventajas.

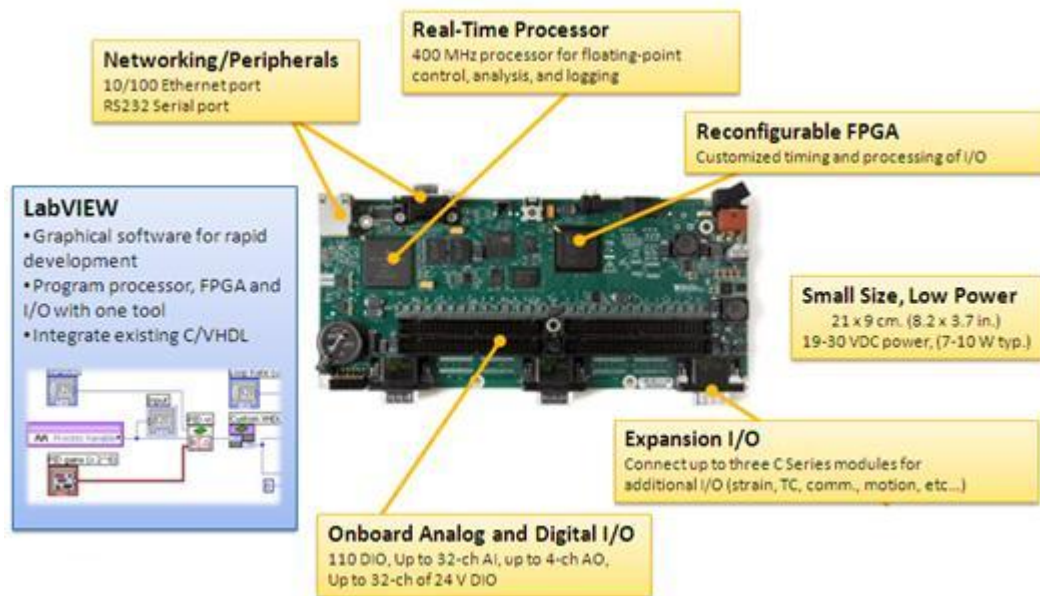


Figura 1.11: Ejemplo de Procesadores Embebidos NI Single-Board RIO de National Instruments

1.3.1 Sistemas de Tiempo Real (STR)

Los sistemas de tiempo real (STR) son aquellos que interactúan rápidamente con su entorno físico para realizar funciones de supervisión y control, y en donde el tiempo es un factor importante. Un sistema de tiempo real es una

combinación de un computador (u otro hardware), dispositivos de E/S y software de propósito especial⁷.

La principal característica que distingue a los STR de otros tipos de sistemas es el tiempo de interacción. Sin embargo, antes de continuar es necesario aclarar el significado de las palabras "tiempo" y "real":

a. Tiempo: Significa que el correcto funcionamiento de un sistema depende no sólo del resultado lógico que devuelve la computadora, también depende del tiempo en que se produce ese resultado.

b. Real: Quiere decir que la reacción de un sistema a eventos externos debe ocurrir durante su evolución. Como una consecuencia, el tiempo del sistema (tiempo interno) debe ser medido usando la misma escala con que se mide el tiempo del ambiente controlado (tiempo externo).

Tiempo real, no solo significa que un sistema pueda responder de forma muy rápida, sino que se puede determinar (predecir) con precisión cuando una sección del programa se ejecutará. Como consecuencia, para un sistema de tiempo real:

- El tiempo en que se ejecutan las acciones del sistema es significativo.
- Se imponen *requerimientos temporales* al software, es decir, el software responde (ejecuta acciones) a los estímulos que recibe del entorno físico dentro de un plazo de tiempo determinado (intervalos de tiempo determinados). Lo anterior es conocido como *determinismo temporal*.

⁷ (Autores V. , Calsi, 2011)

El sistema operativo o el lenguaje de programación proporcionarán el soporte para que las tareas se ejecuten de forma *concurrente* (ejecución paralela, simultaneidad en la ejecución de múltiples tareas).

Para que el funcionamiento del sistema sea correcto no basta con que las acciones sean correctas lógicamente, sino que, tienen que ejecutarse dentro del intervalo de tiempo especificado.

Esto es debido a que el sistema está conectado a un proceso externo del que recibe estímulos a los que debe responder con suficiente rapidez para evitar que evolucione a un estado indeseable.

Lo habitual es que un sistema de tiempo real tenga que realizar varias actividades de forma concurrente. En la Figura 1.12 se muestra la arquitectura y los elementos que componen a un sistema de tiempo real.

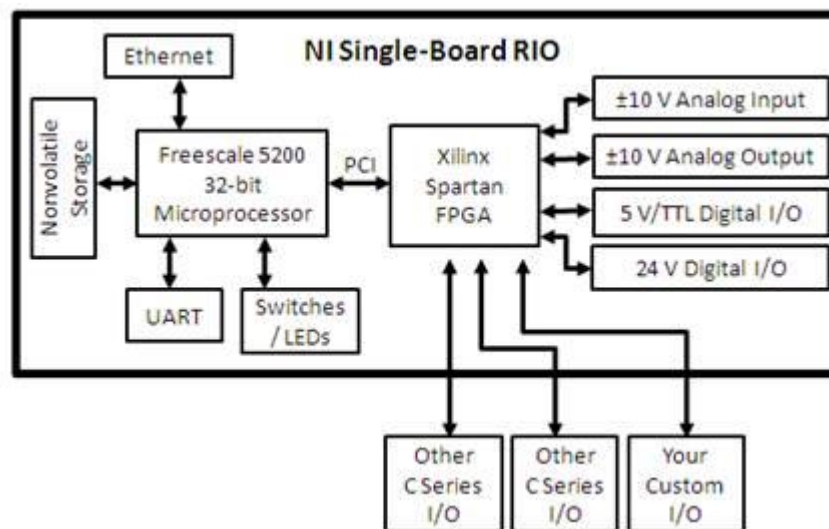


Figura 1.12: Arquitectura de un Sistema de Tiempo Real de NI Single – Board RIO

La arquitectura de un sistema de tiempo real involucra 2 aspectos:

b.1 Nivel de Nodo: Cada procesador y software debe proveer velocidad y predictibilidad en la ejecución de tareas de tiempo real, manejo de interrupciones, e interacción con el mundo externo (E/S digitales, E/S analógicas, E/S de otros computadores o hardwares STR).

b.2 Nivel de Sistema: En este nivel las comunicaciones y la tolerancia a fallos son 2 aspectos que hacen difícil la predictibilidad. De cualquier manera, estos aspectos son inevitables.

1.3.2 Arreglos de Compuertas Programables en Campo (FPGAs)

Un FPGA (*Field Programmable Gate Array*) es un “dispositivo lógico de propósito general programable por los usuarios, compuesto de bloques lógicos comunicados por conexiones programables”.

La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional hasta complejos sistemas en un chip⁸.

A continuación se resaltan las características más importantes de los dispositivos FPGAS:

- Alta Confiabilidad, los diseños se convierten en circuitos personalizados.
- Alto Determinismo, para realizar tareas y acciones en intervalos de tiempo determinados. La ejecución de los algoritmos es a altas velocidades determinísticas.

⁸ (Varios, 2011)

- Procesamiento Paralelo Verdadero, las tareas de un programa se ejecutan de forma concurrente (simultaneidad en la ejecución de múltiples tareas).
- Reconfigurable, se puede diseñar e implementar programas nuevos o modificar los existentes para tareas específicas, lo que añade una enorme flexibilidad al flujo de diseño.
- Bajos costos de procesamiento computacional, tanto en el desarrollo como en la adquisición de datos de una determinada aplicación.
- Menor tiempo de desarrollo.

Como se puede observar en la Figura 1.13, los dispositivos FPGAs poseen una arquitectura digital reconfigurable con una matriz de bloques lógicos configurables (CLBs) rodeados por una periferia de bloques de E/S. Los bloques lógicos son una colección de componentes digitales tales como tablas de búsqueda, multiplicadores y multiplexores donde los bits son procesados para producir un resultado programático. Las señales pueden ser dirigidas de un bloque a otro dentro de la matriz FPGA de una manera arbitraria mediante interconexiones programables y rutas cableadas.

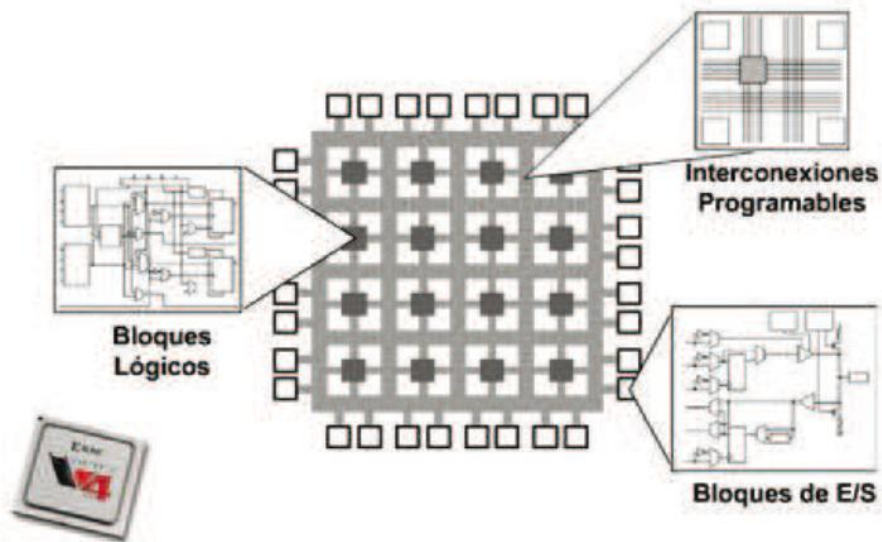


Figura 1.13: Arquitectura de un dispositivo FPGA

Las interconexiones programables permiten a los bloques lógicos de un FPGA ser interconectados según la necesidad del diseñador del sistema. Estos bloques lógicos e interconexiones pueden ser programados después del proceso de manufactura por el usuario/diseñador, de esta forma el FPGA puede desempeñar cualquier función lógica necesaria.

En este sentido, la tarea del programador es definir la función lógica que realizará cada uno de los CLBs, seleccionar el modo de trabajo de cada bloque de E/S e interconectarlos, para esto el diseñador cuenta con la ayuda de entornos de desarrollo especializados en el diseño de sistemas a implementarse en un FPGA.

Un diseño puede ser capturado ya sea como esquemático, o haciendo uso de un lenguaje de programación especial. Estos lenguajes de programación especiales son conocidos como HDL o *Hardware Description Language* (lenguajes de descripción de hardware). Los HDLs más utilizados son:

- VHDL
- Verilog
- ABEL

La programación HDL sirve para describir cualquier circuito, la idea consiste en definir la interfaz de un módulo de hardware mientras deja invisible sus detalles internos. Así por ejemplo, la entidad (ENTITY) en VHDL es simplemente la declaración de las entradas y salidas de un módulo mientras que la arquitectura (ARCHITECTURE) es la descripción detallada de la estructura interna del módulo o de su comportamiento; a la pareja entidad arquitectura se le llama modelo. La Figura 1.14 ilustra el concepto anterior.

```

ENTITY Nombre_entidad IS
PORT ( Nombre_de_senhal: modo tipo de senhal;
      . . .
      Nombre_de_senhal: modo tipo de senhal ) ;
END nombre_entidad ;

ARCHITECTURE nombre_architectura OF nombre_entidad IS
Declaración de tipos
Declaración de señales.
Declaración de constantes
Declaración de componentes
Definición de funciones
Definición de procedimientos

BEGIN
Enunciado concurrente
. . .
Enunciado concurrente
END nombre_architectura;

```

Figura 1.14: Sintaxis de programación del lenguaje VHDL

Las declaraciones y definiciones que preceden al BEGIN, pueden estar presentes todas, algunas o ninguna. Esto depende del tipo de diseño que se

esté realizando. No obstante la declaración de señales se utiliza mucho, pues contribuye entre otras cosas a la claridad del diseño.

En VHDL una biblioteca es un lugar en donde se guarda la información relacionada con un diseño determinado; además de esta, existen otras bibliotecas de tipo general que contienen un conjunto de definiciones que pueden utilizarse en cualquier diseño, por ejemplo la llamada Library IEEE, que contiene definiciones estándar para VHDL. En un intento de reducir la complejidad y el tiempo de desarrollo en fases de prototipaje rápido, y para validar un diseño en HDL, existen varias propuestas y niveles de abstracción de un diseño. Por ejemplo, el Modulo LabVIEW FPGA de National Instruments propone un acercamiento de programación gráfica de alto nivel, lo que permite simplificar el diseño de sistemas complejos en FPGAs, poniendo a disposición de los usuarios bibliotecas de funciones complejas predefinidas y circuitos que se han probado y optimizado para acelerar el proceso de diseño. En la Figura 1.15 se muestra un ejemplo de un contador síncrono de 4 bits, donde se puede apreciar la diferencia entre programar con LabVIEW FPGA y con VHDL mostrado en la figura 1.16.

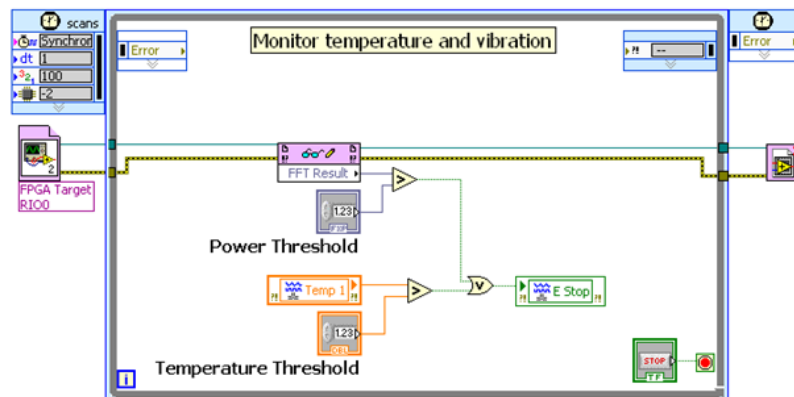


Figura 1.15: Programación de un contador con Labview FPGA

```

library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_ARITH.ALL;
use IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.ALL;

entity Counter_VHDL is
port( Number: in std_logic_vector(0 to 3);
      Clock: in std_logic;
      Load: in std_logic;
      Reset: in std_logic;
      Direction: in std_logic;
      Output: out std_logic_vector(0 to 3) );
end Counter_VHDL;

architecture Behavioral of Counter_VHDL is
signal temp: std_logic_vector(0 to 3);
begin
process(Clock,Reset)
begin
if Reset='1' then
temp <= "0000";
elseif ( Clock'event and Clock='1') then
if Load='1' then
temp <= Number;
elseif (Load='0' and Direction='0') then
temp <= temp + 1;
elseif (Load='0' and Direction='1') then
temp <= temp - 1;
end if;
end if;
end process;
Output <= temp;
end Behavioral;

```

Figura 1.16: Programación de un contador con VHDL

Debido a su rendimiento, posibilidad de reconfiguración, pequeño tamaño y bajos costos de desarrollo de ingeniería, los dispositivos FPGAs son ampliamente utilizados por los vendedores de sistemas de adquisición y control. Tradicionalmente, estos dispositivos han sido definidos por los fabricantes en lugar de ser definidos por el usuario debido a la complejidad de las herramientas de diseño electrónico. Ahora se puede aprovechar los FPGAs programables por el usuario para crear sistemas de adquisición y control reconfigurables altamente optimizados sin necesidad de conocer lenguajes especializados de diseño de hardware, tales como el VHDL⁹.

Entre los principales fabricantes de FPGAs se tienen a las empresas Xilinx y Altera, que son los líderes actuales del mercado. Una tendencia reciente ha sido combinar los bloques lógicos e interconexiones de los FPGAs con microprocesadores y periféricos relacionados para formar un “*Sistema programable en un chip*”. Ejemplo de tales tecnologías híbridas pueden ser

⁹ (NI, 2008)

encontradas en los dispositivos Virtex-II PRO de Xilinx, los cuales incluyen uno o más procesadores PowerPC embebidos junto con la lógica del FPGA ver Figura 1.17

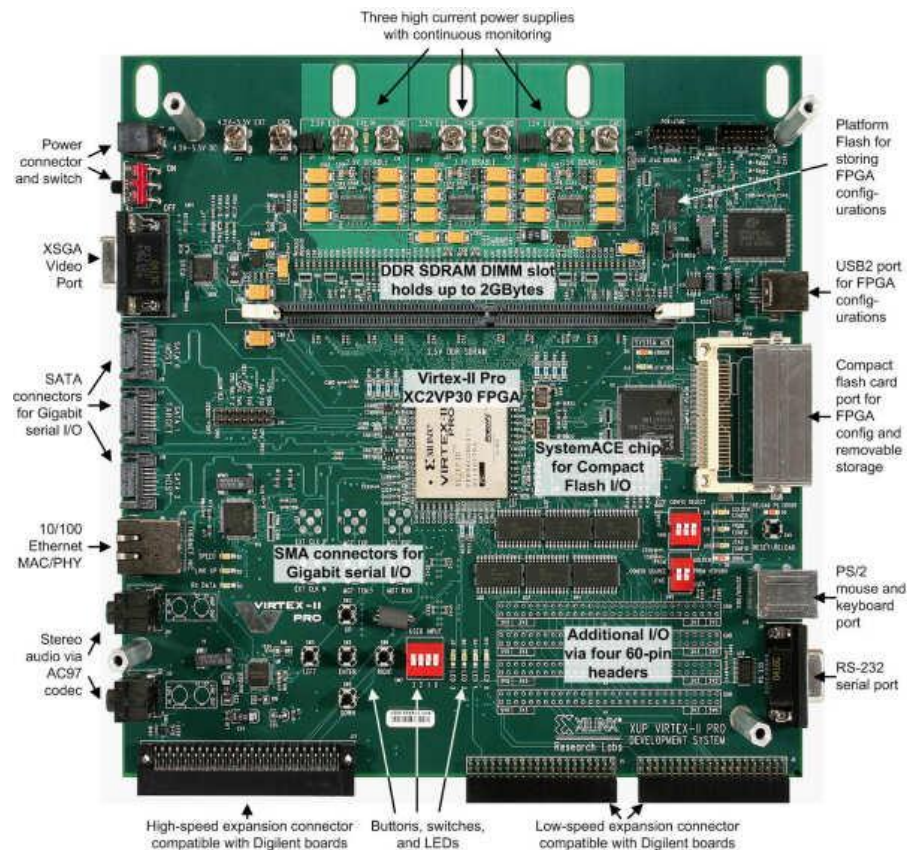


Figura 1.17: Sistema Programable en un Chip Virtex-II PRO de Xilinx

1.4 SISTEMAS DE VIGILANCIA

La vigilancia, de manera general, puede definirse como el “esfuerzo sistemático y organizado por la empresa para la observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, social o comercial, relevantes para la misma por poder

implicar una oportunidad o amenaza para ésta, con objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”.

La Vigilancia Tecnológica es un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios, siendo de vital importancia la capacidad de tomar rápidamente decisiones y así adelantarse a los cambios cada vez mas crecientes de tecnología.

1.4.1 Sistemas De Vigilancia en Robots Móviles

En la actualidad existen muchos robots destinados a la seguridad civil. En primer lugar se presenta el marco global al que van destinados este tipo de robots y su aceptación en la sociedad actual. Muy ligados a los robots de seguridad se encuentran los de defensa, de donde se derivan muchos de ellos. Se pretende hacer una distinción entre ambos campos haciendo una clasificación del tipo de robots que se utilizan en la seguridad civil, sus arquitecturas y el tipo de aplicaciones al que se destinan. Algunos de los ejemplos más relevantes, especialmente modelos que ya están en funcionamiento y que han demostrado su valía, a saber: el AUNAV, el UAV AirRobot y el mSecurity¹⁰.

¹⁰ (Giarmarchi, 2000)

a. Interés e importancia del uso de robots en seguridad.

Una de las mayores ventajas del uso de los robots es que puede realizar ciertas tareas en las que un ser humano correría riesgos debido a entornos hostiles o peligrosidad en la tarea en sí, o incluso también en aquellas en las que las capacidades humanas están limitadas por la fisonomía y factores como la fuerza o precisión. En la mayor parte de estos casos el robot no tiene por qué desarrollar su trabajo en un entorno especialmente adaptado a sus características, de hecho podría ser totalmente desconocido, continuamente cambiante y con una importante interacción con las personas, como se puede observar en la Figura 1.18.



Figura 1.18: Robot SCOUT de PIAP

Un robot se compone de materiales más resistentes que los de un ser humano que están formados por piel, carne y huesos; ofrecerá por tanto, una mayor tolerancia ante ciertas amenazas que podrían provocar serios daños o incluso la muerte a una persona.

Desde el punto de vista de rendimiento, los beneficios obtenidos al utilizar la robótica en la seguridad son numerosas: se consigue tener al ser humano alejado de situaciones potencialmente peligrosas; y la eficacia en la realización de la mayoría de tareas de vigilancia y seguridad es mucho mayor en los robots que en los seres humanos.

Al ser máquinas, no se aburren, con lo que no hay una falta de atención durante las horas de vigilancia. Se obtiene una optimización del rendimiento: un robot no se cansa, no necesita comer, no tiene miedo, no olvida sus órdenes, no le afectan los sentimientos o comportamientos emocionales que en los seres humanos afectan negativamente.

Además, la utilización del robot de seguridad sitio tiene ciertas ventajas en relación a ciertos escenarios: el entorno de operación se conoce de antemano y en cierta medida se adaptará para permitir la instalación robótica; y los costos basados en la experiencia de las medidas de seguridad convencionales e inventario documentado de contracción en conjunto proporcionan una base sólida y creíble para la relación coste / beneficio de las compensaciones

La utilización de robots voladores o equipos terrestres que patrullan un perímetro en busca de intrusos en tareas de vigilancia y seguridad, permite aumentar el área controlada, además de poder contar con sensores que le permiten obtener más información que la que obtiene el ser humano, ya sea a través de visión en espectros diferentes, análisis de sustancias químicas ambientales, o percepción de sonidos o movimientos que pasarían desapercibidos a un ser humano.

Frente al equipo humano se obtienen ciertas ventajas como puede ser el no reducir su capacidad de reacción en función de variables ajenas a las condiciones de operación, o incluso el no manifestar cansancio

La actual tendencia en robótica de seguridad civil a corto plazo parece ser el de la seguridad, donde un robot puede patrullar la casa en ausencia propietarios, con humo y detectores de movimiento, y enviar vídeo directamente al teléfono móvil 3G del titular en caso de detección de intrusos o fuego. No hay que dejar de lado los intereses que pueden generar la venta de este tipo de sistemas, al vendérselo a empresas o industrias para la vigilancia de sus dependencias. Las ventas comerciales de sistemas automatizados e inteligentes de vigilancia pueden suponer en el futuro un coste muy inferior al que requeriría el equivalente humano.

El avance casi parejo de la automatización de la vivienda y el hogar digital puede favorecer el empleo de estos sistemas de seguridad en las viviendas. Los sistemas de vigilancia autónomos totalmente configurables podrían realizar además otras tareas del hogar, como comunicarse con la casa, grabar video, avisar a la policía en caso de intrusión, ponerse en contacto con el teléfono móvil, supervisar la vivienda en tiempo real, o incluso programar tareas del hogar a distancia.

b. Dificultades y retos de la implantación de la robótica en el ámbito de la seguridad.

Si dotar a un robot de capacidad ofensiva ya es peligroso debido a algún posible fallo, el hecho de que utilice esa capacidad por evaluación y decisión del propio robot es más peligrosa, en la Figura 1.19 se puede observar un robot de este tipo.



Figura 1.19: Robot ofensivo RIOTBOT de TECHNOROBOT

c. Clasificación de actividades y tipos de arquitecturas de robots

Para poder crear un entorno seguro y proteger ante posibles amenazas es necesario analizar el término “seguridad”. Son cinco las claves que hay que tener en cuenta: Prevención, Protección, Preparación, Respuesta y Recuperación. Según esto las actividades que los robots realizan en la actualidad en este campo pueden ser: vigilancia de perímetros de seguridad mediante rondas de patrullas, reconocimiento de posibles amenazas (como detección de armas o sustancias peligrosas y/o nocivas), adquisición de datos en zonas peligrosas/contaminadas, acceso a zonas restringidas o de difícil acceso, manipulación de objetos o sustancias peligrosas y la limpieza de zonas con minas o desactivación de explosivos.

Teniendo en cuenta estas características, hay diferentes tipos de robots con arquitecturas determinadas para llevar a cabo su misión. Por lo general un robot se desarrolla para trabajar en diferentes medios ya sea tierra, mar o aire, aunque en ocasiones se diseñan para varios. Es por ello que se pueden clasificar principalmente según el entorno para el que han sido diseñados:

- **Robots Marinos de Seguridad Civil:** En esta categoría hay que puntualizar según el robot opere bajo o sobre la superficie, según esto tenemos AUV y ASV.

c.1 AUV – Vehículos Submarinos Autónomos. Se utilizan sobre todo en Defensa, en seguridad civil se dedican a detección y desactivación de mina, También se enfocan a la supervisión de estructuras marítimas tras huracanes u otros desastres naturales, o para labores de limpieza, como se puede observar en la Figura 1.20.



Figura 1.20: ROV Penguin B3. Desactivación de minas

c.2 ASV – Vehículos de Superficie Autónomos. En su mayoría dedicados a Defensa. En los últimos años se está extendiendo su uso a la vigilancia costera como apoyo a los guardacostas. También es frecuente utilizarlos como apoyo de superficie a unidades AUV, en trabajos de desactivación, limpieza o investigación. Se componen en su mayoría de sistemas de flotación, rotores con hélices para la navegación. Dotados con cámaras para tener visión, ya sea bajo o sobre la superficie. En el caso de que el robot se destine a tareas de manipulación, como es frecuente en los submarinos,

tendrán brazos manipuladores. La comunicación con el dispositivo de control base para la tele operación suele ser cableada para los submarinos e inalámbrica para los de superficie

- **Robots Aéreos de Seguridad Civil:** Los UAV, Vehículo Aéreos No tripulados, suelen utilizarse en misiones de vigilancia a vista de pájaro, adquisiciones de datos, o de inspección remota de zonas de difícil acceso. Tienen estructuras idénticas a vehículos aéreos tripulados de mayor escala como aviones, helicópteros o dirigibles, aunque se están experimentando con nuevas formas que ofrecen ciertas ventajas en vuelo. En este último caso se encuentran los cuadricópteros que pese a tener grandes restricciones de peso tienen una gran estabilidad. El recién patentado Phantom Sentinel pese a su forma singular tiene la ventaja de poder hacer vigilancias invisibles y cercanas al objetivo proporcionando una visión en 360°. Compuestos por rotores con hélices también disponen de un giróscopo para el control de vuelo. Además portan una cámara para proporcionar la visión, y la comunicación es inalámbrica. En ocasiones pueden llevar incorporados sensores de medición.
- **Robots Terrestres de Seguridad Civil:** En tierra es donde más han proliferado la mayoría de robots de seguridad civil. Las áreas de aplicación suelen ser para los cuerpos de seguridad como la policía, la vigilancia privada en empresas o industria, y la vigilancia doméstica. Los robots para cuerpos de seguridad del estado suelen heredarse de los de Defensa y aplicaciones militares. Entre ellos podemos encontrar de tipo arrojadizo para la recopilación de información en zonas hostiles, como el tipo carrete de dos ruedas, de cuatro ruedas o tipo oruga. Suelen utilizarse por fuerzas especiales para incursiones tácticas. Son tele

operados no armados, y con una o varias cámaras y micrófonos para obtener información de video y/o audio, como se puede observar en la Figura 1.21.



Figura 1.21 Robots arrojados: Robot Eyeball R-1 y Recon Scout Bot

Los robots ofensivos de seguridad civil se encuentran dentro de esta categoría destinados a equipos antidisturbios, utilizados como medida disuasoria o con bolas de pintura disparadas a presión.

Sólo pueden ser tele operados debido a que están armados, y tienen que estar controlados por visión directa o a través de una cámara que incorporen. Ha habido versiones de robots ofensivos con dispositivos de lanzamiento de una red para atrapar a un sospechoso, o de arrinconarlo y desorientarlo con humo blanco tipo niebla, sin embargo por los riesgos que puedan presentar no han pasado de ser prototipos.

Los sistemas de vigilancia privada ya sean para empresas o para la industria son soluciones más comerciales, por un lado tenemos los robots de vigilancia y las cámaras de video inteligentes. Los robots de vigilancia son dispositivos móviles fabricados en una base robótica estándar para el movimiento con

ruedas u oruga, sobre la que se montan una o varias cámaras, un sistema de posicionamiento y otro de comunicaciones.

La base suelen contar con distintos tipos de sensores de proximidad, y dependiendo de la solución comercial pueden tener más valor añadido como pueden ser el reconocimiento facial, visión térmica o visión nocturna.

Pueden ser destinados a espacios interiores o exteriores. Cabría hacer mención de cámaras de video inteligentes, que son controladas por un software inteligente de detección de movimiento o de identificación facial. Pueden ser fijas con motores para tener varios grados de libertad y cubrir grandes áreas de visibilidad, o incluso estar montadas sobre raíles guía por los que circulan.

d. Robots implantados en la actualidad.

En el sector de la seguridad civil cada vez se está implantando más el uso de robots debido a las enormes ventajas que presentan frente a los sistemas tradicionales. Debido a los avances tecnológicos y a los esfuerzos e inversiones que durante décadas se han estado realizando, se pueden disfrutar hoy día de soluciones adecuadas que seguirán mejorando con el paso de los años.

El primero de ellos tan sólo pretendía demostrar la autonomía de un robot. Posteriormente, la evolución de unos sistemas a otros se debe a una mayor complejidad de los sistemas de los sensores que portan, que van resolviendo pequeños problemas muy específicos. Siendo el autómatas PROWLER el primer sistema militar autónomo tele operado para la vigilancia en terrenos exteriores, como se puede observar en la Figura 1.22.



Figura 1.22: Diferentes tipos de Robot de vigilancia externa: ROBART I / ROBART II / PROWLER / SENTRY / MDARS-int / CYBERGUARD / ROBART III / MDARS-ext

Finalmente, en el ROBART III que se equipó con armamento no letal como dardos tranquilizantes o bolas de goma, pero tan sólo con un fin demostrativo de la respuesta automática que puede conseguirse con la robótica. Desde estos primeros robots hasta la actualidad tan solo han pasado 30 años, y la evolución que han sufrido en los 10 últimos ha sido asombrosa. Tanto en el sector de la seguridad y defensa como en otros.

En la actualidad los robots destinados a seguridad civil que más se encuentran integrados dentro de la sociedad son los de desactivación de explosivos de los grupos TEDAX, los cuales llevan ya unos años operando con gran éxito y aceptación.

En los últimos años los robots de vigilancia han evolucionado mucho hacia el sector privado empresarial e industrial, hasta el punto de que ya hay robots como soluciones comerciales para la vigilancia de determinadas zonas, como se puede observar en la Figura 1.23.



Figura 1.23 Robots MOSRO (interior) y OFRO (exterior)

Estos sistemas se pueden utilizar para patrullar en barcos y puertos, plantas industriales, zonas de acceso restringido o aeropuertos.

e. Robots relevantes en Seguridad

Debido a la gran variedad de situaciones y por tanto de configuraciones para las que son diseñados este tipo de robots, se van a analizar tres modelos muy diferentes en el campo de la seguridad civil. La descripción se centrará en modelos de robots muy utilizados en la seguridad civil en la actualidad, pero sus características pueden ser aplicadas a otros modelos y marcas de arquitectura similar

e.1 AUNAV.- La familia de vehículos robotizados AUNAV y SUPER AUNAV, ha sido creada específicamente para tareas de desactivación de explosivos, es actualmente el estándar reglamentario utilizado desde el año 2003 por todos los Grupos Policiales Españoles. Los vehículos AUNAV se venden como la solución más avanzada e innovadora del mercado por su estudio de interfaz hombre-máquina, así como una buena ergonomía y practicidad en la operación. Sin embargo, la empresa PIAP comercializa soluciones igualmente válidas. Dispone de un elaborado diseño de la pinza, que junto con su precisión y robustez, permite abordar desde las más delicadas manipulaciones hasta una fuerza destructora de más de 5.000 Kg. La rotación de la pinza es de 360°, cuenta con movimientos suaves y precisos que permite manipulaciones de los objetos complejas y delicadas. AUNAV permite además el soporte de elementos auxiliares como sistemas de inspección por rayos-X, disruptores, sistemas de corte o hidrocorte, como se puede observar en la Figura 1.24.



Figura 1.24: Robot AUNAV

e.2 UAV AirRobot.- El AirRobot es la solución UAV de AirRobot GmbH&Co. que es un cuadricóptero que ha alcanzado gran protagonismo debido a las detenciones que se han realizado con su ayuda en el Reino Unido. Gracias a su sistema de propulsión eléctrica silenciosa y a su reducido tamaño es prácticamente indetectable. Resulta ideal para vigilancia y observación, filmación y fotografía aérea, y se puede emplear como plataforma para cargas inferiores a 330 g. Para su operación basta con una sola persona, que controla el avión remotamente desde el centro de control, que recibe y registra las imágenes y los datos enviados desde el UAV. Dispone de sistema de guiado basado en GPS y baliza de emergencia. Una característica fundamental de estos sistemas es su transportabilidad, puesto que su emplazamiento es cambiante. Esto les confiere una alta rentabilidad y potencialidad, lo cual se puede conseguir gracias a la facilidad de dichos sistemas para adaptarse a las condiciones del entorno de operación. Lo cual

significa que hay todavía muchos elementos a perfeccionar: sistemas de propulsión, estaciones de control, sistemas de transmisión/recepción de datos, navegadores GPS, sensores, como se puede observar en la Figura 1.25.



Figura 1.25 UAV AirRobot

e.3 mSecurit.- El mSecurit de MoviRobotics es un robot de vigilancia con capacidad para realizar rondas en exteriores de forma semi-autónoma, detectar intrusos y dar la alarma al centro de control. Es la herramienta de trabajo ideal de un vigilante, al cual le proporciona toda la información de forma remota a su puesto de control, de esta manera se consigue una mayor cobertura de vigilancia, y protección ante riesgos y peligros. Dispone de un sistema de navegación avanzada para exteriores que le permite realizar las rondas de vigilancia de forma semi-autónoma. Evita los obstáculos que encuentra en su camino, y vigila activamente todo el recorrido gracias a su sistema de detección de intrusos, como se puede observar en la Figura 1.26.



Figura 1.26 Robot mSecurit de MoviRobotics

1.5 SENSORES INFRAROJOS Y ULTRASÓNICOS

1.5.1 Los sensores infrarrojos

El sensor es un dispositivo electrónico/mecánico/químico que mapea un atributo ambiental resultando una medida cuantizada, normalmente un nivel de tensión eléctrica.

Particularmente, el sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico 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 del espectro justo por debajo de la luz visible¹¹.

Los rayos infrarrojos (IR) entran dentro del fototransistor donde encontramos un material piro eléctrico, natural o artificial, normalmente formando una lámina delgada dentro del nitrato de galio (GaN), nitrato de Cesio (CsNO₃), derivados de la fenilpirazina, y ftalocianina de cobalto. Normalmente están

¹¹ (Autores D. , 2011)

integrados en diversas configuraciones (1, 2, 4 píxel de material piro eléctrico).

En el caso de parejas se acostumbra a dar polaridades opuestas para trabajar con un amplificador diferencial, provocando la auto-cancelación de los incrementos de energía de IR y el desacoplamiento del equipo. Detectan la radiación emitida por los materiales calientes y la transforman en una señal eléctrica.

Para una amplia gama de aplicaciones se utilizan ópticos que reducen el campo visual con el agregado de un valor predeterminado de temperatura de conmutación. Con esto se logra una localización y un posicionado preciso de objetos calientes por ejemplo en acerías, laminaciones, forjas, fundición, industrias del vidrio y cerámica.

Las partes calientes pueden ser localizadas a varios metros de distancia, el control de llama permite remover dichos objeto detectado.

1.5.2 Clasificación de los sensores Infrarrojos

a. Sensores pasivos.- Están formados únicamente por el fototransistor con el cometido de medir las radiaciones provenientes de los objetos.

b. Sensores activos.- Se basan en la combinación de un emisor y un receptor próximos entre ellos, normalmente forman parte de un mismo circuito integrado. El emisor es un diodo LED infrarrojo (IRED) y el componente receptor el fototransistor, como se puede observar en la Figura 1.27.



Figura 1.27: Sensor Activo de Proximidad de Direct Industry

d. Sensores reflexivos.- Este tipo de sensor presenta una cara frontal en la que encontramos tanto al LED como al fototransistor. Debido a esta configuración el sistema tiene que medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED. Se tiene que tener presente que esta configuración es sensible a la luz del ambiente perjudicando las medidas, pueden dar lugar a errores, es necesario la incorporación de circuitos de filtrado en términos de longitud de onda, así pues será importante que trabajen en ambientes de luz controlada. Otro aspecto a tener en cuenta es el coeficiente de reflectividad del objeto, el funcionamiento del sensor será diferente según el tipo de superficie.

e. Sensores de ranura (Sensor Break-Beam).- Este tipo de sensor sigue el mismo principio de funcionamiento pero la configuración de los componentes es diferente, ambos elementos se encuentran a la misma altura y en la misma línea de mira, a banda y banda de una ranura normalmente estrecha, aunque encontramos dispositivos con ranuras más grandes. Este tipo se utiliza típicamente para control industrial. Otra aplicación podría ser el control de las vueltas de un volante, como podemos observar en la Figura 1.28.



Figura 1.28: Sensor de Ranura

f. Sensores modulados.- Este tipo de sensor infrarrojo sigue el mismo principio que el de reflexión pero utilizando la emisión de una señal modulada, reduciendo mucho la influencia de la iluminación ambiental. Son sensores orientados a la detección de presencia, medición de distancias, detección de obstáculos teniendo una cierta independencia de la iluminación.

g. Sensores de barrido.- La diferencia con los anteriores reside en que el sensor realiza el barrido horizontal de la superficie reflectante utilizando señales moduladas para mejorar la independencia de la luz, el color o reflectividad de los objetos. Normalmente estos sistemas forman parte de un dispositivo de desplazamiento perpendicular al eje de exploración del sensor, para poder conseguir las medidas de toda la superficie, como se puede observar en la Figura 1.29.

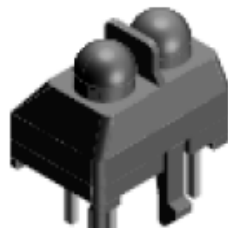


Figura 1.29: Sensor Infrarrojo TCRT500

1.5.3 Los sensores Ultrasónicos

Es un sensor que mide la perturbación entre un emisor de ultrasonido y su receptor. El ultrasonido se llama así por estar encima del umbral audible humano que es de 20Khz. Los medidores ultrasónicos de distancia y sensores de ultrasonidos que se utilizan en los robots son, básicamente, un sistema de sonar. Aparatos utilizados para detectar la presencia de intrusos y otros objetos extraños. Estos pueden ser colocados discretamente en los patios y casas en el interior para detectar la presencia de objetos en movimiento ajeno al entorno. El sistema detecta la frecuencia de las ondas reflejadas para detectar pequeños cambios que pueden ocurrir debido a un objeto en movimiento técnicamente se conoce como el efecto Doppler¹².

Estos dispositivos están diseñados para producir ondas sonoras ultrasónicas de una manera continua sin puntos ciegos o lagunas en el patrón de cobertura. Esto hace posible la detección de pequeños gestos como el movimiento de la mano, que puede ser detectada a una distancia de veinticinco metros; pies, brazos y el movimiento corporal a treinta metros, y el movimiento de cuerpo entero a cuarenta metros en función del tipo de sensor utilizado.

Los sensores ultrasónicos de proximidad avanzada es utilizado para la vigilancia espía generar un haz altamente concentrado de sonido ultrasónico que pueden acceder fácilmente a espacios reducidos y aperturas que van desde 0,5 pulgadas a cuatro pulgadas de largo de diámetro.

Algunos de estos dispositivos están equipados con función táctil externa que permite al usuario programar a distancia la mejor gama de exploración para

¹² (Wikipedia, 2010)

la aplicación. Además de la detección de movimiento humano, también tienen la capacidad de detectar cualquier material que pueda recuperarse de sonido tales como los líquidos y los sustratos como el plástico y el vidrio.

Los sensores de ultrasonidos también se utilizan en diferentes sectores industriales como el farmacéutico, médico, alimentos, cosméticos y del hogar y el cuidado personal de fabricación. Han permitido la detección de pequeños defectos en los productos durante el proceso de producción, que si no se controla puede dañar el valor de la marca de un producto o empresa.

El funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia se muestra de una manera muy clara en el siguiente esquema en la Figura 1.30, donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos:

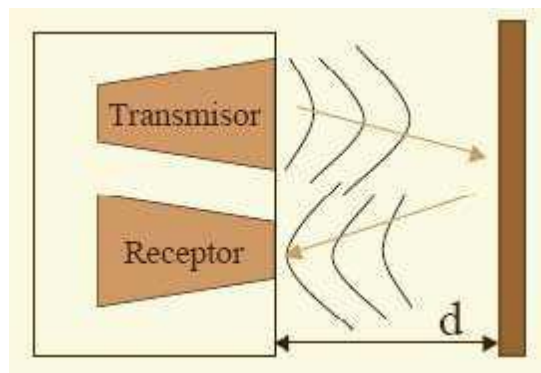


Figura 1.30: Reconocimiento por emisión recepción

La mayoría de los sensores de ultrasonido de bajo coste se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y

la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora, mediante la fórmula:

$$d = \frac{1}{2} V \cdot t \quad (\text{EC. 1.1.})$$

Donde V es la velocidad del sonido en el aire y t es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso y d es la distancia al objeto sensado.

La mayoría de los sensores ultrasónicos usan un solo transductor para transmitir el pulso de sonido y recibir el eco reflejado, operan típicamente a frecuencias entre 40 Khz y 250 Khz. El pulso de sonido es afectado por algunas de las propiedades ultrasónicas fundamentales del medio en los que viaja el sonido como son:

- El ruido del fondo.
- Los efectos de la frecuencia, distancia y transmisión.
- Niveles de eco de una superficie llana.

1.6 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Se encuentran dentro de un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto

determinado, un vehículo o incluso una persona, con una precisión hasta de pocos metros¹³.

Un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS, en su acrónimo inglés) es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, y otras actividades afines.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre. El origen de estos sistemas fue ampliamente militar, pero en la actualidad está disponible para aplicaciones civiles con restricciones.

GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día.

¹³ (Wikipedia, 2011)

Para la obtención de coordenadas el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. Las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema.

Los sistemas de posicionamiento hoy en día están teniendo un serio competidor como es el sistema de localización que ofrecen las operadoras móviles basado en la estructura celular de sus redes.

En el ámbito civil y alegando razones de seguridad sólo se permite el uso de un subconjunto degradado de señales GPS. Sin embargo la comunidad civil ha encontrado alternativas para obtener una excelente precisión en la localización mediante las denominadas técnicas diferenciales. Gracias a ellas las aplicaciones civiles han experimentado un gran crecimiento y actualmente existen más de 70 fabricantes de receptores GPS.

Está constituido por tres segmentos fundamentales:

- Espacial.
- De control.
- Del usuario.

El Sistema GPS responde a dos requerimientos básicos:

Planteo directo o levantamiento: se tiene en el terreno un punto materializado, un pilar con placa y marca, un mojón, etc. Se piden sus coordenadas en un sistema de referencia prefijado.

Planteo inverso o replanteo: se dan las coordenadas de un punto en un sistema de referencia determinado y se pide la localización de dicho punto, que, de no estarlo ya, será materializado en el terreno.

El sistema de posicionamiento global, permite conocer la ubicación actual sobre cualquier punto de la superficie terrestre, en términos de latitud, longitud y altura. Su nombre exacto y completo es NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Time And Ranging- Global Positioning System). El proyecto data de 1973 e implica al Departamento de Defensa de los EEUU.

Inicialmente, las aplicaciones previstas del sistema eran militares; más tarde se amplió su disponibilidad a usos civiles y de investigación, Tauraso. Se basa en un conjunto de 24 satélites (18 operativos y 6 en reserva) situados sobre 6 órbitas inclinadas 55° respecto al ecuador. Cada órbita contiene 4 satélites (3 operativos y 1 en reserva) y el entramado está pensado de forma que desde cualquier punto del globo terrestre pueda recibirse la señal de al menos seis de ellos. Las especificaciones generales del sistema prevén una cobertura de 4 a 8 satélites con elevación superior a 15° , lo que garantiza una buena recepción de la señal.

Están equipados con 4 relojes atómicos (dos de Cesio y dos de Rubidio) de gran precisión (el retardo de sincronización es del orden de una milmillonésima de segundo), un ordenador a bordo y un sistema de comunicaciones en muy alta frecuencia, lo que determina la precisión de las señales del sistema de satélites, como se puede observar en la Figura 1.31.

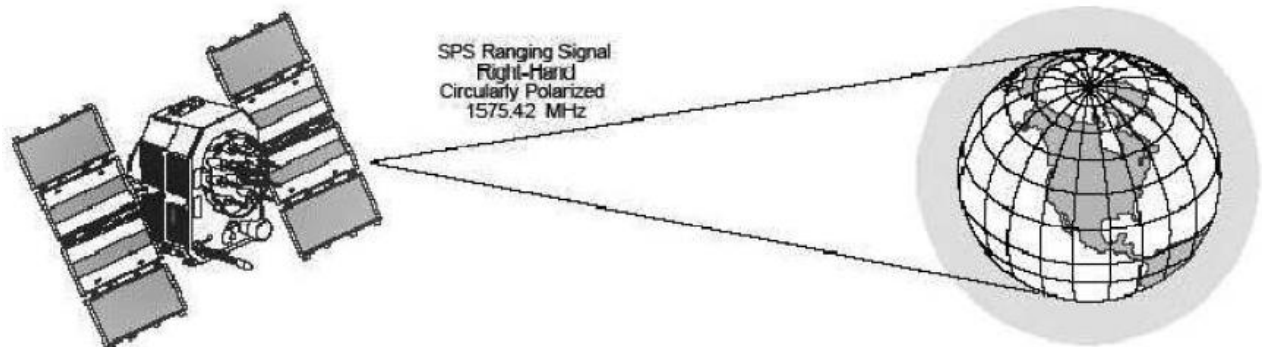


Figura 1.31: Satélite GPS, Tauruso

El sistema comprende tres segmentos para su funcionamiento. El segmento de control esta hecho de cinco estaciones de mando localizadas alrededor del mundo. Su propósito principal es rastrear los satélites y proveerlos de corrección orbital e información del reloj. El segmento espacial lo comprenden todos los satélites y por último, el segmento del usuario simplemente es un receptor de GPS que despliega su posición en un formato conocido y fácil de interpretar, como se puede observar en la Figura 1.32.

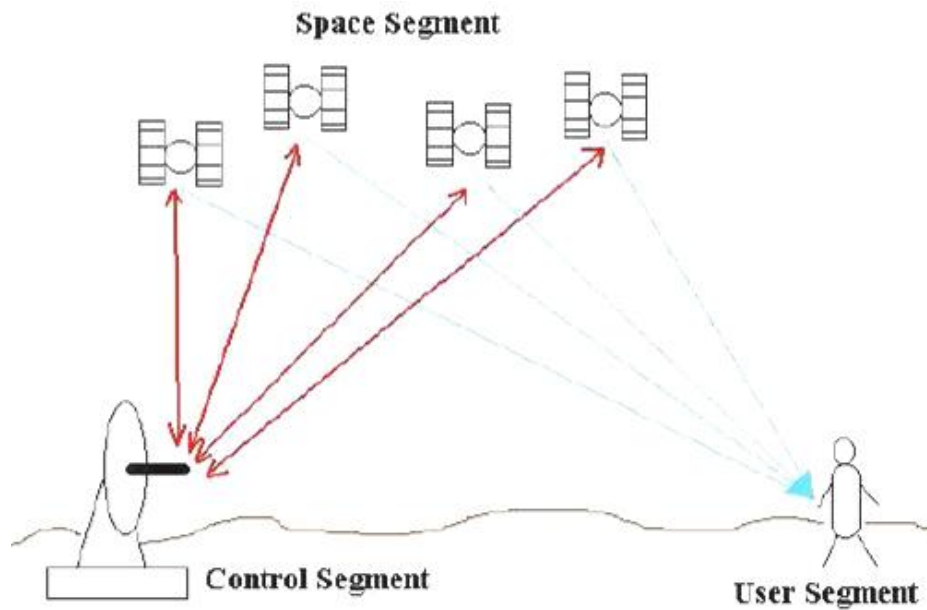


Figura 1.32: Los tres segmentos del GPS.

El control desde tierra se efectúa con un sistema llamado OCS (Operational Control System), formado por una emisora MCS (Master Control Station) y una serie de estaciones de control y antenas dispuestas a lo largo del Ecuador.

La MCS se ocupa de la sincronización de los relojes, del control de las órbitas y del diagnóstico del sistema. El procesador controla la exacta decodificación de la señal y el cálculo trigonométrico que permite determinar la posición. Los satélites transmiten en SSM (Spread Spectrum Modulation) o modulación de espectro difuso que hace que la señal resulte casi imposible de interceptar o interferir, ya que se confunde con el ruido electromagnético de fondo.

Los relojes de a bordo generan una frecuencia fundamental de 10,23 MHz a partir de la cual se producen dos portadoras básicas: L1, a 1.575,42 MHz

(multiplicando la frecuencia base por 154) y L2, a 1.227,60 MHz (multiplicando por 120). La más interesante es L1, ya que se utiliza en todos los receptores comerciales.

Curiosamente, el cálculo de la posición se basa en el tiempo que tarda la señal en recorrer la distancia que separa el satélite del receptor. Para su medida, el satélite envía dos códigos PRN (Pseudo-Random Noise) con una frecuencia de reloj de 1.023 MHz, que se repiten cada milésima de segundo.

El primero se denomina CA/Code (Coarse/Acquisition- Code) y va modulado exclusivamente sobre L1 y el segundo, llamado P-Code (Precision-Code), se modula simultáneamente sobre L1 y L2. El proyecto original considera dos sistemas de posicionamiento superpuestos: el SPS (Standard Positioning Service), para usos civiles, y el PPS (Precise Positioning Service), sólo para usos militares y ciertos usuarios autorizados.

El C/A-Code se aplica al SPS y el P-Code al PPS. En el caso del primero, el intervalo de tiempo entre la emisión y la recepción se mide comparando el código C/A enviado por el satélite con una copia que realiza el receptor, sincronizada con el satélite. Multiplicando la velocidad de la luz en el vacío (300.000 km.) y aplicando algunas correcciones (dispersión y difracción estratosférica, efecto Doppler-Fizeau para el desplazamiento relativo satélite-receptor, etc.) se obtiene la distancia exacta entre los puntos de emisión y recepción.

El receptor GPS posee en su memoria el almanaque y la efeméride de cada satélite y sabe a cual pertenece la información que recibe gracias al ruido pseudo aleatorio que es enviado junto con los datos. Una vez recibida la información, el receptor GPS calcula la distancia existente entre el satélite y

el receptor; por tanto, el receptor sabe que se encuentra dentro de una esfera cuyo centro es el satélite. Lo mismo sucederá con los demás satélites que logre contactar el receptor teniendo así esferas de posición, las cuales son intersecadas para hallar así la ubicación.

Repitiendo este mismo proceso para varios satélites (mínimo tres, para longitud y latitud) se obtiene la posición del receptor con una precisión suficiente para la navegación de vehículos. El usuario se limita a leer los datos de longitud y latitud mediante un protocolo adecuado; el más difundido es el NMEA, aunque existen otros, como se puede observar en la Figura 1.33.

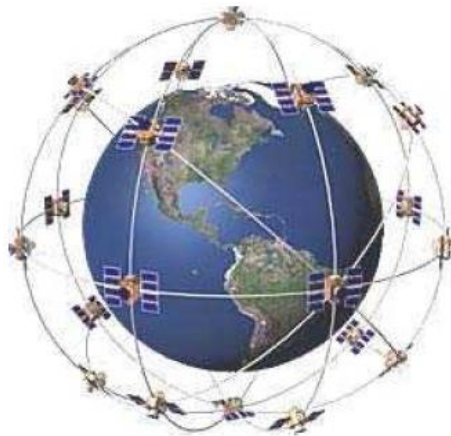


Figura 1.33: La constelación de satélites de GPS que circundan la Tierra en órbitas muy precisas

Este servicio se impuso mundialmente y de libre uso bajo las condiciones de cualquier clima, 24 horas al día y puede aplicarse en el aire, en el mar y en la tierra. Muchos de los aviones militares y comerciales usan GPS para ayudarlos en la navegación así como también para navegar en el mar dónde el GPS se ve como una solución simple. En tierra, el GPS puede ser usado

para inspección, ofreciendo tiempo de instalación reducido y precisión mejorada.

1.6.1 Errores en el sistema GPS

Hay varias fuentes de error que afectan la operación del GPS:

- Retardos de la Ionósfera y la tropósfera
- La atmósfera de la tierra reduce la velocidad de la señal del satélite, causando un retardo de tiempo.
- Múltiples caminos de la señal.

1.6.2 Número de satélites visibles.

La precisión del GPS incrementa tanto como el número de satélites visibles al usuario crece. Esta mejora es limitada por el ambiente circundante. Las señales pueden ser bloqueadas por estructuras altas y no hay recepción dentro y bajo la tierra. Con referencia a la ubicación del usuario, el satélite de la izquierda tiene su señal bloqueada por un edificio alto. El usuario recibe una correcta señal de un satélite cercano (a la derecha), junto con una señal reflejada adicional, como se puede observar en la Figura 1.34.



Figura 1.34: Errores de GPS que muestran una señal bloqueada y una señal multi-camino

1.6.3 Desviaciones por los relojes internos de los satélites.

Esto es debido a la diferencia entre el reloj interno del receptor y el reloj atómico del satélite. Los satélites poseen relojes muy precisos, pero con el tiempo suelen presentar errores, así mismo debido al campo gravitatorio el reloj interno tiende a adelantarse. Los errores en los relojes pueden añadir hasta un metro en el rango de error.

1.6.4 Errores Orbitales

Estas son inexactitudes dentro de la localización de los satélites reportados, la cual es también conocida como “ephemeris errors”. Debido a la gravedad de la tierra, tormentas solares, etc. Las órbitas de los satélites se ven modificadas por lo que la distancia entre el satélite y el receptor se ve afectada, con un error que puede alcanzar hasta un metro.

1.6.5 Navegación con el sistema de posicionamiento global

Antes de investigar la capacidad de una unidad de GPS, es vital entender los elementos esenciales del sistema GPS y los métodos de posicionamiento en la superficie terrestre.

a. Coordenadas Terrestres

Todos los planos paralelos al plano ecuatorial cortan al elipsoide terrestre en círculos paralelos al ecuador que se llaman paralelos. Todos los círculos máximos que pasan por ambos polos Norte y Sur son perpendiculares al ecuador y a los paralelos, llamados estos círculos máximos meridianos.

Se consigue, de esta forma, "cuadrangular" la superficie del planeta de forma que, si se numeran los paralelos y los meridianos se puede identificar cada uno de sus puntos. Es necesario, por tanto, fijar un origen tanto en la medida de paralelos como en la medida de meridianos, como se puede observar en la Figura 1.35.

Se elige:

- como paralelo 0 al círculo ecuatorial.
- como meridiano 0 el círculo máximo que pasa por Greenwich.

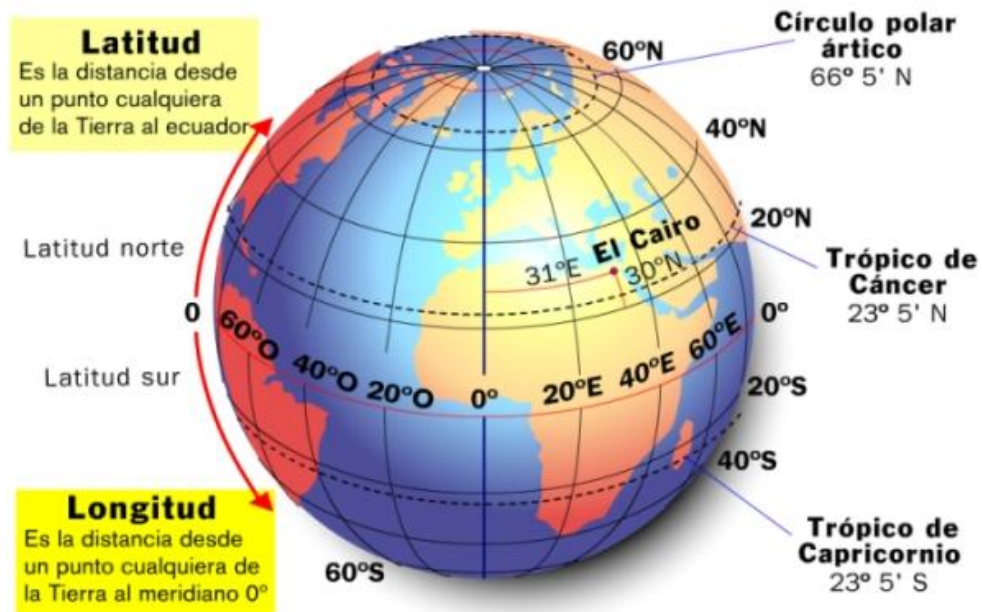


Figura 1.35: Meridianos y paralelos de la esfera planetaria

Las coordenadas geográficas son una forma de designar un punto sobre la superficie terrestre con el siguiente formato:

- 1°39'26" W
- 78°40'21" S

Esta designación supone la creación de un sistema de referencia de tres dimensiones, como se puede observar en la Figura 1.36:

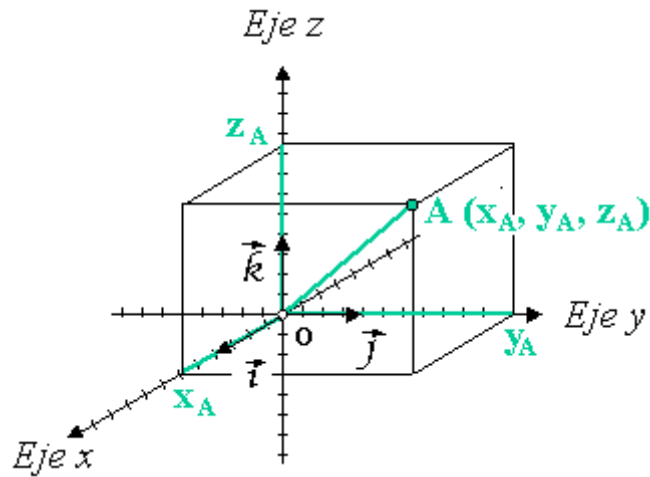


Figura 1.36: Representación del sistema tridimensional

Se define el eje de la tierra como la recta ideal de giro del globo terráqueo en su giro del movimiento de rotación. Es la recta que une los dos polos geográficos.

b. Localización geográfica de un punto

Básicamente la localización geográfica de un punto se puede realizar detallando uno de estos dos parámetros:

- Coordenadas geográficas en formato Longitud-Latitud.
- Coordenadas (x,y) Marcador transversal universal o UTM

Cada uno de estas dos formas de localizar un punto sobre la superficie terrestre debe de cumplir los siguientes requisitos:

- Que el punto sea único

- Que quede perfectamente identificado el sistema de proyección empleado al localizar el punto.
- Que permita referenciar la coordenada “z” del punto

Una vez que se tiene establecida una red de meridianos y paralelos, la situación geográfica de un punto viene definida por su longitud y su latitud, con referencia a la red creada.

b.1 Longitud.- Se define la Longitud (l) de un punto P como el valor del diedro formado por el plano meridiano que pasa por P y el meridiano origen, (0° Meridiano de Greenwich). La longitud es gráficamente el ángulo formado por OAB, como se puede apreciar en la figura 1.3. La designación de la longitud lleva aparejada la designación de la posición espacial del punto con respecto al meridiano origen o meridiano de Greenwich, así se designa posición Oeste (W) cuando está a la izquierda del meridiano origen y Este (E) cuando está situado a la derecha. La longitud presenta un mínimo posible de 0° hasta un máximo de 180°, 0° - 180°E, 0°-180° W, como se puede observar en la Figura 1.37.

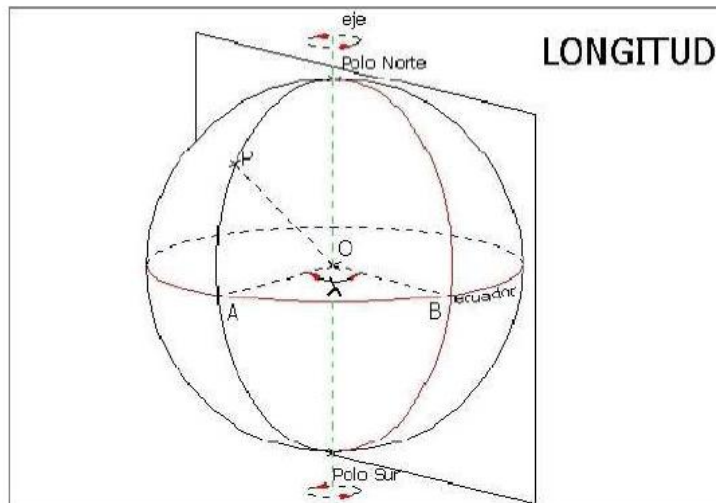


Figura 1.37 Definición de longitud

b.2 Latitud.- Se denomina Latitud geográfica (v) de un punto P al ángulo formado por la vertical a la tierra que pasa por dicho punto con el plano ecuador. La vertical se considera la unión del punto con el origen o centro de la tierra, obteniéndose la latitud midiendo el ángulo (v) sobre el meridiano que pasa por el punto P, como se puede apreciar en la figura I.4. La latitud máxima y mínima va desde los 0° hasta los 90° , 0° - 90° N, 0° - 90° S. Los 90° de latitud coinciden con los polos, polo Norte y polo Sur, como se puede observar en la Figura 1.38.

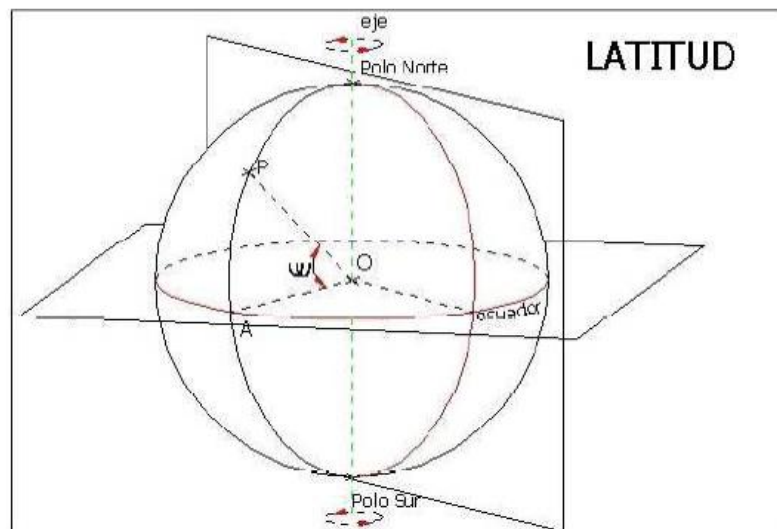


Figura 1.38: Definición de latitud

b.3 El Norte.- El aparentemente simple concepto de “Norte” engloba una serie de definiciones que es necesario conocer y diferenciar adecuadamente:

Norte geográfico.- Es el que viene dado por la intersección del eje de rotación de la Tierra con la superficie de la misma. Es llamado también “Norte verdadero”, y en él confluyen todos los meridianos.

Norte magnético.- Es el punto donde la mayor parte de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre entran en la superficie. Se puede detectar utilizando instrumentos tales como la brújula y la “flux valve”, equivalente a la brújula en las aeronaves modernas. Es importante hacer notar que el norte geográfico y el magnético NO coinciden, y que además el norte magnético cambia su posición con el tiempo, como se puede observar en la Figura 1.39.

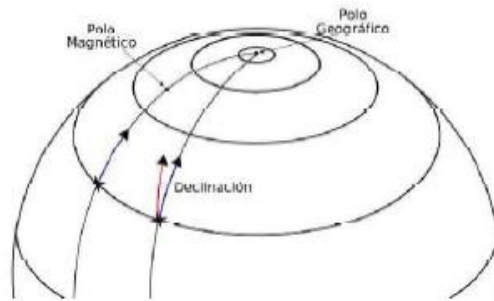


Figura 1.39 Declinación de dos puntos diferentes en la Tierra

1.7 PARTES DEL ROBOT DE VIGILANCIA

- Estructura (Sustentación del robot)
- Control (Microcontrolador)
- Sensores (Entrada del sistema: ultrasonido, temperatura, infrarrojos)
- Mecánica (Salida del sistema: servomotores)

1.7.1 Estructura del Robot

La estructura es la encargada de darle forma al robot y sostener sus componentes. Puede estar constituida por numerosos materiales, como plásticos, aluminio, acrílico, entre otros y tener muchas formas diferentes. La diversidad de estructuras para los robots es tan variada como la finalidad

para la que éste se diseñe. Las estructuras son tan variadas y curiosas como la imaginación lo permita¹⁴.

1.7.2 Control del Robot

Ésta es la parte esencial del robot. Controla todo lo que llega por la(s) entrada(s) de sus sensores y provoca las reacciones necesarias, a través de sus actuadores que le imprimen movimiento al robot. Como cerebro uno de los controladores más usados es un chip llamado microcontrolador, pues en éste se implementa el algoritmo de control.

1.7.3 Sensores para Robots Móviles

De forma semejante a los terminales nerviosos o sentidos de los seres vivos, los sensores suministran la información necesaria para que los robots interpreten el entorno en el cual se encuentran. Todo robot deberá tener al menos un sensor con el cual interactuar. La mayoría de los sistemas robóticos presentan al menos sensores de obstáculos (sensores de guiado por infrarrojos, ultrasonido o contacto, entre otros).

Los sensores avanzados, además de detectar algo, son capaces de reportar una medida de lo detectado, como puede ser un sensor de temperatura, o un medidor de distancias ultrasónico, entre otros. A continuación se describen de manera general los sensores utilizados en un robot de vigilancia.

¹⁴ (Autores V. , Scribd, 2011)

a. Sensores de Proximidad

Los sensores de proximidad suelen tener una salida binaria que indica la presencia de un objeto dentro de un intervalo de distancia especificado. En condiciones normales, los sensores de proximidad se utilizan en robótica para un trabajo en campo cercano para agarrar o evadir un objeto. Cualquier sensor para medir distancia se puede usar como sensor de proximidad.

Sensores de Ultrasonido.- Los sensores de ultrasonido, que se usan en los robots móviles actúan como un sistema de sonar, como se puede observar en la Figura 1.40.

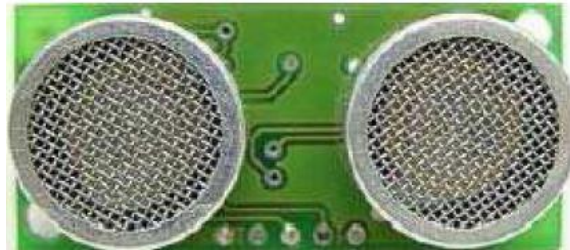


Figura 1.40: Sensor de ultrasonido

Sensores Térmicos.- Los sensores térmicos son capaces de medir la temperatura de un objeto a distancia. Estos sensores (pirómetros de radiación) están formados en realidad por unas matrices de sensores colocados linealmente de forma que puede medir puntos adyacentes simultáneamente. A diferencia de otros sensores utilizados en sistemas de alarmas y detectores para encender luces, el sensor térmico no necesita que haya movimiento para detectar el calor, por lo que su utilización en el campo de la robótica, abre gran cantidad de aplicaciones no disponibles hasta ahora, como se puede observar en la Figura 1.41



Figura 1.41 Sensor de Térmico

1.7.4 Actuadores

Las fuentes de movimiento son las que le otorgan movilidad al robot. Una de las más utilizadas es el motor eléctrico. Un motor es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica rotacional que se utiliza para darle movimiento a ruedas, patas y otros medios de locomoción. Dentro de los motores usados en robótica destacan los motores de corriente continua, motores a pasos y los servomotores.

1.7.5 Servomotores

Los servomotores son un tipo especial de motor de corriente continua que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su intervalo de operación. Para ello, el servomotor espera un tren de pulsos que se corresponde con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, un sistema reductor formado por ruedas dentadas y un circuito de realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180° aproximadamente.

Tienen grandes ventajas en cuanto a los circuitos se refiere. Se pueden conectar directamente al microcontrolador sin problemas. Sin embargo su costo es relativamente elevado en el mercado local y requieren de un

programa relativamente complejo para controlarlos mediante una señal tipo PWM (Pulse Width Modulation = Modulación por Ancho de Pulso), como se puede observar en la Figura 1.42.



Figura 1.42: Servomotor

1.8 REDES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos¹⁵.

Cuando hablamos de WIFI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbricas mediante ondas más utilizada hoy en día. WIFI, también llamada WLAN (Wireless Lan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11. WIFI no es una abreviatura de Wireless Fidelity, simplemente es un nombre comercial.

¹⁵ (Autores D.)

En la actualidad podemos encontrarnos con tres tipos de comunicación más importantes WIFI:

- 802.11b, que emite a 11 Mb/seg
- 802.11g, que emite, a 54 MB/seg
- 802.11n

1.8.1 IEEE 802.11b-1999 o 802.11b.

Es una modificación de la Norma IEEE 802.11 que amplía la *tasa de transferencia* hasta los 11 Mbit/s usando la misma banda de 2.4 GHz. Estas especificaciones bajo el nombre comercial de Wi-Fi han sido implantadas en todo el mundo. La modificación se incorporó a la norma en la edición **IEEE 802.11-2007**.

Las 802.11 son un juego de Normas IEEE que gobiernan los métodos de transmisión para redes inalámbricas. Hoy se usan sus versiones 802.11a, 802.11b y 802.11g para proporcionar conectividad en los hogares, oficinas y establecimientos comerciales.

1.8.2 IEEE 802.11g.

En junio de 2003, se ratificó estándar de modulación: 802.11g. Que es la evolución del estándar 802.11b, Este utiliza la banda de 2,4 Ghz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22,0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares.

Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión. Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación que fue dada aprox. el 20 de junio del 2003.

Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b. Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta medio vatio, que permite hacer comunicaciones de hasta 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados.

Existe una variante llamada 802.11g+ capaz de alcanzar los 108Mbps de tasa de transferencia. Generalmente sólo funciona en equipos del mismo fabricante ya que utiliza protocolos propietarios.

a. Interacción de 802.11g y 802.11b. 802.11g tiene la ventaja de poder coexistir con los estándares 802.11a y 802.11b, esto debido a que puede operar con las Tecnologías RF DSSS y OFDM. Sin embargo, si se utiliza para implementar usuarios que trabajen con el estándar 802.11b, el rendimiento de la celda inalámbrica se verá afectado por ellos, permitiendo solo una velocidad de transmisión de 22 Mbps. Esta degradación se debe a que los clientes 802.11b no comprenden OFDM.

1.8.3 IEEE 802.11n.

En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 (Tgn) para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 300 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), y debería

ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas (3). Existen también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física.

En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación **b o g**, sin embargo ya se ha ratificado el estándar **802.11n** que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar **802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5 Ghz**. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del estándar, se empiezan a fabricar de forma masiva y es objeto de promociones por parte de los distintos ISP, de forma que la masificación de la citada tecnología parece estar en camino. Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitará nada más que su adaptador wifi integrado, para poder conectarse a la red.

Sin duda esta es la principal ventaja que diferencia wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE, UMTS y Wimax, las tres tecnologías mencionadas, únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que está autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos wifi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL, ya suele venir acompañada de wifi 802.11n, como novedad en el mercado de usuario doméstico.

Para tener una red inalámbrica se necesita un punto de acceso, que se conectaría al módem, y un dispositivo WIFI que se conectaría en nuestro aparato. Existen terminales WIFI que se conectan al PC por USB, pero son las tarjetas PCI (que se insertan directamente en la placa base) las recomendables, nos permite ahorrar espacio físico de trabajo y mayor rapidez.

El rol de la tecnología microonda es obtener futuros sistemas de comunicación personales inalámbricas. Con el creciente desarrollo actual de la tecnología, enfáticamente ahora se puede decir que el objetivo de la ingeniería de la comunicación de hoy, es alcanzar futuros sistemas de comunicación personales.

El término red inalámbrica (Wireless network en inglés) es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas.

Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina todo el cable Ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos. En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras, como se puede observar en la Figura 1.43.



Figura 1.43: Red de Comunicación Inalámbrica

1.8.4 Categorías.

Existen dos categorías de las redes inalámbricas.

- a. **Larga distancia:** Estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser otra ciudad u otro país.
- b. **Corta distancia:** Son utilizadas para un mismo edificio o en varios edificios cercanos no muy retirados.

1.8.5 Tipos

Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos:

a. Wireless Personal Area Network.- En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF (estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central); Bluetooth (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); ZigBee (basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo); RFID (sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio).

b. Wireless Local Area Network.- En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HIPERLAN (del inglés, High Performance Radio LAN), un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

c. Wireless Metropolitan Area Network.- Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (Local Multipoint Distribution Service).

d. Wireless Wide Area Network.- Una WWAN difiere de una WLAN (Wireless Local Area Network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como WiMAX (aunque se aplica mejor a Redes WMAN), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), GPRS, EDGE

, CDMA2000, GSM, CDPD, Mobitex, HSPA y 3G para transferir los datos. También incluye LMDS y Wi-Fi autónoma para conectar a internet.

1.8.6 Características

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, y los infrarrojos, por ejemplo. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras:

a. Ondas de radio: Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF que va de 3 a 30 Hz, hasta la banda UHF que va de los 300 a los 3000 MHz, es decir, comprende el espectro radioeléctrico de 30 - 3000000000 Hz.

b. Microondas terrestres: Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.

c. Microondas por satélite: Se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.

d. Infrarrojos: Se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz.

1.8.7 Aplicaciones

Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación y submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).

Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos u otros aparatos. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad u otras características de objetos remotos) y para la televisión digital terrestre.

Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas, por ejemplo. Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. También se utilizan para mandos a distancia, ya que así no interfieren con otras señales electromagnéticas, por ejemplo la señal de televisión. Uno de los estándares más usados en estas comunicaciones es el IrDA (Infrared Data Association). Otros usos que tienen los infrarrojos son técnicas como la termografía, la cual permite determinar la temperatura de objetos a distancia.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las características físicas, geométricas y mecánicas del robot móvil. También se detallan las diferentes situaciones que llevaron a la selección de los materiales para la construcción del sistema, además se describe el acondicionamiento de sensores de ultrasonido e infrarrojos usados así como la interconexión del sistema de sensores, GPS y cámara a la PC embebida, incluyendo la implementación y simulación del Sistema Inalámbrico.

El robot cuenta con tres aspectos fundamentales para el funcionamiento; el primero es la elección del hardware del robot, el segundo es la circuitería para el control de los motores y el tercer aspecto importante es la programación que se encarga de ejecutar las órdenes binarias.

Lo descrito en estas tres etapas viene implícito el resto de componentes adicionales que componen en su conjunto el robot. En el capítulo anterior se ha estudiado los conceptos y cada uno de los componentes del robot. Conozcamos como debe funcionar el robot, tomando en cuenta que este debe ser capaz de ejecutar órdenes a través de un control automático y manual.

Las órdenes de movilidad son: adelante, atrás, izquierda, derecha que son comandos que requiere el funcionamiento de los motores, esta etapa será descrita a mayor detalle más adelante en el siguiente capítulo. El robot deberá desplazarse hacia adelante hasta que el sensor detecte obstáculos que permitirá retroceder y viceversa para el comando hacia atrás. La figura 2.1 muestra las tres etapas que serán analizadas y descritas individualmente para la implantación de este proyecto.

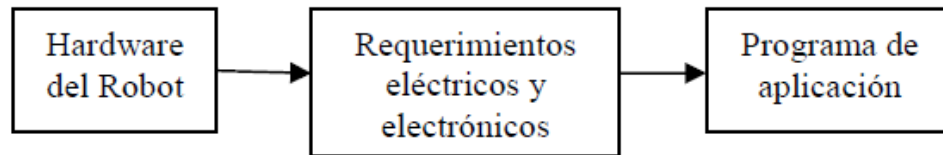


Figura 2. 1: Etapas de implementación del robot

2.2 DISEÑO DEL AUTÓMATA

Existe una gran variedad de modos de moverse sobre una superficie sólida, entre los robots, las más comunes son las ruedas, las cadenas y las patas.¹⁶ Los vehículos de ruedas son populares por varias razones prácticas. Los robots con ruedas son más sencillos y más fáciles de construir, la carga que pueden transportar es mayor, relativamente. Tanto los robots basados en cadenas como en patas se pueden considerar más complicados y pesados, que los robots de ruedas para una misma carga útil. A esto se puede añadir el que se pueden transformar vehículos de ruedas de radio control para usarlos como bases de robots, basados en este principio se decidió utilizar el robot móvil de la National Instruments LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 2.0, como se muestra en la figura 2.2:

¹⁶ (Conrad, 2011)

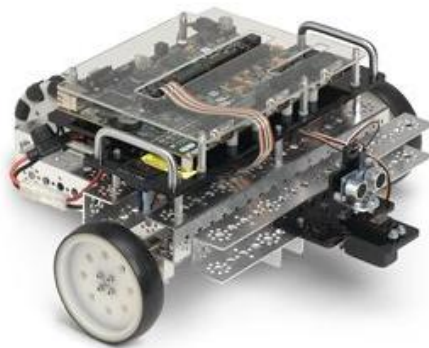


Figura 2. 2: Robot NI Single-Board RIO

En la Figura 2.3 se representa la locomoción con guiado diferencial del robot. Las coordenadas (x, y) suministran la posición del robot con respecto a las coordenadas globales y el ángulo ϕ su orientación con respecto a un eje paralelo al $Y1$; en base a estas tres coordenadas (x, y, ϕ) se puede especificar completamente la posición y orientación del robot móvil. En cada instante de tiempo, las ruedas izquierda y derecha deben seguir una trayectoria que se mueva alrededor del *ICR* (Centro Instantáneo de Rotación) a la misma velocidad angular con un radio de giro R

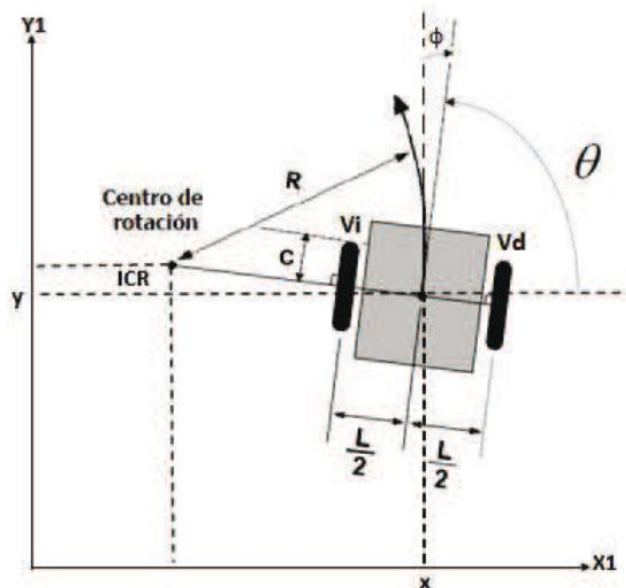


Figura 2. 3: Modelo cinemático de una configuración diferencial

National Instruments ofrece diversos tipos de hardware de propósito general disponibles comercialmente y que comparten una arquitectura común reconfigurable de E/S (RIO). Esta arquitectura combina un procesador en tiempo real, un FPGA y una amplia gama de E/S, incluyendo E/S analógicas, digitales, de movimiento y de comunicación, por lo que para su programación se deben instalar y emplear dos módulos propios de LabVIEW: LabVIEW Real Time y LabVIEW FPGA¹⁷.

Usando esta arquitectura estándar y las herramientas gráficas de desarrollo de LabVIEW se pueden diseñar y crear rápidamente prototipos de sistemas embebidos, máquinas de control y monitorización industrial flexible y dotada de hardware de alto rendimiento.

Entre los diferentes sistemas que comparten esta arquitectura común reconfigurable de E/S (RIO) tenemos: PXI RIO, PCI RIO, CompactRIO, CompactRIO Integrated, Single-Board RIO. En la Figura 2.4 se muestra un gráfica de comparación entre la Flexibilidad del Sistema y Precio versus el Número de Sistemas Desplegados en el mercado.

¹⁷ (Instruments N. , Getting Started with the Labview Robotics Modulee, 2009)

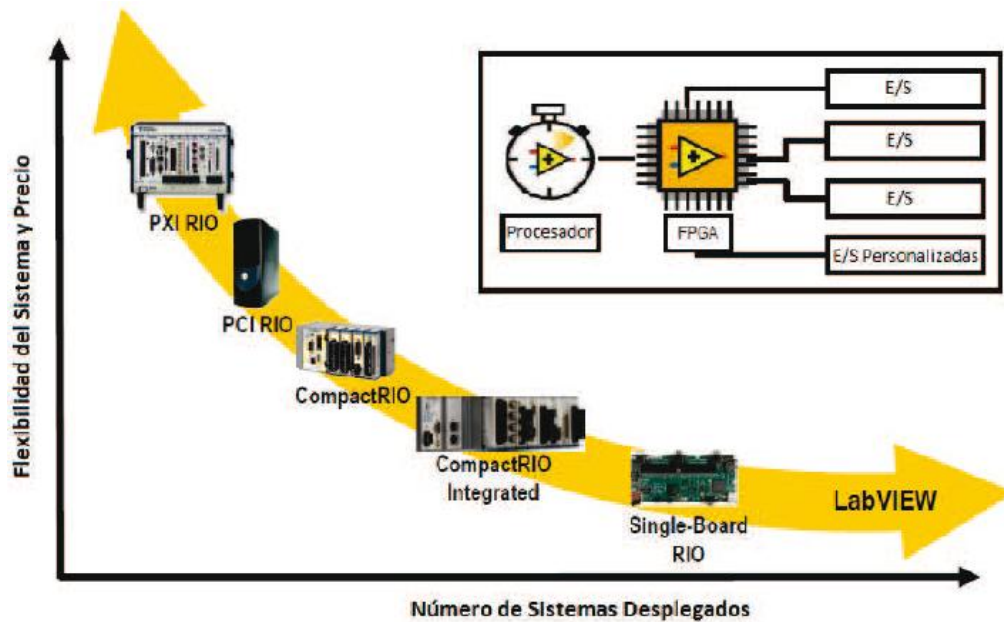


Figura 2. 4: Curva de Despliegue de los Diferentes Sistemas RIO

El robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit de National Instruments empleado para la elaboración de este proyecto de grado tiene incorporado una tarjeta Single-Board RIO-9632 (en forma abreviada sbRIO) como elemento de control para la adquisición y procesamiento de datos, razón por la cual de aquí en adelante solo se hará referencia a este hardware.

La plataforma Single-Board RIO-9632, es una tarjeta de bajo costo que combina dispositivos embebidos de despliegue que tienen un procesador en tiempo real, un arreglo de compuertas en campo (FPGA) y E/S analógicas y digitales en una sola tarjeta, ver Figura 2.5. Se puede incrementar la E/S analógicas y digitales usando módulos de la Serie C, estos son fabricados por National Instruments. Las tarjetas sbRIO están diseñadas para aplicaciones de alto volumen, control embebido y adquisiciones que requieren alto rendimiento y fiabilidad.

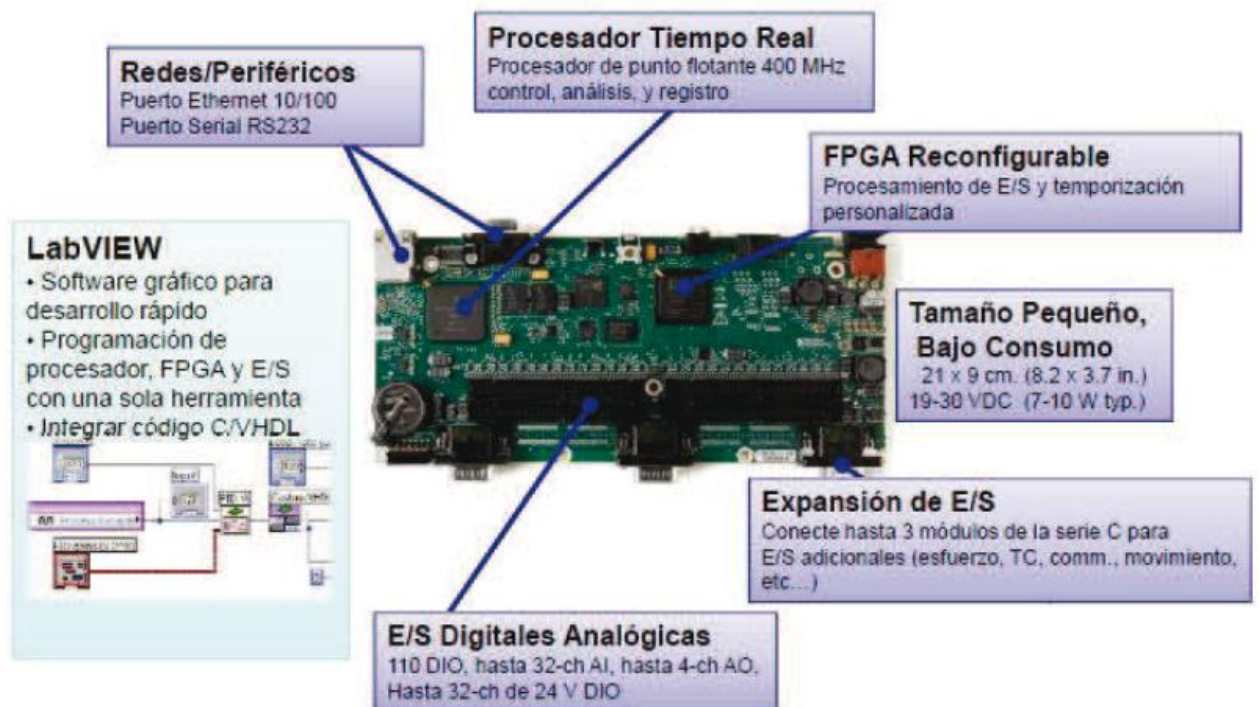


Figura 2. 5: Componentes Principales de una Tarjeta sbRIO-9632

Los dispositivos CompactRIO y sbRIO comparten una arquitectura de hardware casi idéntica, incluyendo un procesador en tiempo real, un FPGA reconfigurable, y E/S análogas y digitales. Debido a esta arquitectura común, el migrar de código entre CompactRIO y sbRIO es sencillo.

El dispositivo embebido de control y adquisición NI sbRIO-9632 integra un procesador en tiempo real, un arreglo de compuerta programable en campo (FPGA) reconfigurable y entradas y salidas en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB).

Tienen un procesador industrial de 400 MHz, un FPGA Xilinx Spartan de 2M de Compuertas, 110 líneas de E/S digital de 3.3 V (tolerancia de 5V / compatible con TTL), 32 canales de entrada analógica de una sola terminal y

16 diferenciales de 16 bits a 250 kS/s y cuatro canales de salida analógica de 16 bits a 100 kS/s.

También tienen tres conectores para E/S de expansión usando módulos de E/S de la Serie C a nivel de tarjeta. El sbRIO-9632 ofrece un rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C, incluye un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC, 128 MB en DRAM para operación embebida y 256 MB de memoria no volátil para programas de almacenamiento y registro de datos.

Este dispositivo tiene un puerto de Ethernet de 10/100 Mbits/s que se puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y servidores de archivos (FTP). También puede usar el puerto serial RS232 para controlar dispositivos periféricos.

El sbRIO-9632 está diseñado para ser fácilmente embebido en aplicaciones de alto volumen que requieren flexibilidad, fiabilidad y alto rendimiento.

2.2.1 Descripción del Robot móvil Labview Robotics SbRIO Starter Kit 2.0

EL robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit como se puede ver en la Figura 2.6, corresponde a una plataforma móvil diseñada e implementada por National Instruments, la simplicidad de este hardware robótico es ideal para la enseñanza de conceptos de Robótica y Mecatrónica, así como para realizar proyectos de investigación.¹⁸

¹⁸ (Conrad, 2011)



Figura 2. 6: Robot móvil LabVIEW Robotic sbRIO Starter Kit.

El robot móvil tiene una configuración diferencial y se basa en un controlador sbRIO-9632 que es programado utilizando el software LabVIEW y gracias a las capacidades de los módulos FPGA, Real Time y Robotics (empleado para aplicaciones robóticas) se consigue una rápida familiarización con el manejo y funcionamiento de todo el sistema. Entre las características principales del prototipo tenemos:

- Totalmente ensamblado sobre una base de robot móvil.
- Pitsco Educación 12 VDC con motores de 152 rpm y 300 oz-in. de torque
- Codificadores ópticos cuadratura con 400 pulsos por revolución
- PING))) sensor de distancia ultrasónico para mediciones de distancia entre 2 cm y 3 m
- PING))) soporte de montaje para un barrido de 180 grados del entorno

- Dos Pitsco Educación TETRIX 4 pulgadas ruedas y una rueda omnidireccional para dirección
- La toma de decisiones es en tiempo real y el procesamiento de las entradas y salidas es realizado por un dispositivo FPGA.
- Fácil conexión a una variedad de sensores y actuadores de uso robótico.

A continuación se describen y se muestran todos los elementos incluidos en el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit.

a. Chasis

Plataforma robótica TETRIX de Pitsco, tamaño: 39.4 cm x 22.9 cm, 2 ruedas fijas de 10.16 cm de diámetro y una rueda omnidireccional, como se puede observar en la Figura 2.7

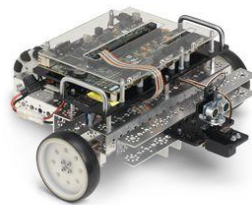


Figura 2. 7: Chasis del Robot móvil LabVIEW Robotic sbRIO Starter Kit.

b. Motores

2 Motores de 12 V DC TETRIX de Pitsco, Velocidad Angular: 152 rpm,

Torque: 300 oz-in, como se puede observar en la Figura 2.8.¹⁹



Figura 2. 8: Motor DC TETRIX de Pitsco.

c. Sensores

1 Sensor ultrasónico PING))) de Parallax Mide distancias entre 3 cm a 3m, como se puede observar en la Figura 2.9



Figura 2. 9: Sensor ultrasónico de Parallax.

2 Encoders ópticos de cuadratura, 400 pulsos por revolución, como se puede observar en la Figura 2.10



Figura 2. 10: Encoders ópticos.

¹⁹ (Pitsco, 2011)

d. Servomotor

Servomotor Estándar de Parallax, sirve de soporte de montaje para el sensor PING))) realiza un barrido de 180 grados del entorno, como se puede observar en la Figura 2.11.



Figura 2. 11: Servomotor Estándar de Parallax.

e. Tarjeta de Control

Tarjeta Single-Board RIO (sbRIO-9632), de National Instruments, como se puede observar en la Figura 2.12:



Figura 2. 12: Tarjeta Single-Board RIO (sbRIO-9632).

f. Fuente de Energía

Paquete de Baterías Recargables NiMH de 12 VDC, como se puede observar en la Figura 2.13



Figura 2. 13: Fuente de Energía.

g. Cargador de Baterías

Cargador de baterías NiMH. Auto detecta el voltaje de la batería NiMH, configura la corriente eléctrica automáticamente cuando la batería está completamente cargada, como se puede observar en la Figura 2.14.



Figura 2. 14: Cargador de Baterías

h. Peso Total

El peso equivalente del autómeta está comprendido principalmente por la acción de diferentes componentes, en este caso tenemos la estructura de montaje de aluminio, rueda omnidireccional, dos ruedas con sus respectivos

motores , carcasa de protección de plástico, agarraderas de aluminio, servo motor, sensor ultrasónico y la tarjeta embebida SBRIO 9632, nos da un aproximado de 5 kg (11.02 lb)

i. Tipo de Configuración

La presentación del autónomo dependiendo de las características que requiere el usuario ya sea en el posicionamiento de las ruedas situadas diametralmente opuestas a un eje perpendicular en la dirección del robot, adicionalmente las ruedas irán con sus respectivos motores lo que dará lugar a diferentes velocidades es decir si queremos que gire a la derecha daremos mayor velocidad al motor izquierdo, también constara de una rueda omnidireccional, esta configuración se llama Diferencial

j. Entorno de Programación

LabVIEW, específicamente los módulos, LabVIEW FPGA, LabVIEW Real Time y LabVIEW Robotics

Labview FPGA. NI LabVIEW y el Módulo LabVIEW FPGA proporcionan un ambiente de desarrollo gráfico para arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) en objetivos de hardware de E/S (RIO) reconfigurables. Con el Módulo LabVIEW FPGA, se puede desarrollar VIs FPGA en un servidor ejecutando Windows y LabVIEW compila e implementa el código de hardware.²⁰

²⁰ (NI, 2008)

Labview Real Time. El Módulo NI LabVIEW Real-Time es un componente complementario para el sistema de desarrollo LabVIEW que se puede usar para crear y depurar aplicaciones determinísticas y confiables que se ejecutan en objetivos de hardware embebido.

Labview Robotics. El Paquete de Inicio para NI LabVIEW Robotics está diseñado para generar prototipos de su sistema autónomo y a familiarizarse rápidamente con las habilidades del software LabVIEW Robotics y hardware de E/S reconfigurable (RIO).

k. Características Básicas

Como se ha señalado, el hardware se basa en una plataforma sbRIO-9632, esta tarjeta se encuentra en la parte superior del prototipo sobre todos los elementos (motores, servomotores, llantas, etc.), sujeta a una planta rectangular de acrílico ver Figura 2.15.

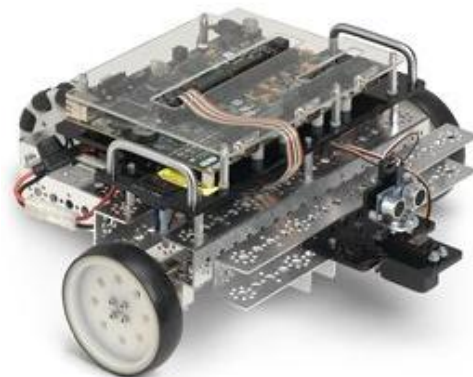


Figura 2. 15: Foto de robot vista superior

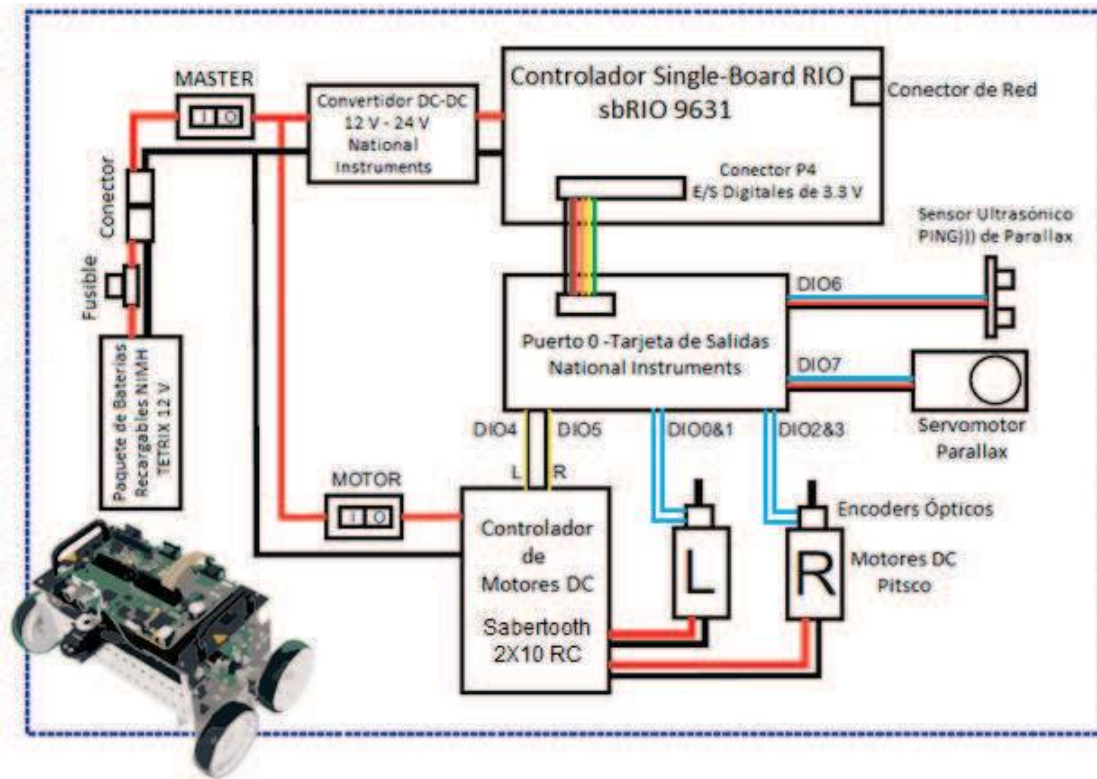


Figura 2. 16: Diagrama de Bloques del Robot Móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit

En el diagrama de bloques de la Figura 2.16 se puede observar la distribución e interconexión de todos los elementos que componen al robot. La fuente de alimentación (baterías) del robot se monta en la carroza bajando el centro de gravedad. La batería permanece cargada alrededor de 1 hora cuando los motores se encuentran trabajando (MASTER=ON y MOTORS=ON) y 2 o 4 horas cuando no están energizados (MASTER=ON y MOTORS=OFF). Se tarda unas 2 horas para recargar completamente la batería.

El sistema cuenta con un fusible para la protección contra sobre corriente, así como los cables para la distribución de la energía (rojo-VDD y negro-

GND). La conexión de alimentación en la batería se la realiza mediante un conector que se enchufa a un cable conectado al resto del sistema ver Figura 2.17, este se debe desconectar para enchufar el cargador.

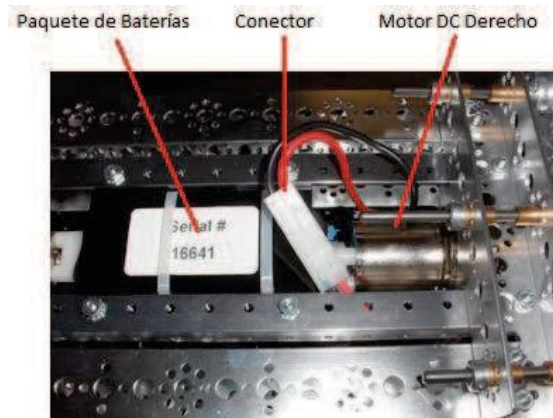


Figura 2. 17: Vista inferior del robot móvil. Ubicación del paquete de baterías, el conector y el motor derecho del robot.

El controlador de los motores DC es alimentado directamente con el voltaje de 12 V DC proveniente del paquete de baterías y permite enviar las señales necesarias para poner en funcionamiento los dos motores ubicados en el lado derecho (nombrado como R) e izquierdo (nombrado como L) del robot.

Los motores y las ruedas proporcionan una forma rápida y precisa para este sistema móvil y permiten al robot subir por una rampa bastante empinada a toda velocidad. Además, se cuentan con dos encoders acoplados a cada uno de los motores DC y son los encargados de proporcionar los datos necesarios para determinar la velocidad angular de los motores en el caso de que la aplicación desarrollada lo requiera.

Como se observa en la Figura 2.18, el robot posee una configuración de engranajes que permite transformar a los pequeños motores DC rápidos,

pero poco potentes, en motores más lentos pero con un mejor par, permitiendo así motorizar las ruedas y otros mecanismos.

La relación de reducción está ajustada desde el motor hasta el eje final donde actúa la fuerza. La distancia entre los ejes es pequeña, así que el prototipo solo puede escalar pequeños obstáculos, pero el robot puede manejar fácilmente las superficies planas incluyendo la hierba y la grava, como se puede observar en la Figura 2.18.

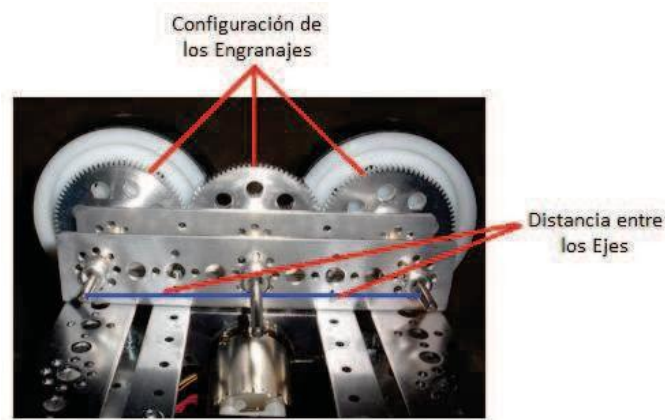


Figura 2. 18: Configuración de los engranajes y distancia entre los ejes

La tarjeta sbRIO 9632 tiene un rango de entrada de suministro de energía de 19 a 30 V DC, por lo cual es necesario tener un convertidor DC-DC que en el caso del robot es de 12 V a 24 V, es decir, que la tarjeta sbRIO está siendo alimentada con un voltaje de 24 V DC necesario y suficiente para ponerla en funcionamiento.

El robot móvil también cuenta con un sensor ultrasónico (PING))) y un servomotor de Parallax conectados a la tarjeta sbRIO 9632. El sensor

ultrasónico PING))) es un sensor de distancia simple que se monta sobre el servomotor Parallax y que en conjunto se los emplea para realizar una aplicación básica de evasión de obstáculos²¹.

De esta forma, resulta relativamente sencillo escalar el diseño del robot con base a algunos parámetros de diseño, para nuestro caso se consideró como medida de referencia la longitud del cuerpo del robot. Para consideración de las características del autómeta dirigirse al **ANEXO A**

2.3 SELECCIÓN DEL MATERIAL

El diseño del autómeta implica muchas fases, siendo una de las más importantes la selección de materiales, y en específico la selección de materiales óptimos para encontrar un alto rendimiento en el conjunto de partes que componen el robot.

El proceso de diseño es iterativo e incremental; para cada componente se tiene en cuenta: su función, material, forma (geometría y dimensiones) e interacciones.

Para el diseño y funcionamiento total del autómeta existen diferentes tipos de elementos que este requerirá como son de forma General:

- Sensores Infrarrojos y Ultrasónico
- Tarjeta FPGA
- Entradas Analógicas y Digitales.
- Puntos de Acceso Wifi

²¹ (Parallax, PING, 2009)

- Cámara
- Software LabView National Instrument

A continuación detallamos los materiales usados en el diseño y construcción del robot móvil de vigilancia.

- Wireless N150 Home Ruteador
- Localizador Quectel GL 100
- IP/Network Camera SP-FJ01W
- Joystick
- Baterías recargables Enercell (1.2 V)
- Cargador de Baterías Enercell

La explicación de la función de cada material será explicado más adelante en este mismo capítulo así como sus características.

2.3.1 Wireless N150 Home Ruteador

El Ruteador usa la tecnología Wireless 150, que ofrece mayor velocidad y rango que los estándares 802.11g/b. Su característica NAT permite a múltiples usuarios conectarse a Internet compartiendo una sola dirección IP, también incluye un switch Ethernet integrado de 4 puertos 10/100 BASE-TX que le da la flexibilidad para conectar computadores por cable a la red, como se puede observar en la Figura 2.19. Para analizar las características del Ruteador dirigirse al **ANEXO B**.



Figura 2. 19: Wireless N150 Home Ruteador DIR-600

2.3.2 Localizador Quectel GL 100

Geo-Locator es un nuevo concepto de localización que permite el seguimiento en tiempo real de la ubicación de personas o bienes que portan el localizador GPS. Este sistema ofrece una solución integrada con la plataforma de localización, cartografía digital actualizada y la posibilidad de realizar el monitoreo en cualquier momento y desde cualquier lugar a través del sitio web o desde un teléfono móvil.²²

El producto consta de los siguientes elementos:

- Hardware: Equipo localizador Quectel GL100
- Portal Web: www.localizador.claro.com.ec

²² (Global, 2011)

a. Usuario Titular o CLIENTE: El titular de la cuenta es la persona que legalmente ha contratado el servicio Geo-Locator y es el único usuario autorizado a administrar los localizadores registrados en su cuenta.

b. Usuario Portador: es el nombre que se le da al usuario que lleva consigo el localizador y que podrá ser monitoreado.

c. Usuario Receptor: El usuario Titular podrá agregar otros Usuarios Receptores para que puedan monitorear y recibir alertas de uno o varios localizadores. Una vez que el nuevo usuario acepte e ingrese a su nueva cuenta de Geo-Locator se convertirá en un Usuario Receptor.

d. HARDWARE del Equipo: El equipo GL100 es un localizador GPS con alta sensibilidad de recepción, tamaño reducido y peso ligero. La transmisión de localización hacia el servidor la hace periódicamente y la realiza en tiempo real a través de la red GPRS del operador. En ausencia de señal, la localización es almacenada en el localizador y transmitida en el momento en que exista cobertura GPRS, como se puede observar en la Figura 2.20.



Figura 2. 20: Localizador Quectel GL-100

El Servicio Localizador Claro es un sistema de ubicación multifuncional que permite monitorear a las personas que lo tengan. Con este servicio de

localización se puede monitorear en tiempo real la ubicación del dispositivo en un mapa digital, dar seguimiento a la ruta recorrida, crear geo-cercas y reglas de localización en mapas digitales, recibir alertas por medio de SMS o Email y acceder a un historial de los movimientos de los localizadores configurados, como se puede observar en la Figura 2.21 y 2.22.

Las características de este dispositivo son las siguientes:

- Alta precisión en localización, GPS de última generación con 20 canales
- Portable y liviano (60 g)
- Duración máxima de batería hasta 30 hrs.
- Duración de la batería en Stand By: hasta 70 hrs.
- Resistente al agua (Estándar IPX6 – No es sumergible).
- Transmisión de Localización a través de la red GPRS de Claro.
- Botón SOS.

El Servicio Localizador permite:

- Guarda la ubicación de los localizadores durante 90 días.
- Realizar consulta en el rango de tiempo de 24 horas.
- Capacidad para almacenar hasta 500 posiciones.
- Actualizar la posición de su localizador cada minuto cuando éste se encuentra en movimiento.
- La ubicación entregada por el GPS identifica el nombre o nomenclatura de la calle y la intersección más cercana

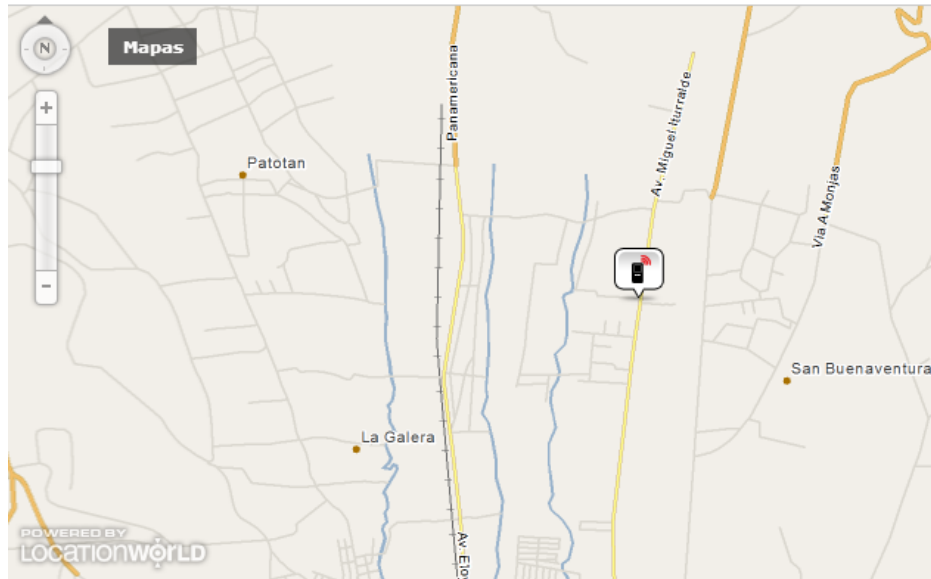


Figura 2. 21: Mapa con la ubicación del Localizador

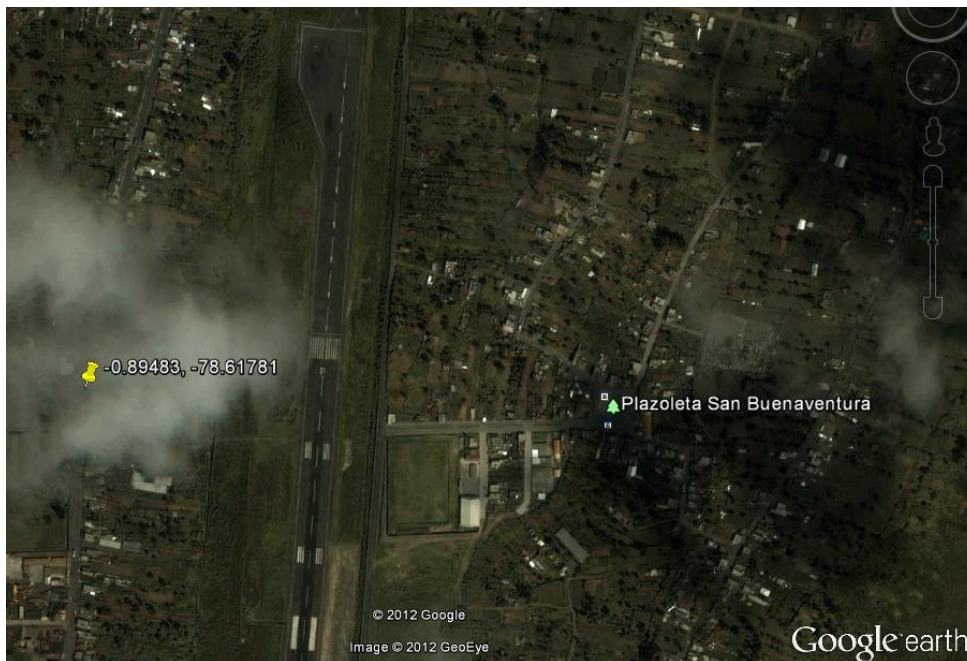


Figura 2. 22: Mapa con la ubicación del Localizador tomada desde Google Earth

2.3.3 IP/Network Camera SP-FJ01W

Cámara Ip robótica inalámbrica con Wifi y visión nocturna, con audio y video cámara ip y motorizada, transmite video y audio, permite vigilar, monitorear, espiar, desde cualquier computadora, cuenta con un CPU integrado, y con conexión a internet por cable Ethernet, o por Wifi. Esto quiere decir que la cámara es totalmente autónoma, no requiere de conexión a una computadora para usarse, solo conectarla a internet, y configurarla.

Tiene un acceso al video en tiempo real con tan solo ingresar a una dirección de internet desde cualquier lugar en el mundo, también graba el video en la computadora para después analizarlo, tiene micrófono integrado, es decir que se puede escuchar lo que la cámara graba, y además se puede hablar para que se escuchen en donde está instalada la cámara

Tiene 11 potentes leds infrarrojos que permiten su uso en total oscuridad (visión nocturna), audio de dos vías tiene sensor de movimiento, cuando el equipo detecta movimiento, envía un correo electrónico notificando de la actividad.²³

Tiene control de movimiento remoto, puede ser girada 360°, y moverla hacia arriba y hacia abajo 180°. Además de que tiene función de patrullaje automático, también se puede encender y apagar la cámara remotamente. Puede ser usada con hasta 9 cámaras a la vez con el mismo programa de administración. Además se pueden asignar hasta 8 usuarios con contraseña y distintos permisos de acceso al sensor de movimiento, como se puede observar en la Figura 2.23.

²³ (Ana, M.Francisco, Alpha, & Fernando, 2006)



Figura 2. 23: Cámara inalámbrica SP-FJ01W

La cámara tiene base de instalación, y ajuste de ángulo, para fijarla al techo, la pared, o cualquier superficie. Su instalación y configuración toma solo 5 minutos, como se puede observar en la Figura 2.24, 2.25 y 2.26



Figura 2. 24: 11 Leds infrarrojos



Figura 2. 25: Conexión de la cámara al Ruteador y visualización por Internet desde un CPU



Figura 2. 26: Panel frontal del software de visualización

2.3.4 Joystick

Una palanca de mando o joystick (del inglés *joy*, alegría, y *stick*, palo) es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se usa desde una computadora o videoconsola hasta un transbordador espacial o los aviones de caza, pasando por grúas.

Los joystick para PC se conectan a la computadora a través del puerto USB 2.0, mandando señales digitales a través de este puerto, que han de ser interpretadas por su correspondiente controlador, por lo tanto se ha eliminado la limitación de palancas y botones, como se puede observar en la Figura 2.27.



Figura 2. 27: Joystick con puerto USB

2.4 ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE ULTRASONIDO

2.4.1 Sensor Ultrasónico PING.

El sensor ultrasónico de distancia PING figura 2.28 permite efectuar la medición de distancia de objetos colocados entre 3 cm y 3 m, es fácil de conectar y requiere únicamente para su operación un terminal de entrada /salida del microcontrolador.²⁴



Figura 2. 28: Sensor Ping Parallax

Este sensor es una buena elección para aplicaciones donde se requiera efectuar la medición de distancia entre objetos fijos o móviles. También puede ser usado en robótica, sistemas de seguridad o como reemplazo de sistemas basados en infrarrojo.

2.4.2 Características técnicas Del sensor Ping Parallax

A continuación en la Tabla B 2 del ANEXO B se muestran las características del sensor ultrasónico medidor de distancia PIN.

²⁴ (Parallax, PING, 2009)

2.4.3 Distribución de Pines Del Sensor PING Parallax

El sensor ultrasónico PING tiene tres terminales como se muestra en la Figura 2.29 el pin GND es la referencia o tierra, el pin 5V es la alimentación del sensor y el pin SIG es el terminal E/S, el cual se usa para producir el pulso de activación y recibir la medición generada, este pin se conecta directamente al terminal E/S del microcontrolador.

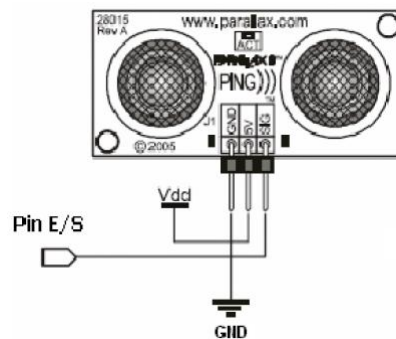


Figura 2. 29: Terminales de Conexión

2.5 INTERCONEXIÓN DE SISTEMA DE SENSORES Y CÁMARA A LA PC EMBEBIDA.

El módulo de robótica de LabVIEW se inserta en el entorno de desarrollo de LabVIEW y ofrece una biblioteca robótica amplia incluyendo las siguientes:

- Conectividad con sensores robóticos
- Algoritmos fundacionales para operación inteligente y sólida percepción
- Simulador de entorno integrado basado en física
- Funciones de movimiento para hacer su robot o vehículo mover

- Cinemática directa e inversa
- Bibliotecas para protocolos incluyendo I2C, SPI, PWM y JAUS.

El módulo de robótica de LabVIEW proporciona herramientas para el desarrollo de una variedad de robots, de robots sencillos y educativos a sofisticados sistemas autónomos, como se puede observar en la Figura 2.30

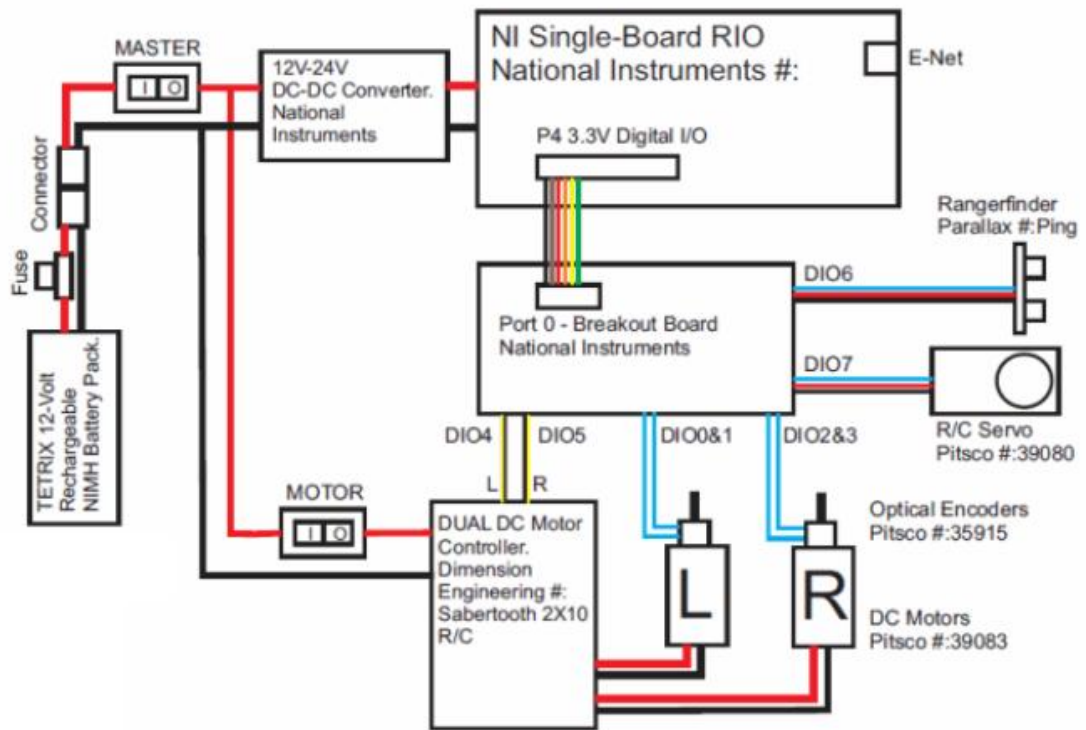


Figura 2. 30: Diagrama de Bloques del Autómata Móvil

Para la interconexión de los elementos como son GPS, Cámara inalámbrica y Ruteador nos basamos en el siguiente esquema, como se puede observar en la Figura 2.31.

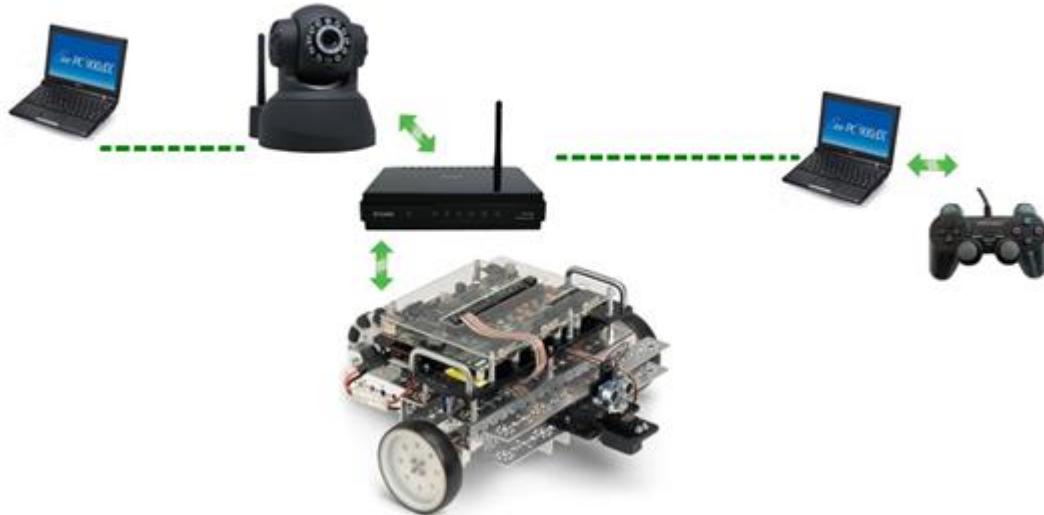


Figura 2. 31: Esquema de conexión de los elementos a la plataforma Robótica

2.5.1 LOCALIZACIÓN MEDIANTE EL GPS

La localización del autómatas mediante el GPS se realiza por un dispositivo contratado por una de las empresas telefónicas del país. Dicho dispositivo es un sistema de ubicación multifuncional que te permite ubicar y monitorear a quien tenga el localizador..

a. Funcionalidades

Se eligió este dispositivo por que permite:

- Dar seguimiento a la ruta recorrida por un dispositivo.
- Crear geo-cercas o zonas geográficas en los mapas digitales
- Podrá configurar recibir alertas por medio de SMS o Email de las entras/salidas de estas geo-cercas.
- Podrá acceder a reportes de los recorridos de los localizadores.

2.6 IMPLEMENTACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA INALÁMBRICO.

Para el desarrollo de la investigación se identificó los sistemas de telecomunicaciones empleados para la comunicación inalámbrica. La propuesta está enfocada a satisfacer la necesidad al momento de comunicarse el Ruteador inalámbrico con la CPU, mediante la implementación de un sistema inalámbrico, con el fin de lograr una comunicación más efectiva entre el robot y el operador.

Para el desarrollo del proyecto se sigue una metodología bien estructurada la cual denota todas las actividades que hacen posible la realización de la propuesta de investigación. Puntos como la recopilación de la información, diseño de la etapa de control y, diseño de la etapa de comunicaciones, la simulación del sistema completo y la implementación del prototipo para verificar su funcionamiento, permiten al verificar la efectividad del sistema de comunicaciones propuesto para suplir la necesidad planteada en esta investigación. Refiérase al ANEXO C sobre las propiedades del estándar IEEE 802.11

2.6.1 Arquitectura de red

En las redes LAN Inalámbricas se distingue entre dos tipos de red:

- Local Área Network (Red de Área Local)
- Modo de infraestructura: Conexión de estaciones a través de un Access point común
- Red ad hoc: Conexión directa entre las estaciones.

Para nuestro caso usaremos el Modo de infraestructura ya que es a un Ruteador común que se conectan los elementos usados en el proyecto.

2.6.2 Modo de Comunicación del Autómata-PC

En el modo de infraestructura como se observa en la figura 2.32, la comunicación tiene lugar a través de un Ruteador, pues los elementos deben darse de alta con él y transmitir en el canal que éste les indique.

La red inalámbrica tiene un nombre único. Todos los dispositivos de intercambio de datos dentro de esta red se deben configurar con este nombre.

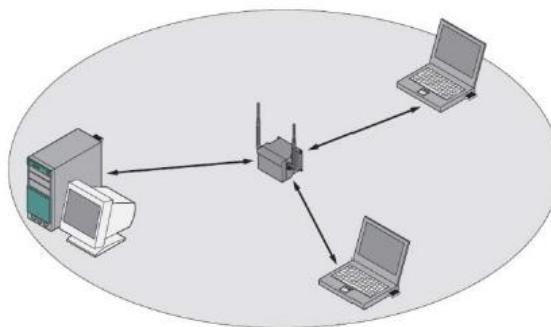


Figura 2. 32: Configuración autónoma del Ruteador

2.6.3 Descripción del Sistema

En la aplicación del sistema inalámbrico desarrollada en este proyecto intervienen cuatro elementos de hardware que son:

- Wireless N150 Home Ruteador (DIR-600)
- SbRio-9632

- IP/Network Camera SP-FJ01W
- Computador

Dos de ellos están interconectados mediante la interfaz Ethernet, la tarjeta SbRio-9632 y el Ruteador DIR-600. Además un PC con conexión inalámbrica se podrá conectar con esta red a través del Ruteador y por su parte la Cámara inalámbrica.

La implementación de las comunicaciones desarrolladas en el proyecto se divide en dos fases:

- Comunicación Ruteador – Controlador SbRio-9632.
- Comunicación Inalámbrica PC – Ruteador.

2.7 SOFTWARE.

2.7.1 Descripción del Software LabVIEW.

Se selecciono LabVIEW porque: es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual. Por este motivo los programas creados en LabVIEW se guardarán en ficheros llamados VI y con la misma extensión.²⁵

a. Panel Frontal: Se trata de la interfaz gráfica del VI y de interés visual para el usuario una vez que se ejecute el VI. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa.

²⁵ (César, 2004)

b. Diagrama de Bloques: Es donde se realiza la programación y suele tener fondo blanco. En él se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

La robótica es hoy en día una herramienta fundamental para el desenvolvimiento y desarrollo del ser humano. Cada vez es necesario acudir a la tecnología de asistencia donde los robots permiten rapidez, confiabilidad y precisión. Para fomentar dicho trabajo se comienza creando una plataforma de desarrollo que permita crear una base de aplicación y es en donde los robots experimentales entran en juego. En este trabajo se diseña un robot de vigilancia manejado por dos modos manual y automático debidamente programado el cual bajo la actuación de varios sensores permite su desenvolvimiento en un área específica.

Así mismo su diseño modular permita futuras expansiones. Como objetivo se logró diseñar un sistema de comunicación inalámbrico con la PC mediante un Ruteador y la placa embebida SBRIO-9632 mediante su microprocesador controla sensores y motores, lo cual todo descansa sobre un chasis con un sistema de, servo-motores y alimentación independiente; el sistema está programado mediante el entorno de desarrollo gráfico Labview.

LabVIEW Robotics Starter Kit es una plataforma de robot móvil que cuenta con sensores, motores y el hardware NI Single-Board RIO para el control integrado.

El LabVIEW Robotics Starter Kit fue programado para la ejecución de un histograma de campo vectorial (VFH) al cual llamamos algoritmo de evitación de obstáculos basados en la retroalimentación de los sensores ultrasónicos incluidos. Con el Módulo LabVIEW Robotics, se pudo fácilmente cambiar el comportamiento del robot mediante el desarrollo de sus propios algoritmos desde cero y mediante el uso de algoritmos integrados en el software LabVIEW Robotics, tales como la planificación de vigilancia y monitoreo en tiempo real.²⁶

3.2 ARQUITECTURA DEL SOFTWARE DEL ROBOT

“LabVIEW es un entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentaciones de datos. LabVIEW es un potente ambiente de programación, mucho más sencillo y flexible que los entornos tradicionales”

La tarjeta de control sbRIO-9632 incorporada en el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit posee una arquitectura RIO, compuesta de un procesador de tiempo real, un arreglo de compuertas programables en campo (FPGA), y módulos de conexión de E/S; razón por la cual National Instruments incorpora o combina al ambiente de desarrollo de LabVIEW los módulos LabVIEW Real Time y LabVIEW FPGA, los cuales permiten manejar

²⁶ (Conrad, 2011)

y programar al robot móvil. Cuando se realiza un programa (específicamente un proyecto) sobre el robot móvil, se realizan dos tipos de VIs:

- Un VI que se lo realiza empleando funciones del módulo LabVIEW FPGA y que se lo ejecuta sobre el dispositivo FPGA, en este capítulo se hará referencia a él con el nombre de VI FPGA.
- Y otro VI que se lo desarrolla a partir del VI FPGA previamente compilado y empleando funciones del módulo LabVIEW Real Time, pero a diferencia del anterior éste se ejecuta sobre el procesador de tiempo real. A este VI nos referiremos con el nombre de VI Real Time.

Adicionalmente se puede crear un VI que se ejecute sobre el o los computadores conectados en red con el robot móvil, el cual permite manejar y/o visualizar ciertos parámetros del robot. A este VI nos referiremos con el nombre de VI Computer.

National Instruments ha incorporado un nuevo módulo conocido como LabVIEW Robotics, que en combinación con los módulos LabVIEW Real Time y LabVIEW FPGA permiten al usuario realizar programas para aplicaciones robóticas en un menor tiempo y de una manera más sencilla. Este módulo permite al usuario programar desde un simple comportamiento para el robot móvil, hasta realizar una programación más compleja con múltiples subsistemas de ejecución en paralelo.²⁷

El módulo LabVIEW Robotics combinado con el ambiente de desarrollo de LabVIEW hace posible dar vida al robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 2.0.

²⁷ (José L, 2007)

3.2.1 Creación de un Proyecto

Para crear proyectos en LabVIEW se pueden seguir cuatro caminos, tres de ellos a partir de la ventana de inicialización *Getting Started* de LabVIEW 2011 y el otro haciendo uso de la ventana de inicialización *Getting Started* de LabVIEW Robotics 2011, asumiendo que ya se ha instalado el Módulo LabVIEW Robotics 2011.²⁸

a. Usando la Ventana Getting Started de LabVIEW.- Desde la ventana *Getting Started* como se observa en la Figura 3.1 que aparece cuando se hace arrancar LabVIEW, se puede crear proyectos a partir de las opciones Blank VI, Empty Project, FPGA Project, Real Time Project

²⁸ (Instruments N. , Getting Started with the Labview Robotics Modulee, 2009)

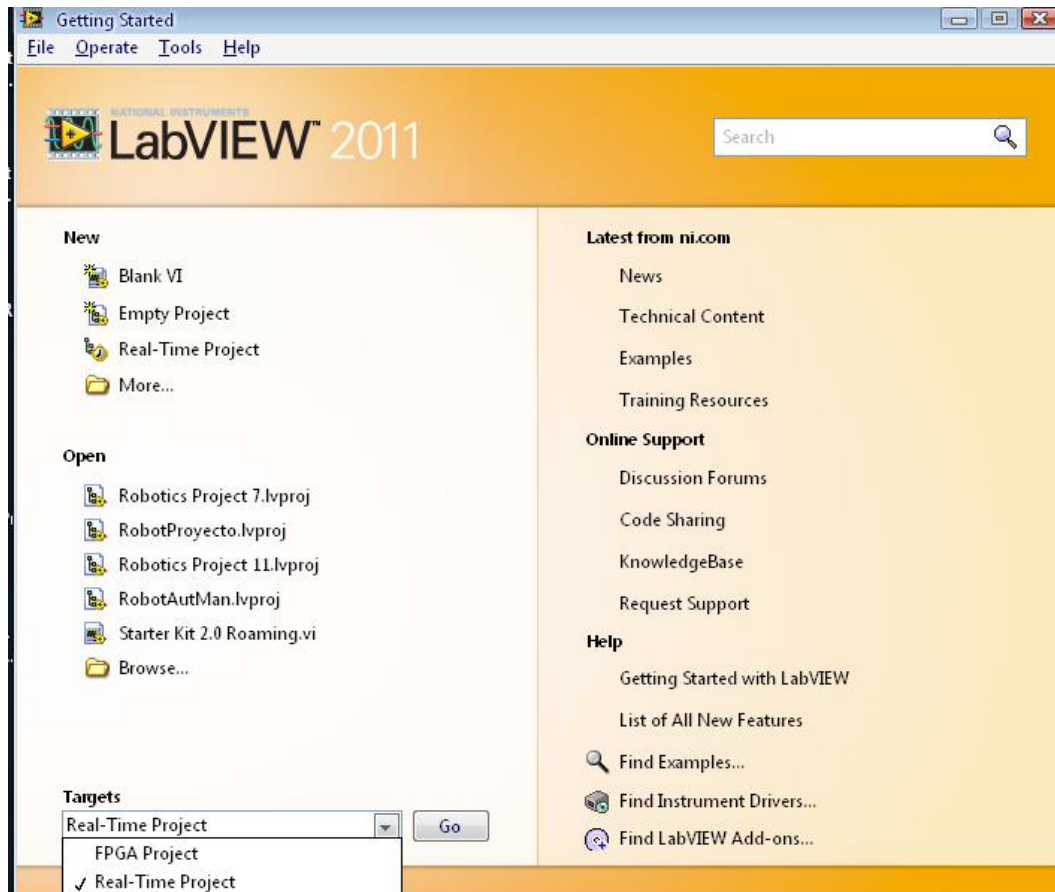


Figura 3. 1: Ventana Getting Started de LabVIEW. Opciones para crear un proyecto

El primer camino para la creación de un proyecto es dar clic sobre la opción *Empty Project* o ir a *File > New Project*, con lo cual se abre una ventana que despliega los componentes del proyecto Figura 3.2. Cuando se crea un proyecto a partir de esta opción, éste se presenta completamente vacío puesto que no cuenta con ningún archivo en su estructura y el usuario es quien tiene que añadir todos los archivos requeridos por el proyecto.

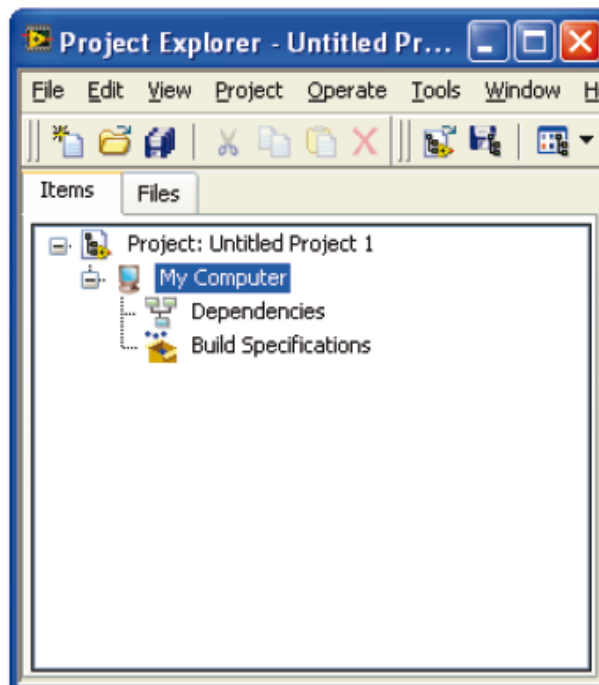


Figura 3. 2: Creación de un proyecto a partir de Empty Project

El segundo camino es dando clic en *New > Real-Time Project* o en *Targets > Real-Time Project* con lo cual se despliega una ventana de configuración como la mostrada en la Figura 81. Esta opción se la emplea cuando se trabaja sobre sistemas remotos de tiempo real conectados al computador como por ejemplo un controlador CompacRIO o un sbRIO. En la venta mostrada en la Figura 3.3, se configura el tipo de proyecto a crear entre ellos:

- *Continuous communication architecture*
- *State machine architecture*
- *Custom Project.*

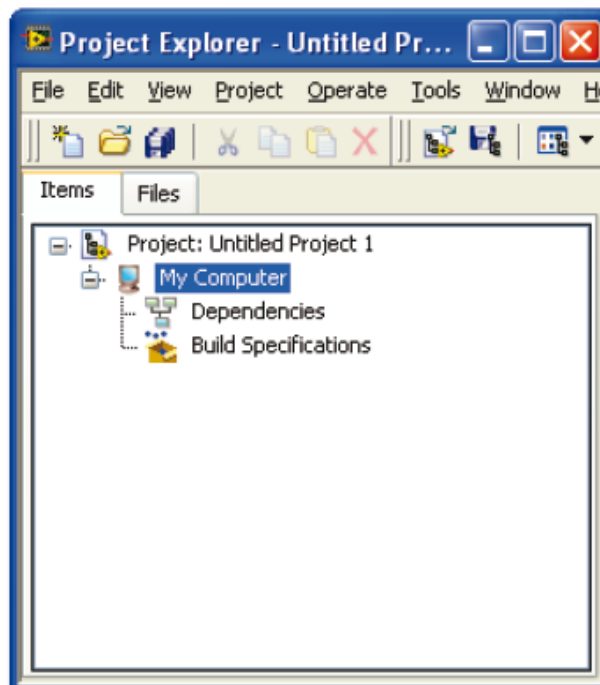


Figura 3. 3: Creación de un proyecto segundo paso

Los dos primeros permiten hacer configuraciones que al final añaden al proyecto varios archivos de ejemplos los cuales el usuario puede modificarlos según sus requerimientos, la opción *Custom Project* permite al usuario personalizar completamente el proyecto. La ventana de la Figura 3.4, también permite colocar un nombre al proyecto y buscar la ruta donde se desea guardarlo.²⁹

²⁹ (Instruments N. , NI, 2011)

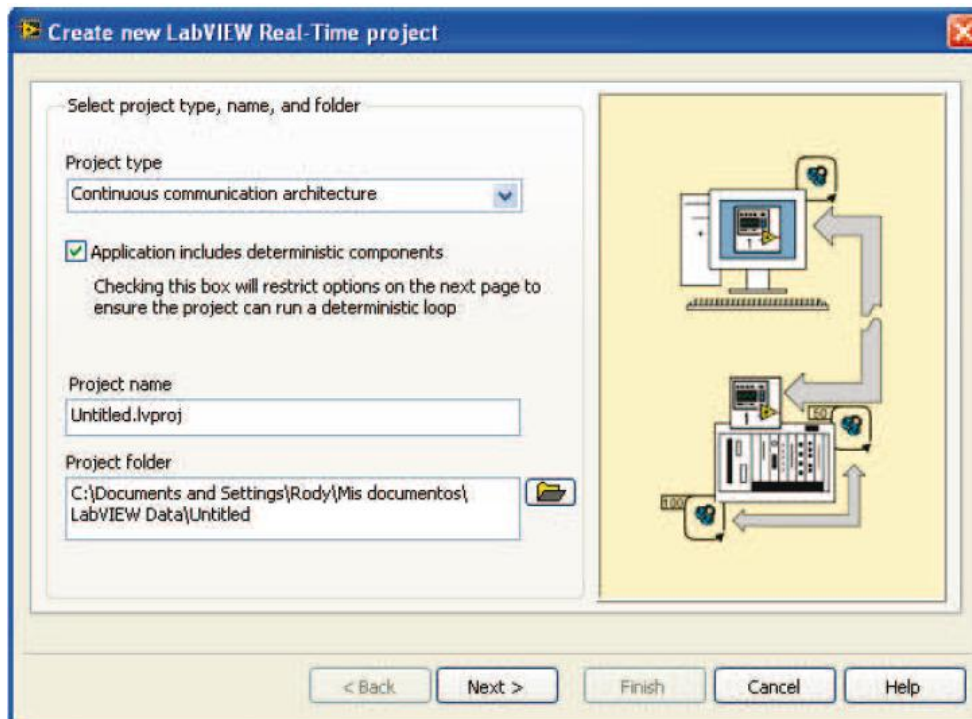


Figura 3. 4: Creación de un proyecto a partir de Real-Time Project

Una vez hechas las configuraciones en la ventana anterior se da clic en *Next*, con lo cual aparece la ventana mostrada en la Figura 3.5, en ella se existen dos opciones para añadir VIs que interactuarán con el sistema remoto de tiempo real; la primera es para añadir un VI totalmente en blanco el cual se puede personalizar completamente y la otra opción es para añadir VIs existentes en el computador e importarlos al dispositivo de tiempo real.

Una vez realizados los pasos en esta ventana se da clic en *Next* y se abre la ventana mostrada en la Figura 3.6, en ella se debe elegir el sistema remoto de tiempo real mediante el botón *Browse...*, (por ejemplo *PXI*, *Compact FielPoint*, *Field Point*, *CompactRIO*, *Single- Board RIO*, Sistema Compacto de Visión). La elección del dispositivo de tiempo real se la puede realizar indicando si se va a buscar algún dispositivo conectado al computador (o

siendo parte de una red) o simplemente desde una lista desplegable elegir alguno y cuyos controladores han sido instalados en LabVIEW.

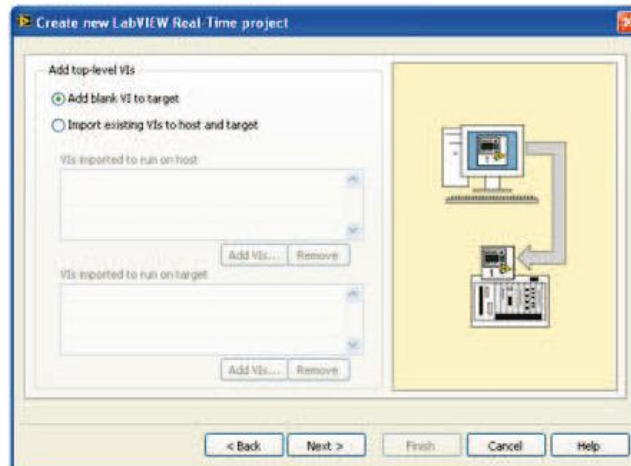


Figura 3. 5: Ventana para añadir un VI nuevo o existente.

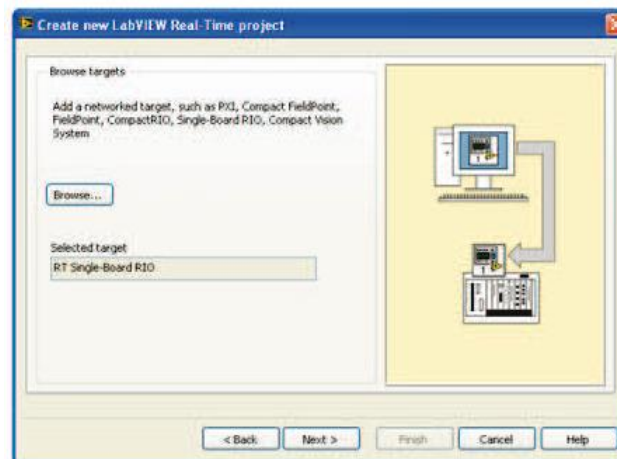


Figura 3. 6: Ventana para seleccionar sistema remoto en tiempo real.

En la siguiente ventana de la Figura 3.7 se muestra el aspecto final que tendrá el proyecto, luego se da clic en el botón *Finish* y el proyecto se crea como se muestra en la Figura 3.8. El proyecto cuenta con dos tipos de hardware conectados en red (una vez establecida dicha conexión), uno etiquetado como *My Computer* que corresponde a un computador y otro

etiquetado como *RT Single Board RIO* (que por simplicidad lo llamaremos sbRIO) que hace referencia a un dispositivo reconfigurable y que posee su propio sistema operativo de tiempo real. En el sbRIO se ha creado un VI denominado *Untitled* el cual está completamente vacío.³⁰

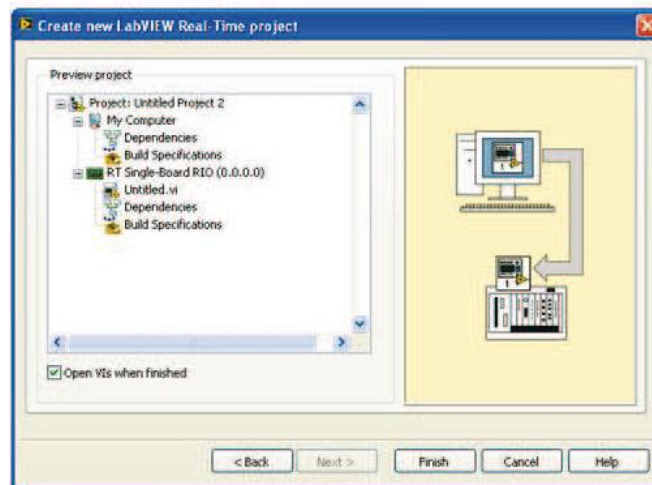


Figura 3. 7: Ventana de configuración del Proyecto.

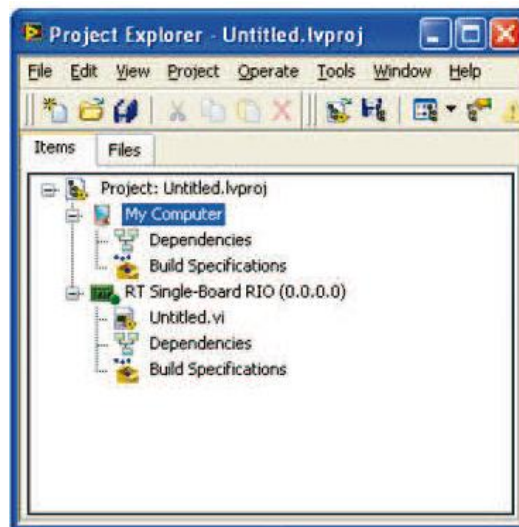


Figura 3. 8: Ventana que muestra la creación del Proyecto Final.

³⁰ (Instruments N. , Using the Labview Project for Robotics Applications, 2009)

El tercer camino para crear un proyecto es haciendo clic en *Targets > FPGA Project* y dando clic en el botón *Go*, con lo cual se despliega una ventana de configuración como la mostrada en la Figura 3.9.

Esta opción se la emplea cuando se trabaja sobre dispositivos que contienen chips FPGAs y están conectados al computador.

Como ya se ha venido mencionando los dispositivos que comparten una arquitectura RIO (por ejemplo un controlador CompacRIO o un sbRIO) poseen un procesador de tiempo real, un arreglo de compuertas programables en campo (FPGA), y módulos de conexión de E/S, por dicha razón cualquiera de los dos últimos caminos señalados para crear proyectos pueden manejar estos tipos de dispositivos conjuntamente, es decir, que el proyecto definido contendrá archivos tanto para manejar la parte de tiempo real como al elemento FPGA.

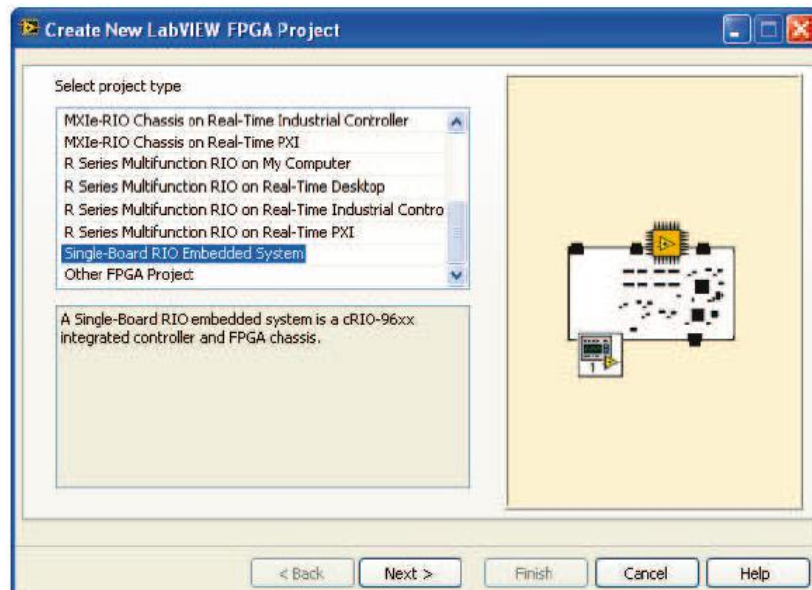


Figura 3. 9: Creación de un proyecto a partir de FPGA Project.

En la Figura 3.10, se configura el tipo de proyecto a crear, indicando sobre qué sistema remoto se va a trabajar (CompactRIO, FlexRIO, Single-Board RIO, entre otros), una vez elegido el tipo de proyecto se da clic en el botón *Next* y aparece la ventana mostrada en la Figura 3.11, en la cual se tiene dos opciones para elegir al dispositivo *Discover existing system* y *Create new system*, la primera permite elegir un dispositivo conectado al computador (o siendo parte de una red) y la segunda permite elegir algún dispositivo soportado (aunque no esté conectado) y cuyos controladores han sido instalados en LabVIEW.

En este caso se va a elegir la segunda opción, luego se da clic en *Next* y se muestra la ventana de la Figura 3.11, 3.12 y 3.13.

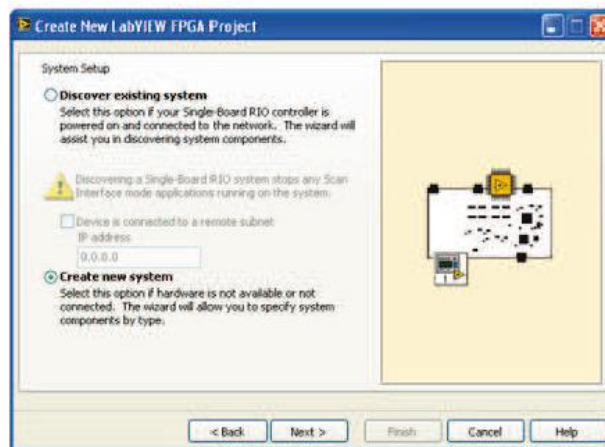


Figura 3. 10: Ventana de configuración para los chips FPGA.

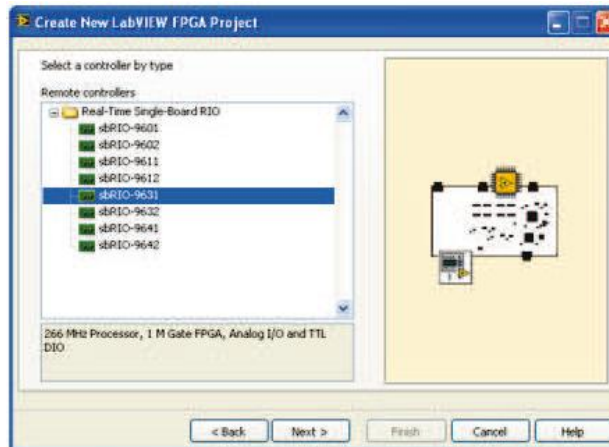


Figura 3. 11: Ventana de configuración para los chips FPGA.

En la ventana de la Figura 3.12, se ha elegido un controlador sbRIO de la serie 9632, luego se da clic en *Next* y aparece la ventana mostrada en la Figura 3.13, la cual permite añadir módulos de la serie C al proyecto que son compatibles con el dispositivo sbRIO-9632, si no se desea añadir ningún módulo simplemente este paso se obvia y se da clic en el botón *Next*, con lo que se despliega la ventana de la Figura 3.14 en donde se muestra la apariencia final del proyecto.³¹

Por último se da clic en el botón *Finish* y se crea el proyecto según se muestra en la Figura 3.15.

³¹ (NI, 2008)

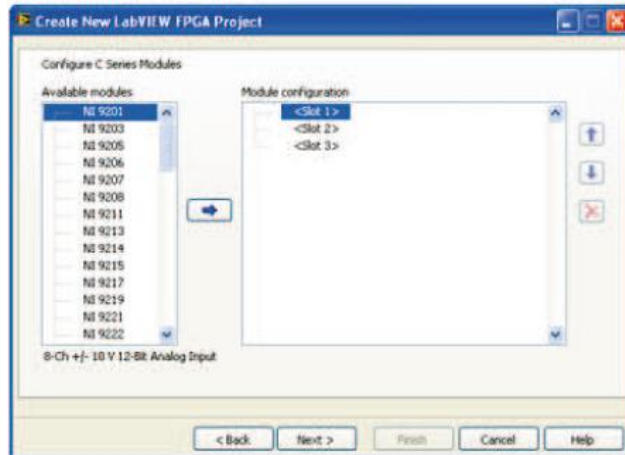


Figura 3. 12: Diferentes ventanas de configuración. Tercera ventana

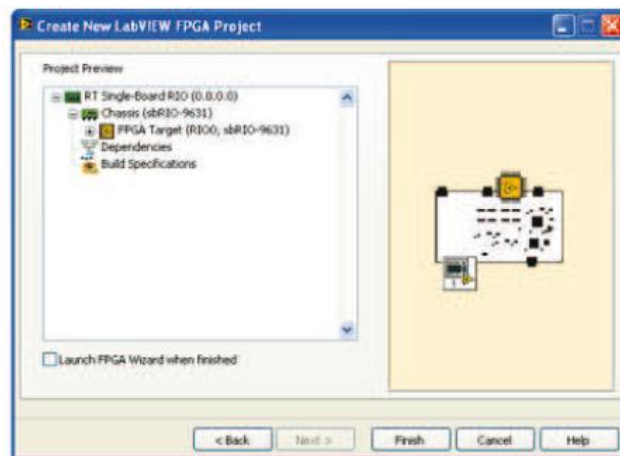


Figura 3. 13: Diferentes ventanas de configuración. Cuarta ventana.

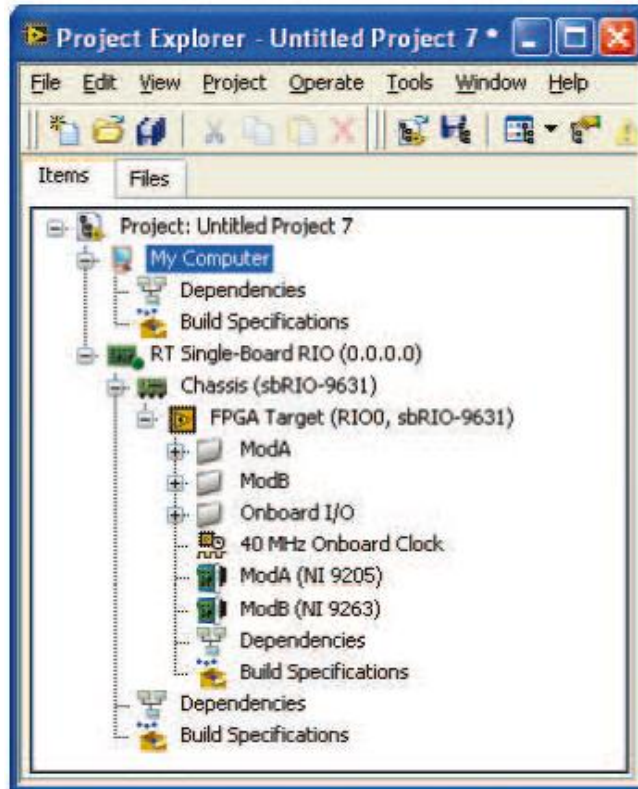


Figura 3. 14: Apariencia final de un proyecto creado con FPGA Project.

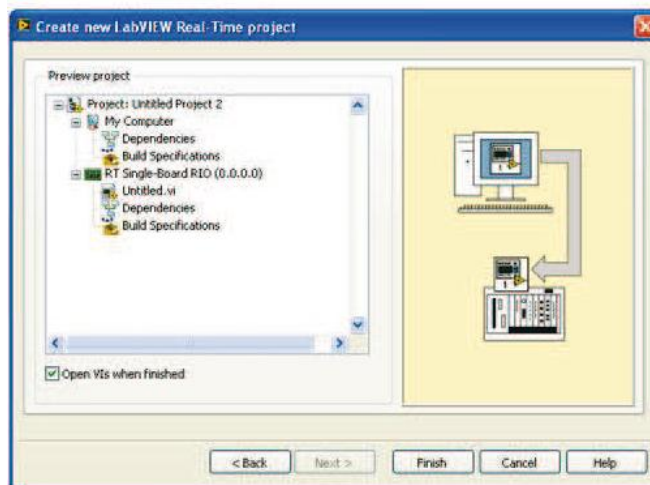


Figura 3. 15: Ventana de Finalización del Proyecto.

b. Usando la Ventana Getting Started de LabVIEW Robotics

En la opción *Getting Started de LabVIEW* tiene una apariencia como la mostrada en la Figura 3.16, esta ventana es accesible desde Windows una vez que se haya instalado el Módulo LabVIEW Robotic 2011.³²



Figura 3. 16: Ventana *Getting Started* de LabVIEW Robotics.

Esta ventana es dedicada para realizar aplicaciones robóticas sobre el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit o sobre cualquier otro dispositivo con arquitectura RIO. Para crear un nuevo proyecto, seleccione uno de los

³² (Instruments N. , Getting Started with the Labview Robotics Modulee, 2009)

tres íconos de un proyecto desde la ventana *Getting Started*, se puede seleccionar una de las siguientes opciones:

- **Asistente para Proyectos de Robótica.-** El Asistente para Proyectos de Robótica está disponible para los usuarios que son nuevos en el uso de proyectos en LabVIEW. Al seleccionar *Robotics Project*, LabVIEW lanzará un asistente que le guiará a través de la adición de la plataforma empleada, controladores (*drivers*) de sensores y actuadores, y una plantilla de robótica para el proyecto.
- **Proyecto en Blanco.-** El Proyecto en Blanco (*Blank Project*) está disponible para los usuarios que están familiarizados con la creación de proyectos en LabVIEW y la adición de elementos (*ítems*) tales como el hardware, VIs y librerías. Esta opción es idéntica que cuando se usa *Empty Project* en la ventana *Getting Started* de LabVIEW.
- **VI en Blanco.-** Los VIs en blanco son útiles para la escritura de funciones simples que luego se pueden agregar a un proyecto de LabVIEW. Los VIs que se localizan fuera de un Proyecto de LabVIEW no pueden ir dirigidos a hardware o incorporados en un archivo ejecutable.

En este apartado se va a trabajar con el enlace *Robotics Project* que una vez hecho clic sobre el mismo se despliega una ventana como la mostrada en la Figura 3.17.

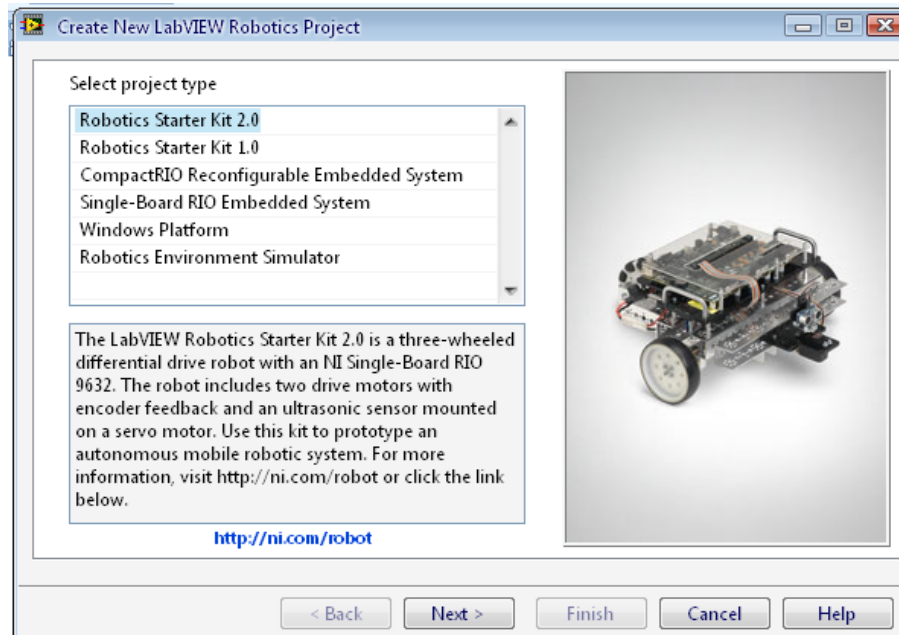


Figura 3. 17: Creación de un proyecto a partir de *Robotics Project*.

En la ventana de la Figura 3.17 se debe seleccionar el tipo de proyecto, es decir, sobre qué plataforma se va a trabajar. Se tiene cuatro opciones:

- **Robotics Starter Kit 2.0:** Permite crear un proyecto específicamente para trabajar sobre el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 2.0. Este proyecto incluye un ejemplo de evasión de obstáculos que puede ser ejecutado sobre el robot.
- **Robotics Starter Kit 1.0:** Permite crear un proyecto específicamente para trabajar sobre el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 1.0. Este proyecto incluye un ejemplo de evasión de obstáculos que puede ser ejecutado sobre el robot.

- **CompactRIO Reconfigurable Embedded System:** Para crear un proyecto que funcione sobre un controlador CompactRIO.
- **Single-Board RIO Embedded System:** Para crear un proyecto que funcione sobre un controlador sbRIO (de cualquier serie). Las tarjetas sbRIO pueden formar parte de una plataforma robótica o formar parte de cualquier otra aplicación. En esta opción se siguen los mismos pasos que cuando se crea un proyecto a partir de *FPGA Project*, con la única diferencia que aparece una ventana extra que permite añadir controladores (*drivers*) de sensores y actuadores soportados por LabVIEW Robotics 2011.
- **Windows Platform:** Permite crear un proyecto sobre el *target My Computer* para diseñar su propio controlador robótico sobre un sistema operativo Windows, es decir, que dentro de este proyecto se puede crear un VI o varios con las funcionalidades del módulo LabVIEW Real Time, LabVIEW FPGA y LabVIEW Robotics, y una vez que se haya ejecutado (sobre Windows)se realizará sobre las entradas una simulación de las tareas y un monitoreo de las salidas de un sistema remoto de tiempo real.

En esta ocasión se va a seleccionar *Robotics Starter Kit 2.0*, puesto que en la realización del Proyecto se utilizará con mucha frecuencia.

Una vez seleccionado el tipo de proyecto se da clic en el botón *Next* con lo cual aparece la ventana de la Figura 3.18, donde se ingresa la dirección IP del robot (previamente configurada sobre el robot móvil).

Una vez ingresada la dirección IP del robot se da clic en el botón *Next* y se despliega la ventana de la Figura 3.18, la cual permite nombrar al proyecto y buscar la carpeta donde se lo guardará.

Finalmente se da clic en el botón *Finish* y el proyecto creado tiene una apariencia como la mostrada en la Figura 3.19.

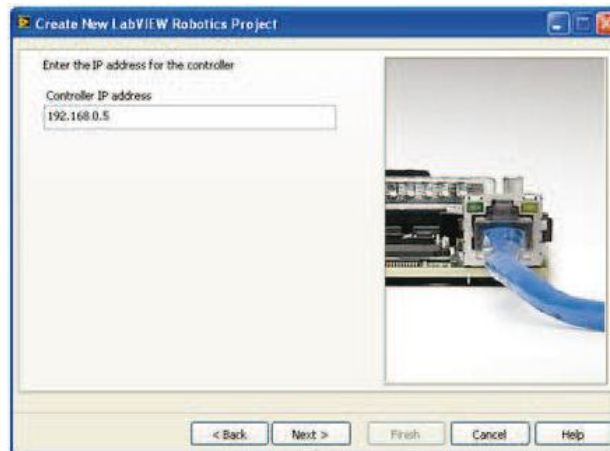


Figura 3. 18: Configuración de dirección IP

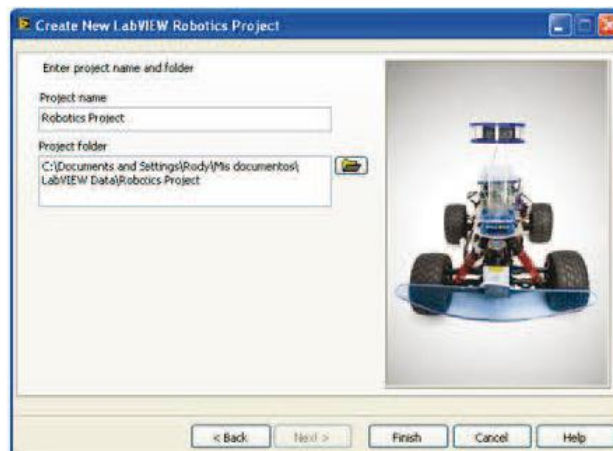


Figura 3. 19: Nombrando y guardando el proyecto.

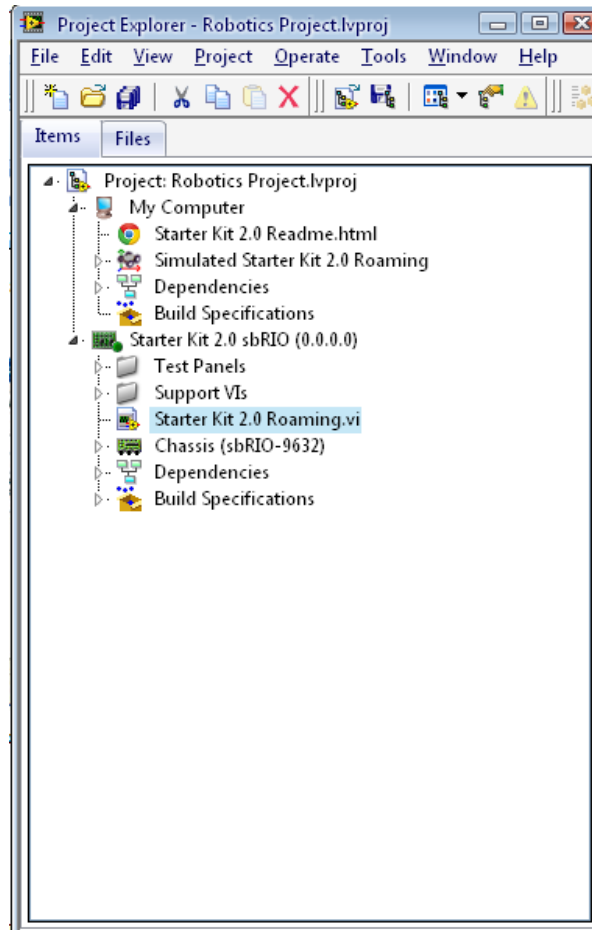


Figura 3. 20: Apariencia final de un proyecto creado con *Robotics Project*.

Como se muestra en la Figura 3.20 el proyecto consta de dos tipos de hardware conectados en red (una vez establecida dicha conexión), uno etiquetado como *My Computer* que corresponde a un computador y otro etiquetado como *Starter Kit 2.0 sbRIO* que hace referencia al robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 2.0.³³

³³ (Conrad, 2011)

3.3 PROGRAMA PRINCIPAL

En los siguientes puntos se explicará todo lo correspondiente a los sistemas LabVIEW FPGA de Tiempo Real aplicados específicamente sobre el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 2.0, además se indicará las funcionalidades de los módulos LabVIEW Real Time, LabVIEW FPGA y LabVIEW Robotics, los cuales intervienen en el programa principal. A continuación se diseñan y se elaboran los diferentes programas que se implementarán sobre el robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit. Luego se describen los pasos necesarios que se deben realizar para elaborar con éxito el programa desarrollado en LabVIEW y que se ejecutará sobre el robot móvil.

3.3.1 Descripción general de la configuración para cargar el programa de evasión de obstáculos

Esta guía de inicio indicará los pasos que debe seguir para poner en marcha al robot móvil LabVIEW Robotics sbRIO Starter Kit 2.0, haciendo uso de la ventana de inicio LabVIEW Robotics 2011. Las instrucciones aquí mencionadas permitirán instalar el software sobre el procesador de tiempo real del controlador sbRIO-9632 (el software puede estar o no instalado sobre el robot), y permitirá verificar el buen funcionamiento del sensor ultrasónico (PIN)) y de los motores incluidos en el robot. Para realizar todo lo antes mencionado hay que seguir los siguientes pasos.

- Se conecta el puerto Ethernet del robot al de la computadora

- Se coloca una ip fija del computador, para eso se va al panel de control y a conexiones de red, como se puede ver en la Figura 3.21.

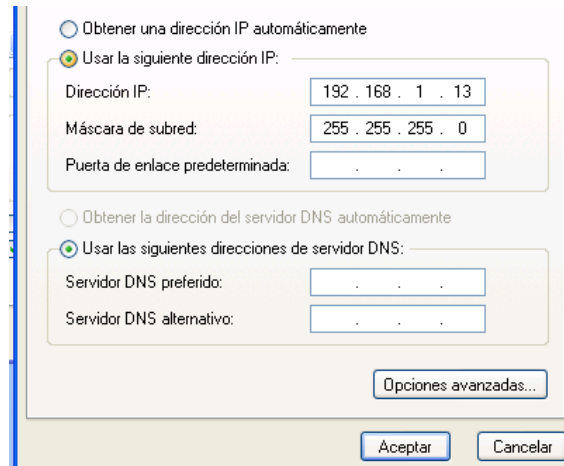


Figura 3. 21: Configuración de la IP en el computador

- Luego se selecciona la ventana de Measurement & Automation Explorer y se configura la ip del robot, esto se observa en la figura 3.22.

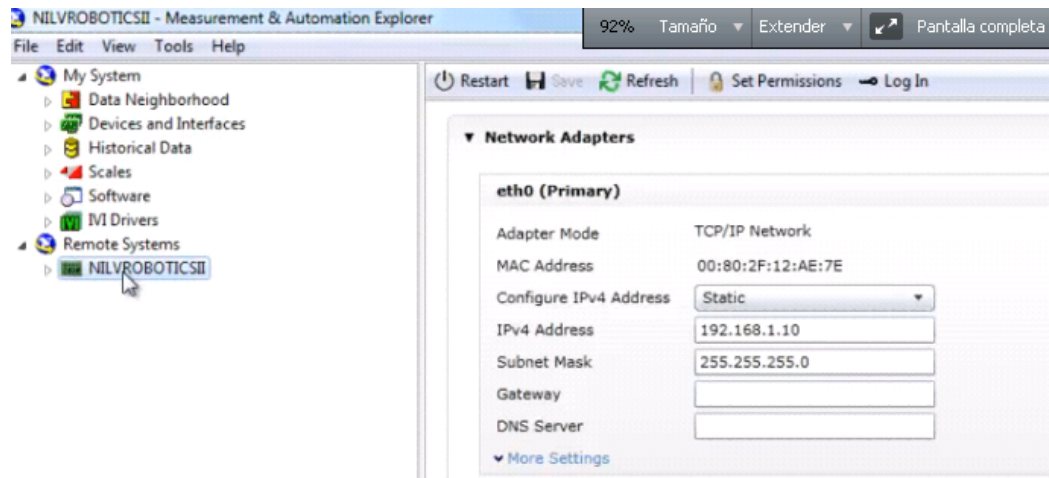


Figura 3. 22: Configuración de la IP del Robot

- Se abre LabVIEW Robotics 2011.
- Se selecciona el Robotics Project para iniciar la programación del Robotic Starter Kit 2.0 y configurar el robot, observado en la Figura 3.23.



Figura 3. 23: Inicialización de LabVIEW Robotics 2011

- Se selecciona la opción para configurar al robot paso a paso calibrando el sensor como también los motores, esto se muestra en las figuras 3.24 y 3.25.³⁴

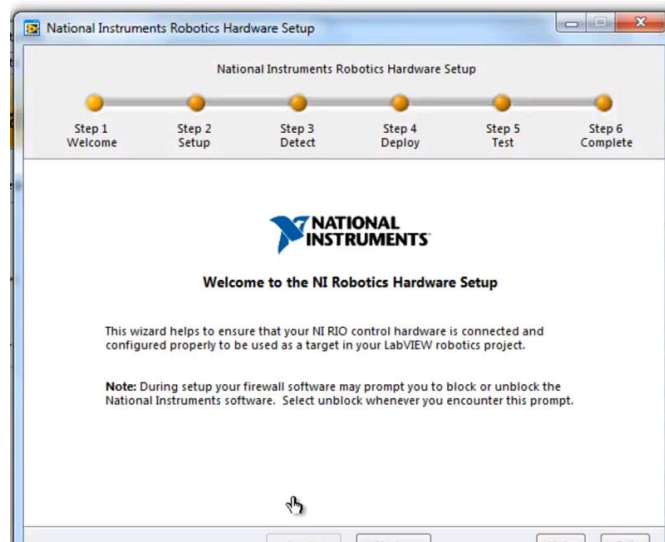


Figura 3. 24: Paso 1 de la configuración del robot

³⁴ (Instruments N. , Using the LAbview Project for Robotics Applications, 2009)

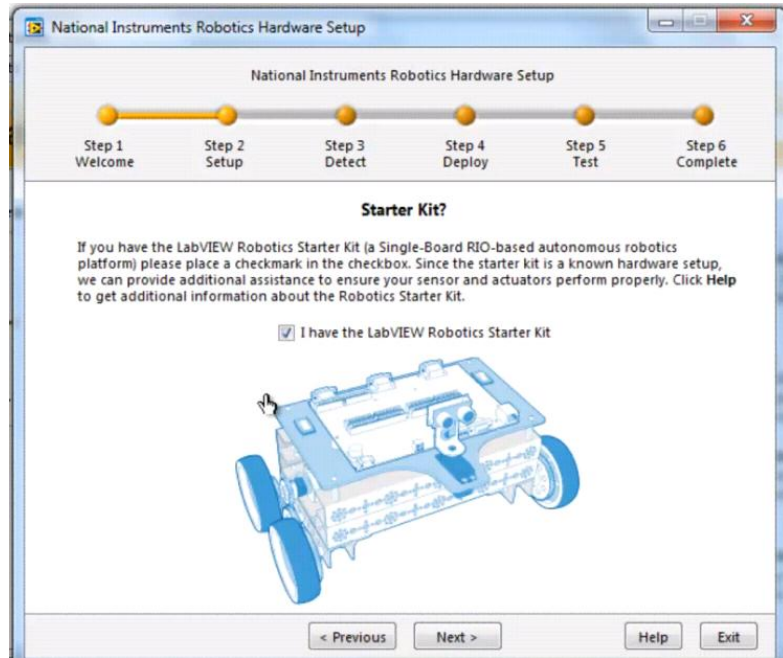


Figura 3. 25: Paso 2 de la configuración del robot

- Se da clic en next hasta que el robot se pueda configurar. Ahora el switch máster se prende y el de los motores se mantiene apagado por precaución, observado en la figura 3.26.

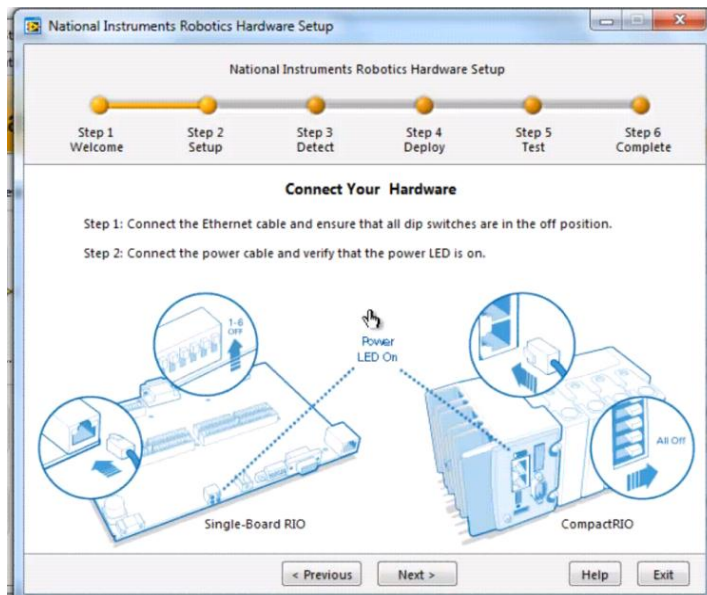


Figura 3. 26: Paso 2 de la configuración del robot (Encendido del Robot)

- Después se va a empezar a detectar que hardware está conectado, como se muestra en la ventana de la figura 3.27.

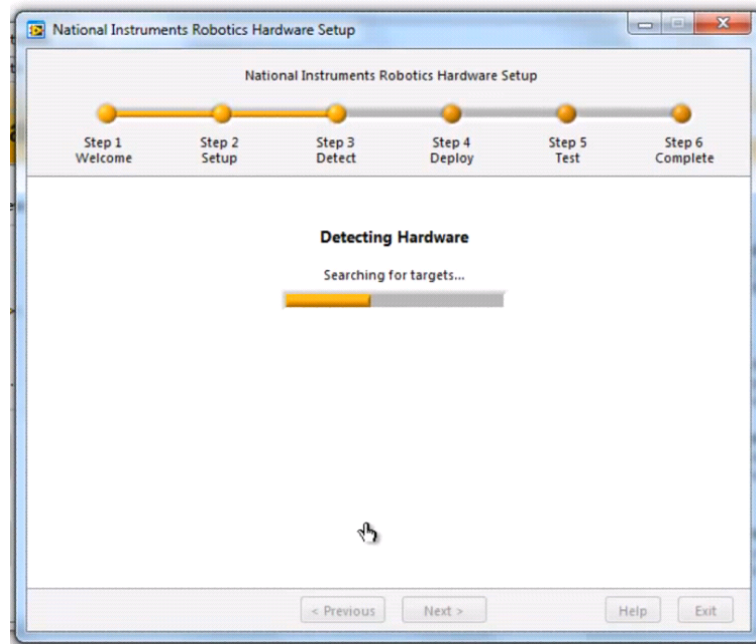


Figura 3. 27: Paso 3 de la configuración del Robot (Detección del hardware)

- Luego que detecta se selecciona el módulo del robot a utilizar y se continua la secuencia como se observa en la figuras 3.28, 3.29 y 3.30.

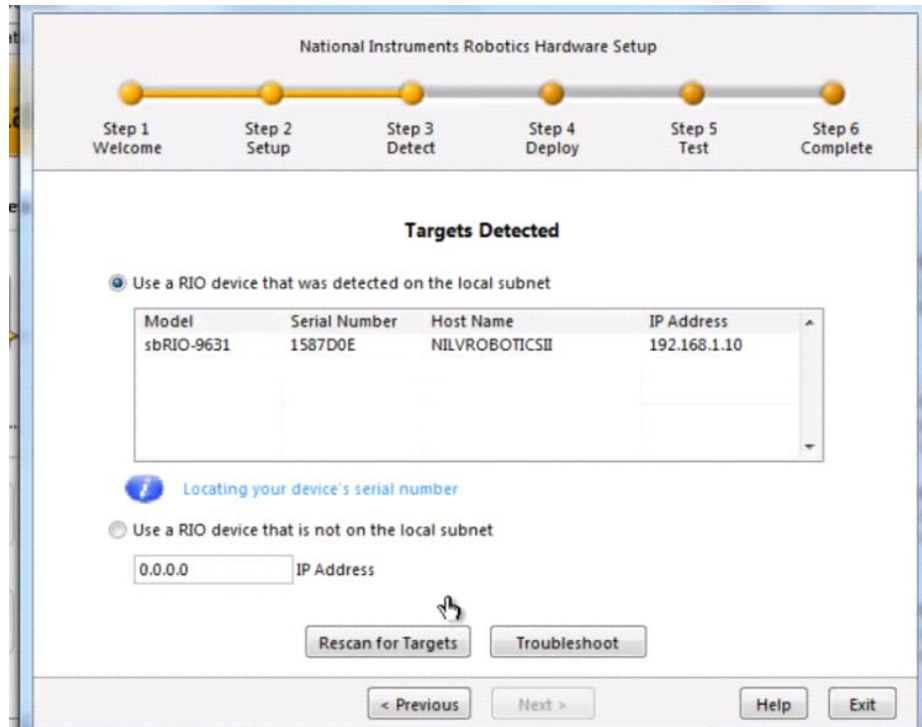


Figura 3. 28: Paso 3 de la configuración del Robot (Selección del Robot)

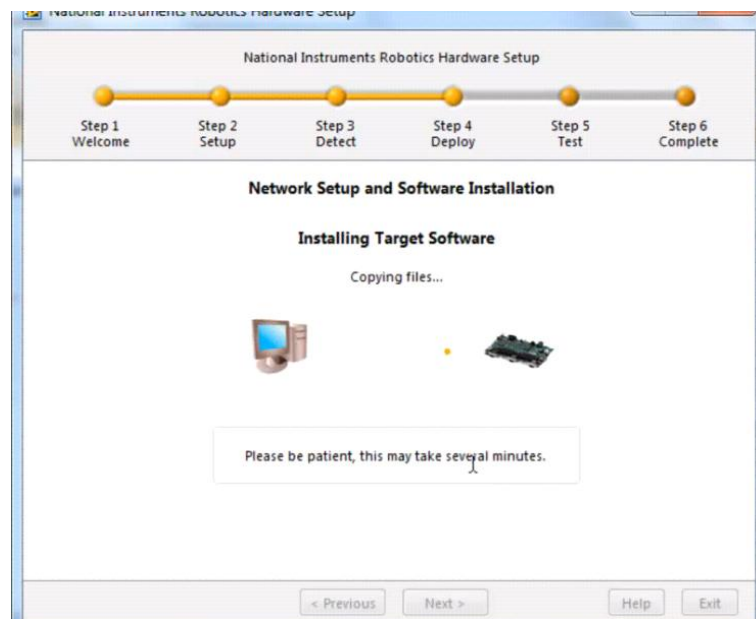


Figura 3. 29: Paso 4 Instalando el Software de la tarjeta

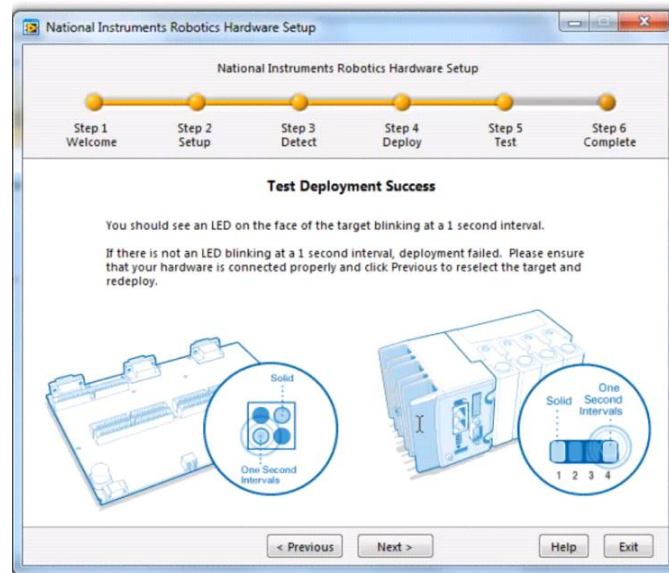


Figura 3. 30: Paso 5 Prueba de una correcta carga del software

- Luego se verifica que parpadee el led en el hardware esto es una señal que todo marcha bien.
- Ahora se setea el cero del sensor, es decir, se mueve el slider hasta que se lo vea físicamente en posición cero al sensor y se selecciona cero.
- Como ya se centro el sensor ya se puede hacer mediciones de si está o no detectando, 0 no detecta, entre 0.1 y 1 detecta, como lo muestra la figura 3.31.

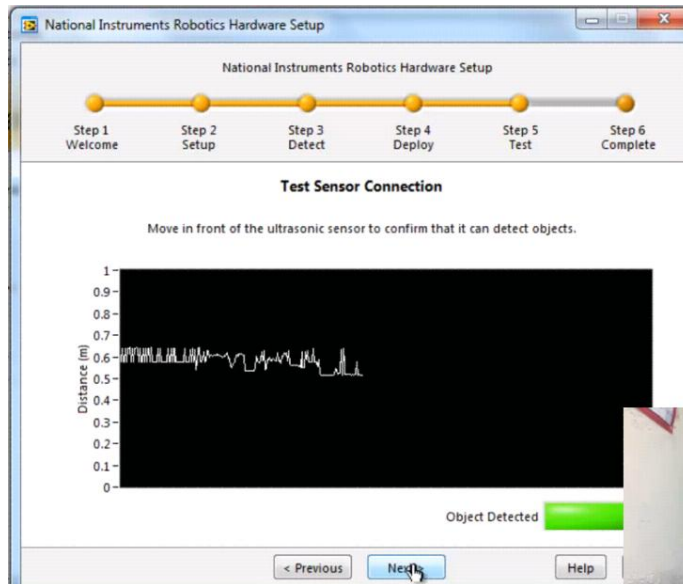


Figura 3. 31: Paso 5 Prueba del sensor ultrasónico

- Ahora se enciende el switch de los motores y se observa la velocidad de las llantas izquierda y derecha, mostrado en las figuras 3.32 y 3.33.

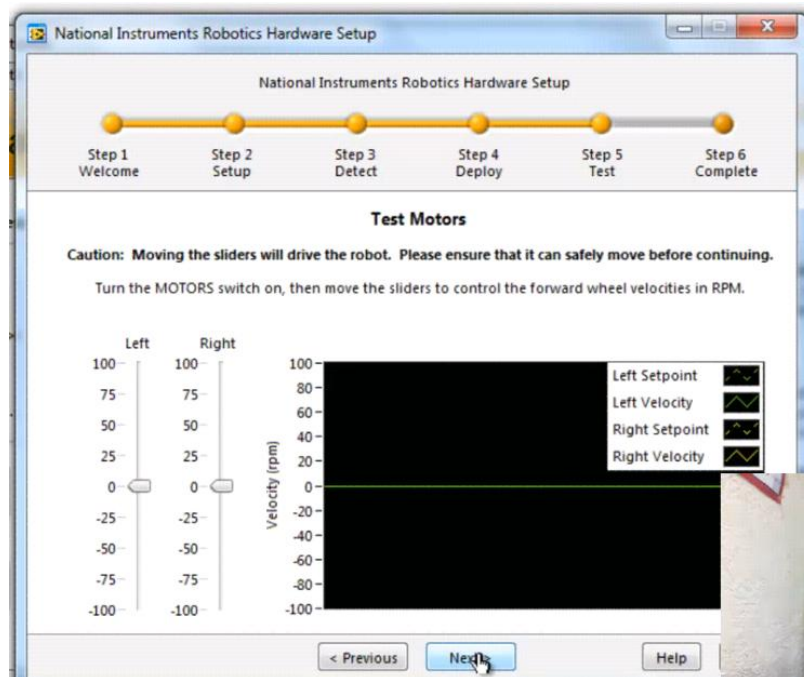


Figura 3. 32: Paso 5 Prueba de los motores

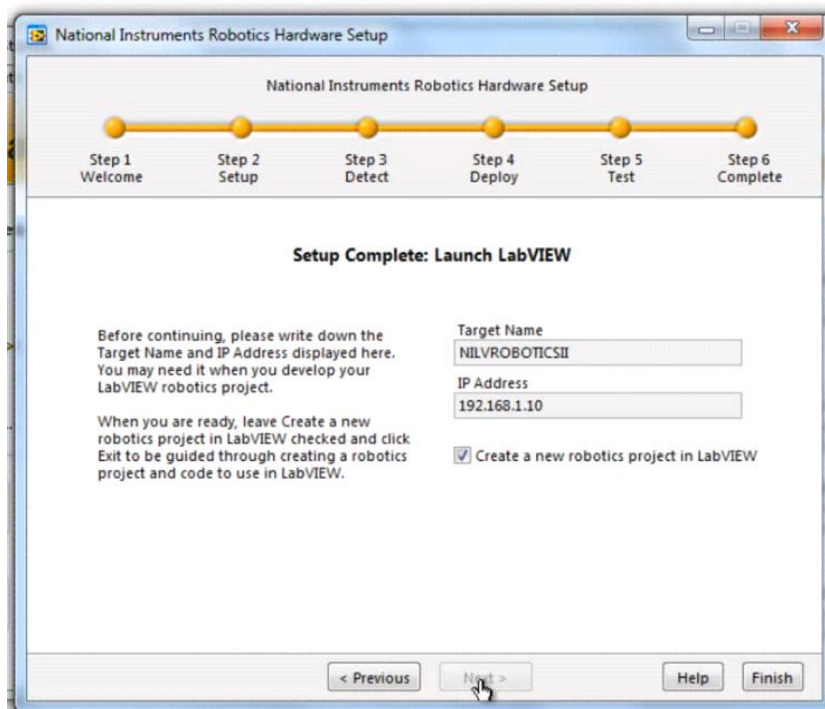


Figura 3. 33: Paso 6 Configuración Completa

- Una vez terminado se abre un nuevo proyecto. Selección del proyecto Robotics Starter kit 2.0, y configuramos el robot con lo antes ya explicado a partir de la figura 93.
- Se ingresa la dirección IP del Robotics Starter Kit 2.0
- Se Coloca un nombre al proyecto o dejarlo por defecto como está y seleccionar finalizar.
- Se Espera a que se carguen todos los archivos necesarios para iniciar el proyecto.
- Aparecerá esta ventana y hacemos clic derecho y se selecciona un nuevo VI observado en la figura 3.34.

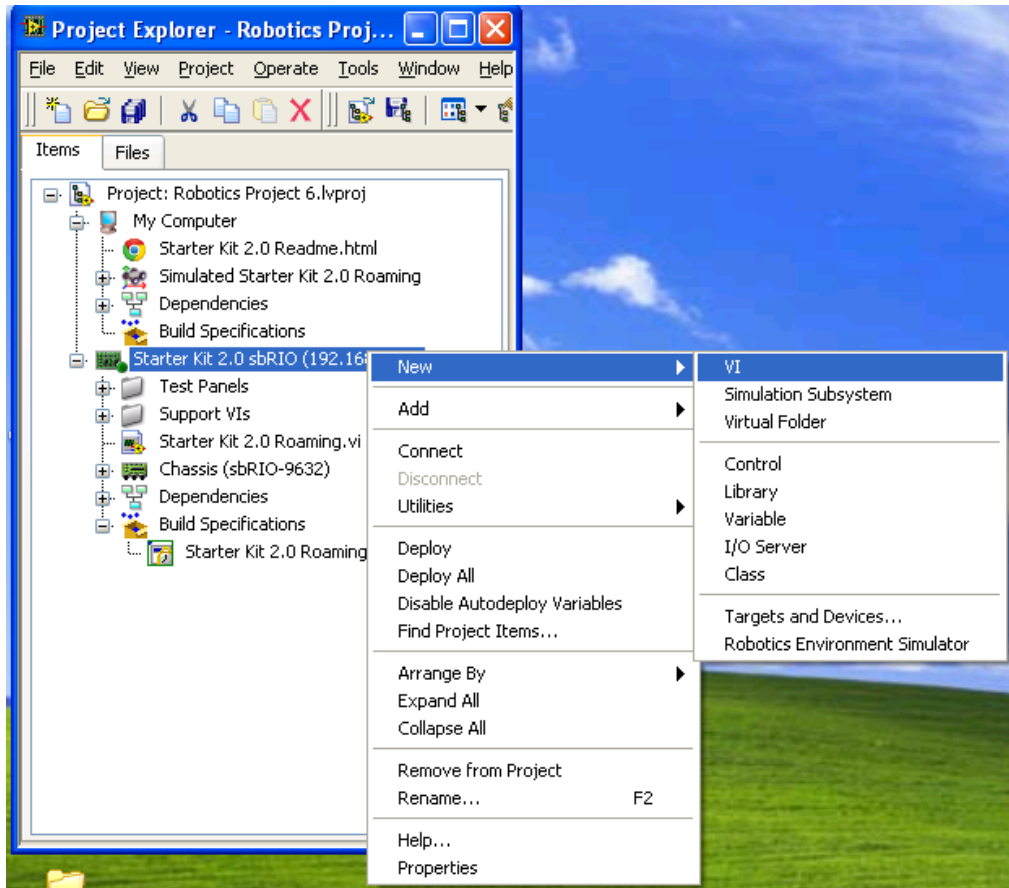


Figura 3. 34: Creación de un Nuevo VI

- Aparecerá el nuevo VI abierto que es el control panel, observado en la figura 3.35.

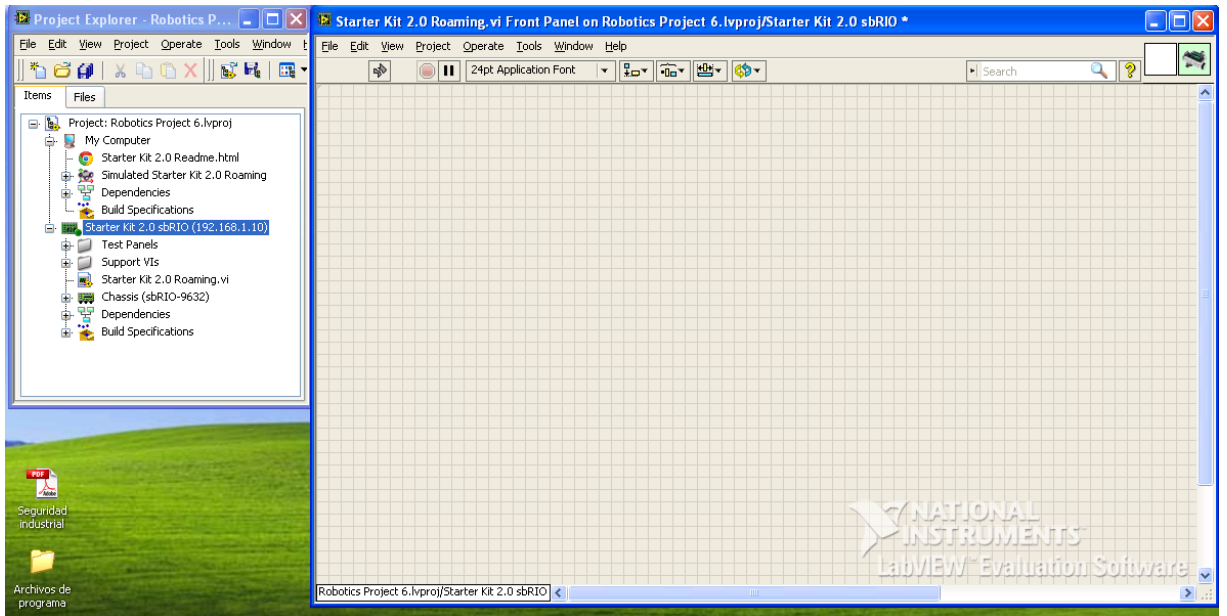


Figura 3. 35: Panel Frontal del VI.

- En el diagrama de bloques se crea el siguiente programa y lo guardamos, como se muestra en la figura 3.36.

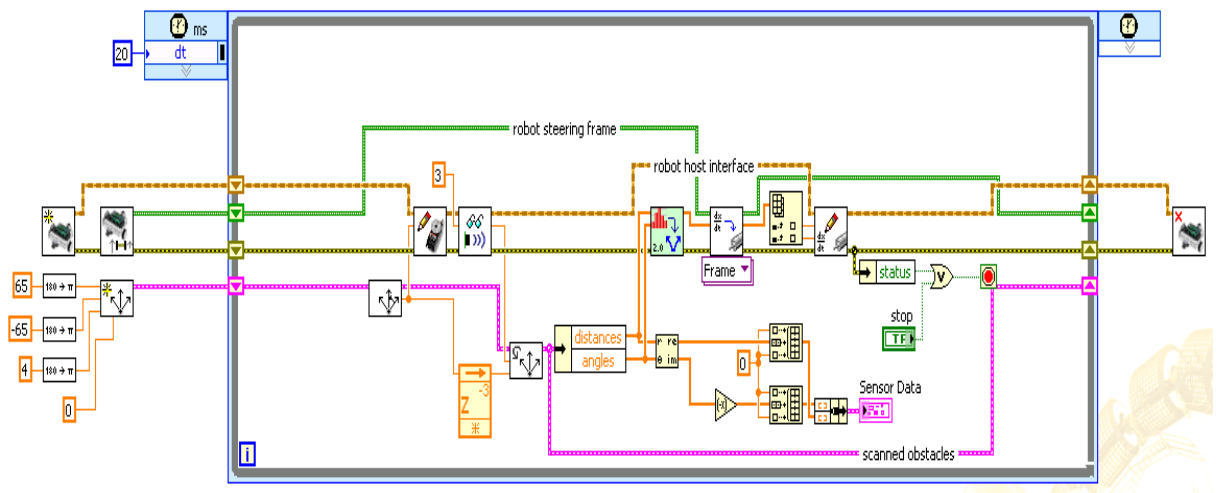


Figura 3. 36: Programa de Evasión de Obstáculos

- Como debe aparecer la tarjeta FPGA para poder utilizarla hacemos clic derecho en chasis y creamos una nueva tarjeta FPGA, observada en la figura 3.37.

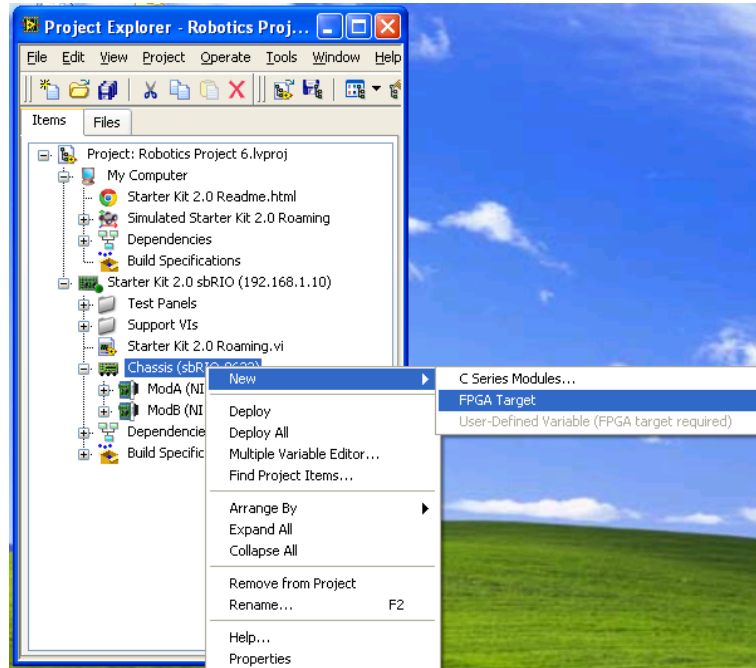


Figura 3. 37: Configuración de una tarjeta FPGA

- Una vez abierta la tarjeta, se selecciona el Build Specifications y se crea una nueva compilación del programa creado. Figura 3.38.

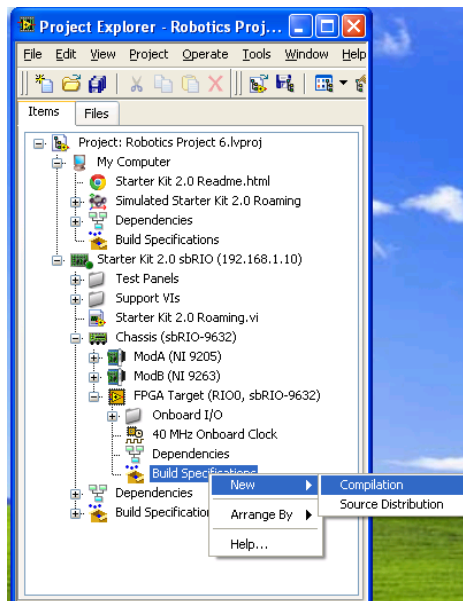


Figura 3. 38: Compilación del programa

- Aparecerá la ventana de compilación del programa, Figura 3.39.

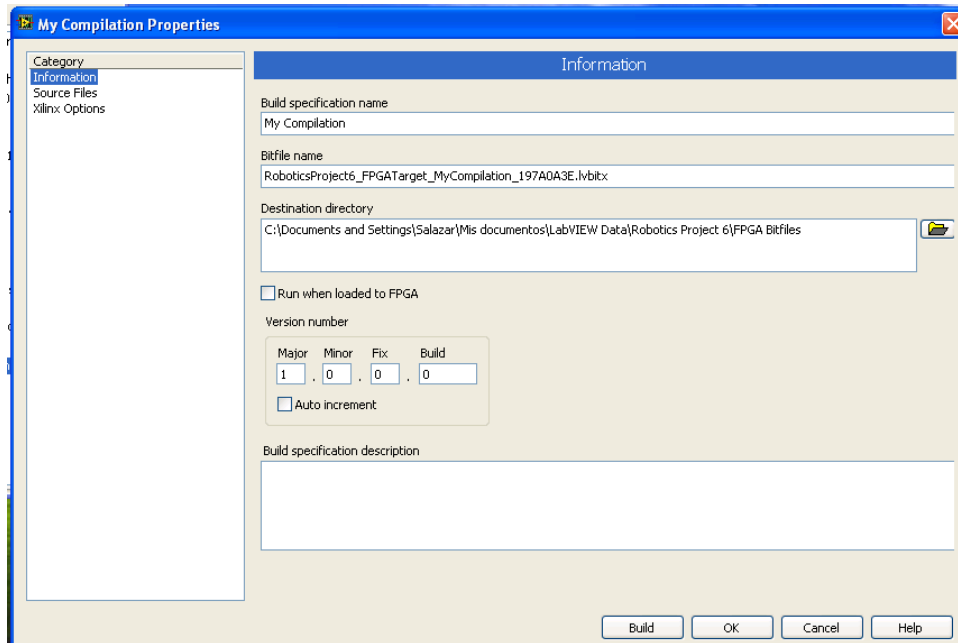


Figura 3. 39: Compilación del programa propiedades

- Se selecciona Sources File, se selecciona el VI y se transfiere el mismo al Top Level VI, mostrado en la Figura 3.40.

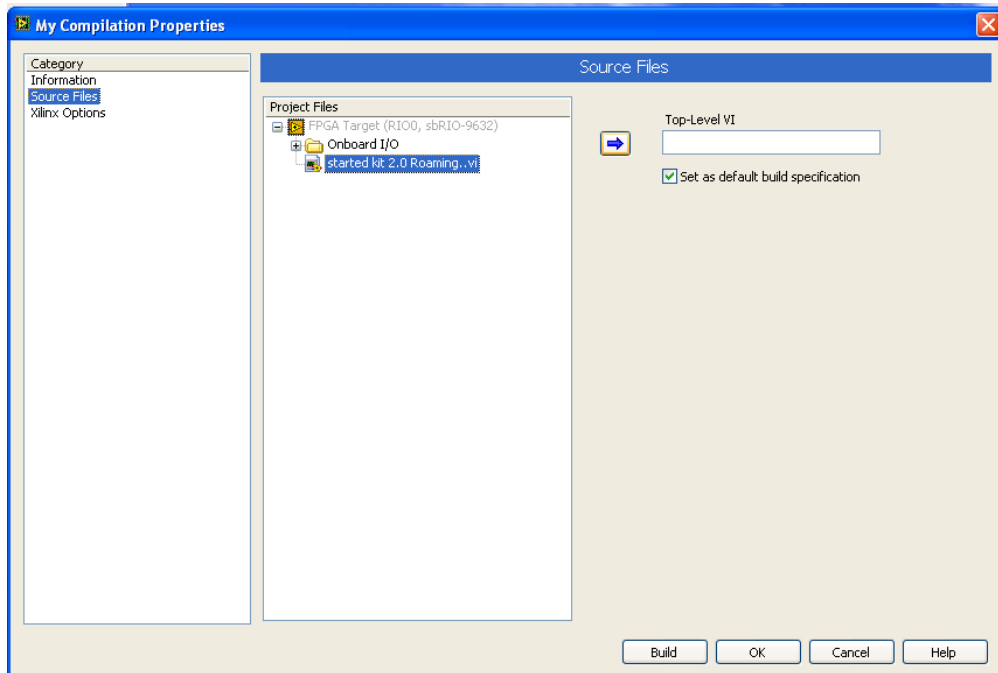


Figura 3. 40: Compilación del programa propiedades (Selección del programa)

- Se selecciona Build (construir).
- Se Espera a que la compilación se realice. Figura 3.41.

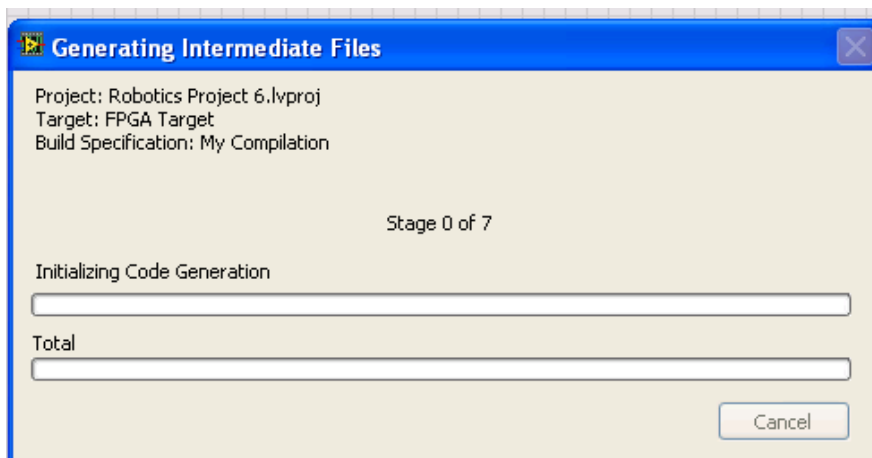


Figura 3. 41: Generación de la compilación del programa

- Se selecciona el último Built Specifications, se da clic derecho y se selecciona Build All, mostrado en la Figura 3.42.

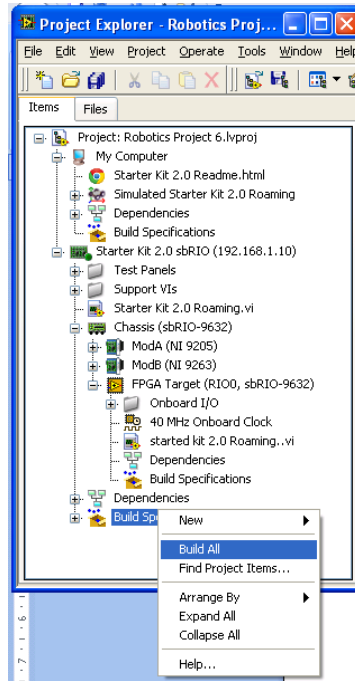


Figura 3. 42: Selección de configuración Build All

- Se selecciona OK en la ventana que aparece. Figura 3.43

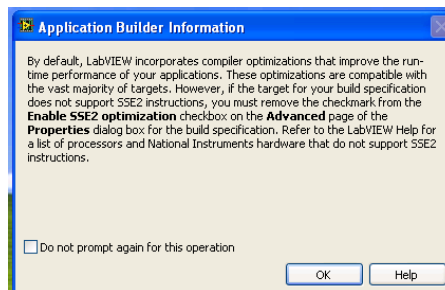


Figura 3. 43: Configuración Build All

- Se espera a que cargue y se selecciona Done, mostrado en la Figura 3.44.

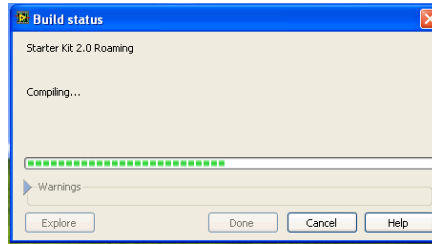


Figura 3. 44: Build Status

- Ahora se selecciona el último Build Specifications, se hace clic derecho y se crea una nueva aplicación de Real Time, mostrado en la Figura 3.45.

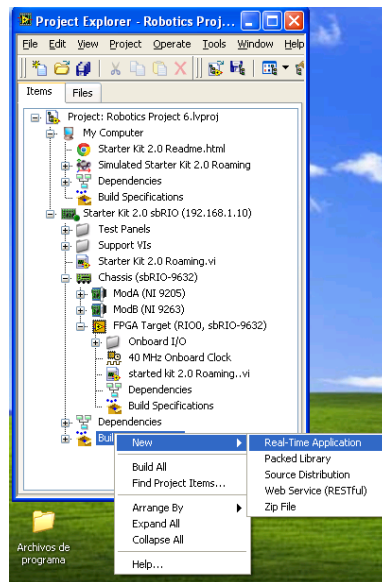


Figura 3. 45: Configuración del Real Time Application

- Se da click en OK.
- En la ventana que aparece se selecciona Source File, se selecciona el VI y se transfiere al Startup Vis (El VI que se colocará en el Robotic Starter kit para que realice las acciones programadas), y se coloca Build, observado en las figuras 3.46 y 3.47.

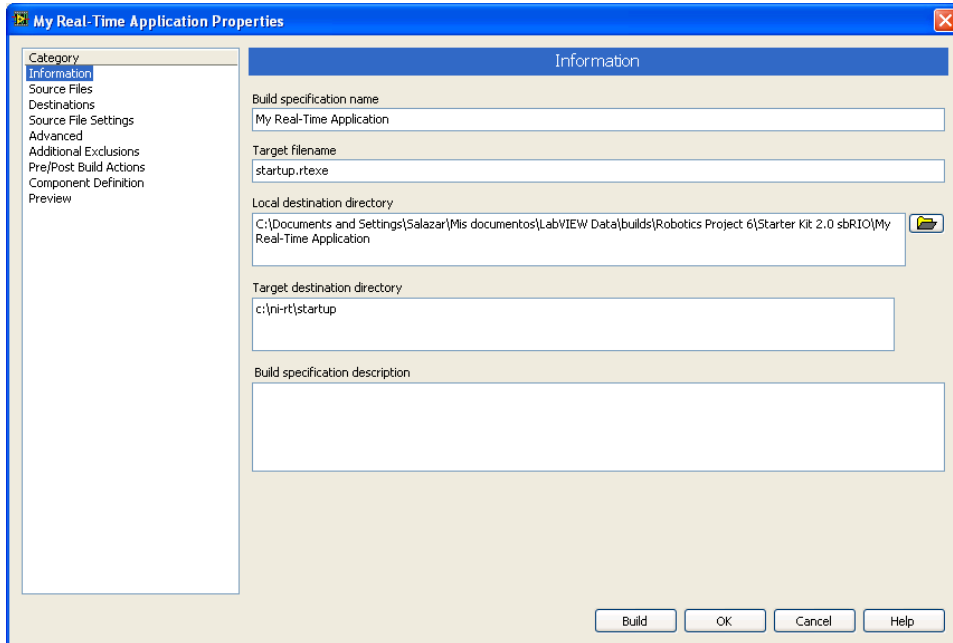


Figura 3. 46: Configuración del Real Time Application de acciones programadas

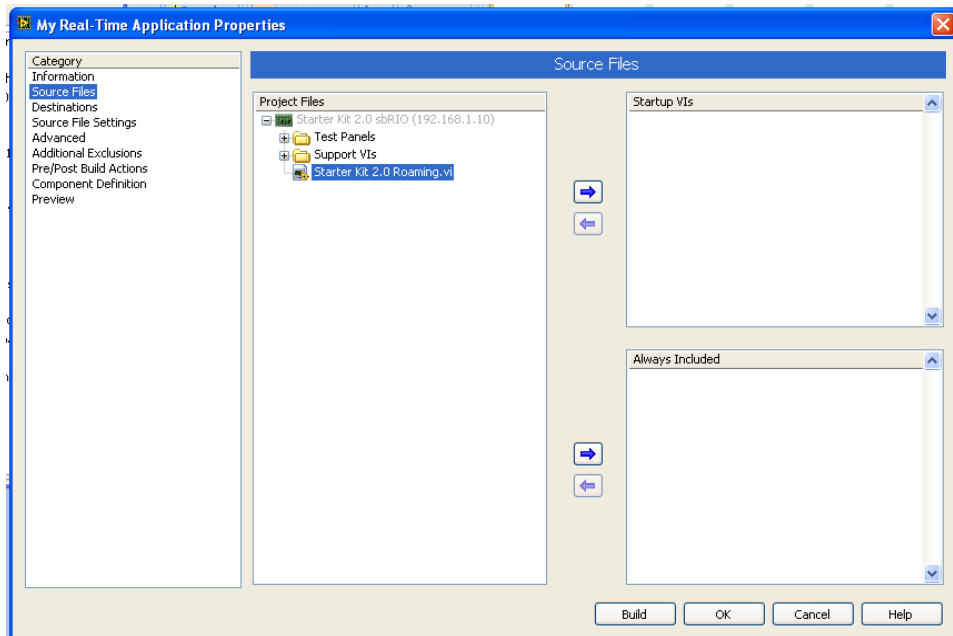


Figura 3. 47: Configuración del Real Time Application al Startup VIs

- Una vez terminada la acción anterior se selecciona otra vez build specifications, se hace clic derecho y se selecciona Run and Startup, mostrado en la Figura 3.48.

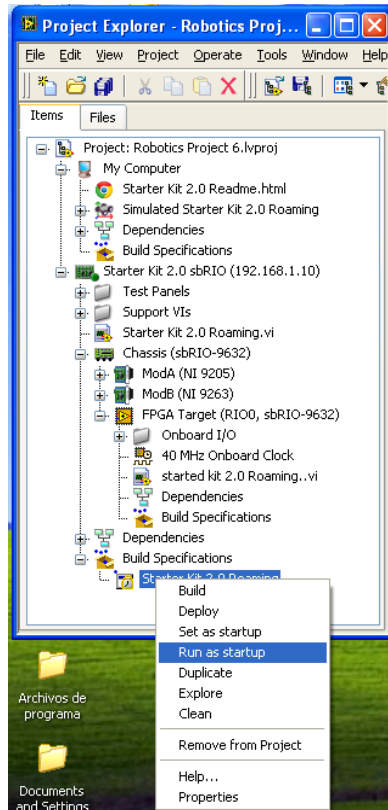


Figura 3. 48: Configuración del Run as startup

- Se espera a que se transfiera el programa al Robotic Starter Kit y después se selecciona close, observado en la Figura 3.49.

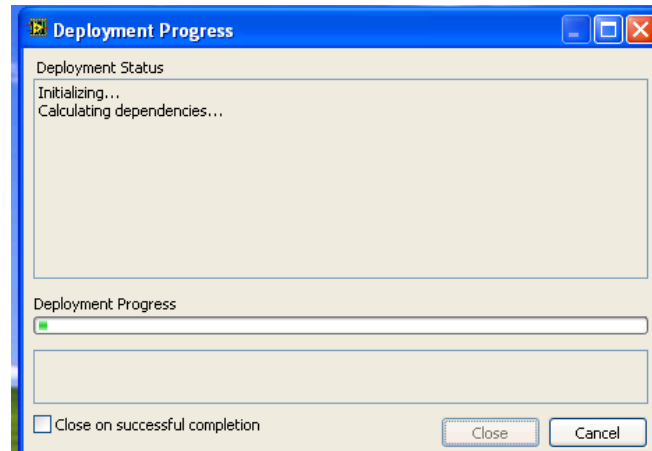


Figura 3. 49: Transferencia del programa al Robot

3.4 RUTINA DE CAMINATA

Desarrollar un proyecto en LabVIEW que permita controlar de forma manual los movimientos del robot móvil haciendo uso de un elemento de mando joystick es lo que se persigue en el desarrollo de la rutina de caminata para esto se debe realizar un *VI Computer* el cual pueda acceder a las funciones del joystick para poder controlar de forma remota los movimientos del robot, también se debe desarrollar un *VI Real Time* que permita controlar el direccionamiento de los motores del robot móvil, en base a las órdenes de mando enviadas por el *VI Computer*. Para esto se debe hacer uso de variables compartidas para transferir datos entre el *VI Computer* y el *VI Real Time*.³⁵

³⁵ (Lavallo & Steven, 2006)

3.4.1 VI para la Rutina de Caminata

Este VI viene incluido con el proyecto creado mediante la ventana LabVIEW Robotics 2011 con la opción *Robotics Project > Robotics Starter Kit*. El programador puede hacer uso de este VI para crear el VI Real Time que se ajuste a las necesidades de la aplicación robótica a implementar, sin embargo, también existe la posibilidad de desarrollar un propio VI al cual llamaremos *Manual*.

El código desarrollado sobre el diagrama de bloques de este VI se muestra en la Figura D.1 del ANEXO D. El código se encuentra dividido en 5 lazos de control:

- Un lazo para adquirir las señales de los encoders ópticos acoplados en los motores del robot
- Un lazo para controlar la velocidad de los motores DC, el cual envía las señales PWM al controlador
- Un lazo para adquirir la señal proporcionada por el sensor ultrasónico (PING))) y en donde se realiza la lógica para determinar la distancia medida por este sensor.
- Un lazo para controlar el ángulo de giro del servomotor Parallax
- Un lazo para controlar el encendido, apagado o parpadeo del LED FPGA

El lazo de control adquiere las señales de los canales del encoder izquierdo y del encoder derecho. Una vez adquirida estas señales se determina el número de ciclos por revolución de cada encoder para un intervalo de tiempo especificado por el control y que en este caso en particular es de 320000 ciclos de reloj que equivalen a 8 ms.³⁶

Se debe recalcar que la fuente de sincronización de la estructura es la que aparece por defecto en el cuadro de diálogo y corresponde al cristal de 40 MHz ubicado sobre la tarjeta sbRIO 9632. Cada ciclo de reloj equivale a un tiempo de 25 ns. La retroalimentación de todas las señales que intervienen en el proceso de control, se la realiza utilizando *shift registers*.

En la estructura *Case* se realiza la lógica para determinar la velocidad de ambos motores dadas en pulsos por intervalo de tiempo. Cuando ha culminado el intervalo de tiempo de adquisición de las señales, el lazo de control muestra las velocidades determinadas sobre los indicadores numéricos.

El lazo de control es el encargado de mantener estable la velocidad de los motores especificada en los controles. Para realizar este propósito, se utilizan los valores almacenados en los indicadores, también el valor almacenado en el control y que se encuentra localizado dentro del lazo de control. Para intercambiar los datos entre ambos lazos se han creado variables locales con el nombre Derecho, Izquierdo y Frontal.

Lo primero que se realiza en este lazo, es convertir las velocidades dadas en pulsos/intervalo a radianes/segundos. Para un reloj de 40 MHz se tiene 40,

³⁶ (Parallax, Parallax Standard Servo, 2010)

000,000 ciclos/sec y considerando que se tienen 400 pulsos por revolución provenientes de los encoders, este VI utiliza la siguiente ecuación para realizar la conversión:

$$Velocidad \left(\frac{rad}{sec} \right) = \frac{Velocidad \left(\frac{pulso}{intervalo} \right)}{Intervalo de Tiempo (ciclos)} \times \frac{2\pi \times 40 \left(\frac{ciclos}{sec} \right)}{400 \left(\frac{pulso}{intervalo} \right)} \quad (EC 3.1)$$

3.4.2 Programación del control manual mediante un Joystick

Se va a empezar creando un proyecto etiquetado como *Robotics Project 7* para lo cual se va utilizar la ventana *Getting Started de LabVIEW Robotics* debido a que se empleará el VI *Manual* anteriormente explicado. El aspecto final del proyecto es el que se muestra en la Figura 3.50, por defecto se agrega el *VI Starter Kit 2.0 Roaming*. En cuanto al código realizado sobre el *VI Manual* no se hará ningún cambio.³⁷³⁸

³⁷ (Instruments N. L., 2004)

³⁸ (José L, 2007)

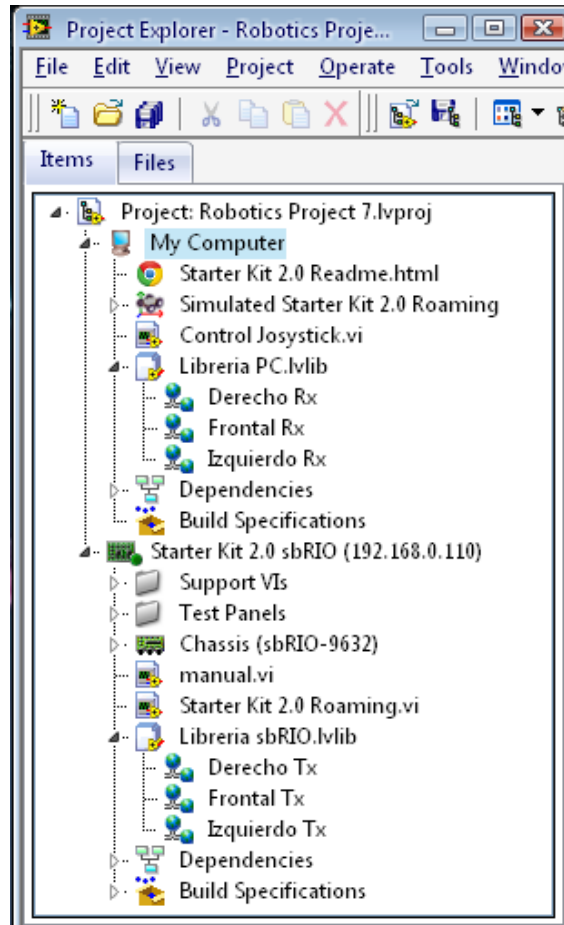


Figura 3. 50: Proyecto Control Manual Robot Móvil

Según se observa en la Figura 3.51, sobre el target *My Computer* se ha creado el *VI Control Josystick* que servirá de interfaz de usuario y permitirá realizar la comunicación entre el computador y los dispositivos periféricos (teclado y joystick). También sobre el target *Starter Kit 2.0 sbRIO* se ha creado el *VI Manual* el cual recibirá las órdenes de mando para el direccionamiento de los motores del robot móvil. Para el intercambio de datos se han creado variables compartidas en ambos targets y han sido guardadas dentro de las librerías *Librería PC* y *Librería sbRIO* etiquetadas con los nombres *Transmisor*, *Receptor* y *Frontal* respectivamente.

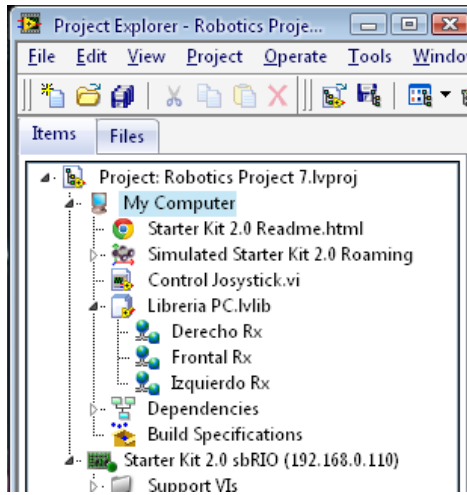


Figura 3. 51: Observación del Target

La interfaz de usuario sobre el Panel Frontal de este VI se muestra en la Figura 3.52. Se cuenta con un botón que permite el cambio de mando para controlar los movimientos del robot móvil en forma manual y automática, además se cuenta con unas graficas que indican la actividad de los sensores, observado en la Figura 3.52.

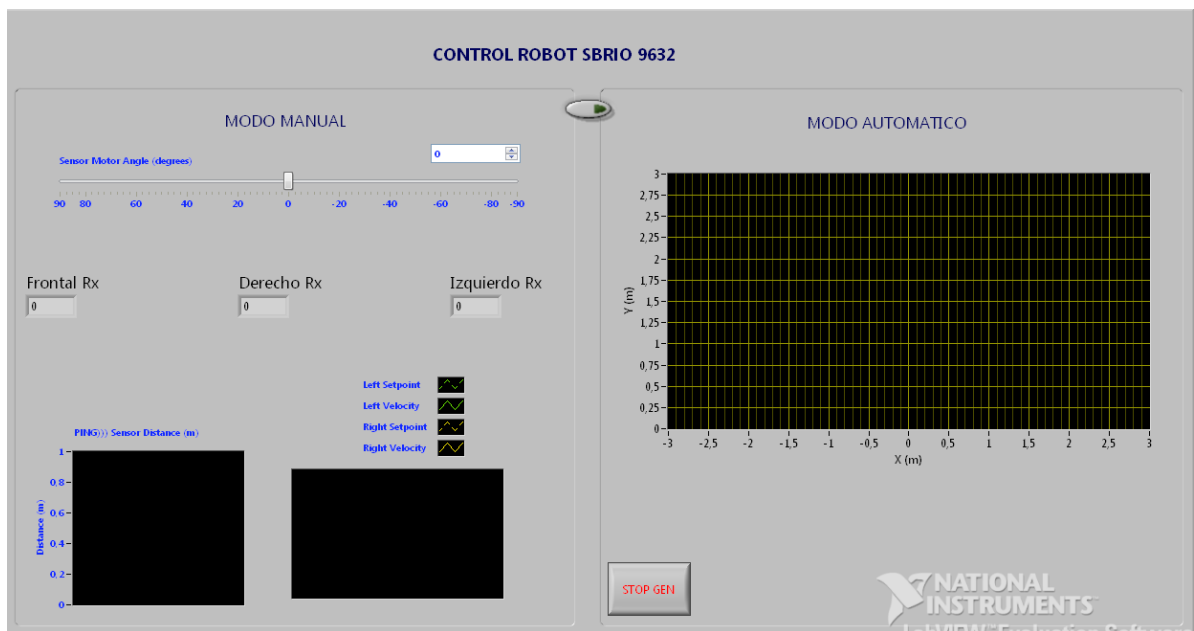


Figura 3. 52: Panel Frontal del VI Control Josystick

El código de programación sobre el Diagrama de Bloques es el mostrado en la Figura E.1 del ANEXO E. En la programación del bucle *While* se tiene un *Bundle* que permite la configuración de las señales Derecho, Izquierdo y Frontal que permiten el movimiento manual del Robot mediante el control Josystick.

3.5 RUTINA DE ACCIÓN FRENTE A OBSTÁCULOS

La rutina de evasión de obstáculos hace el uso del sensor de distancia ultrasónico, desarrollando un proyecto en LabVIEW que permita realizar evasión de obstáculos, independientemente del entorno por el cual el robot se movilice.³⁹ Es importante conocer y comprender el funcionamiento del sensor de distancia, “Sensor Ultrasónico PING para su correcta lectura de datos. Nos basamos en el *VI Starter Kit 2.0 Roaming* que permite efectuar el control de los 2 motores DC del robot móvil, así como la lectura del sensor ultrasónico realizando un barrido continuo del servomotor de Parallax ($-\pi$ a π), y la lectura de los datos del sensor ultrasónico. Con el *VI Starter Kit 2.0 Roaming* se puede acceder a los datos procesados por el VI sobre el procesador de tiempo real.⁴⁰

3.5.1 VI para la Evasión de Obstáculos.

Este VI muestra cómo controlar el Robotics Starter Kit 2.0 en forma automática para la evasión de obstáculos. Se implementa en la tarjeta

³⁹ (Instruments N. , zone.ni.com)

⁴⁰ (Ana, M.Francisco, Alpha, & Fernando, 2006)

sbRIO-9632, a continuación, se explica la ejecución en el controlador en tiempo real.

Es importante ajustar el "MOTOR" correctamente, establecer el "MASTER" interruptor de encendido. El robot debe estar conectado a la red. Al ejecutarse este VI. El VI se desplegará, y el sensor del robot comenzará la panorámica izquierda y derecha. Se desconecta el robot de la red, de modo que ya no es dependiente. El Robot se mueve a un área despejada, a continuación, establecer el "MOTOR" interruptor de encendido. Se moverá y evitara obstáculos.

El *VI Starter Kit 2.0 Roaming*, crea un objeto de marco directivo para el robot, inicializa los datos escaneados, que contiene los datos analizados por el sensor ultrasónico. Para su ejecución, calcula el ángulo de exploración siguiente para el sensor de ultrasonidos, escribe el ángulo de exploración para el servo motor, lee la distancia desde el sensor ultrasónico, añade la distancia del sensor a la lectura de los datos escaneados (obstáculos), calcula la dirección del robot a la que debe moverse, sobre la base de los datos escaneados (obstáculos).

El diagrama de bloques del control de velocidad de los motores se encuentra en la Figura E.2 en el ANEXO E.

3.6 RUTINA DE DETECCIÓN DE PERSONAS

El modo de detección de personas está basado principalmente en el sensor ultrasónico y la imagen emitida por la cámara la cual nos permite ver todo lo que sucede en una pantalla de control, es decir el robot no sabe si es una persona, sería el operador en la estación de control quien determina si es

una persona, el sensor realiza un barrido de entre 0 a 180 grados aproximadamente con un radio de tres metros con referencia al objeto que esta sensado, el sensor puede variar la distancia de control de objetos de entre 0 a tres metros.⁴¹

Cabe señalar que la subrutina de evasión de obstáculos nos ayuda en la detección de personas, adicionalmente se incorpora en el control del autómeta una pantalla de distancia de la persona a detectar como se presenta en la Figura E.1 del ANEXO E y a continuación veamos el panel de control en la Figura 3.53:



Figura 3. 53: Panel de Control del VI Starter Kit 2.0 para detección de personas.

Otra herramienta para la detección de personas es el dispositivo ip conocido como la cámara ip la cual de forma programática me envía una alarma al control máster del autómeta indicándome que existe una persona o en el caso de seguridad algún intruso en el perímetro controlado, Figura 3.54:

⁴¹ (Lavalle & Steven, 2006)

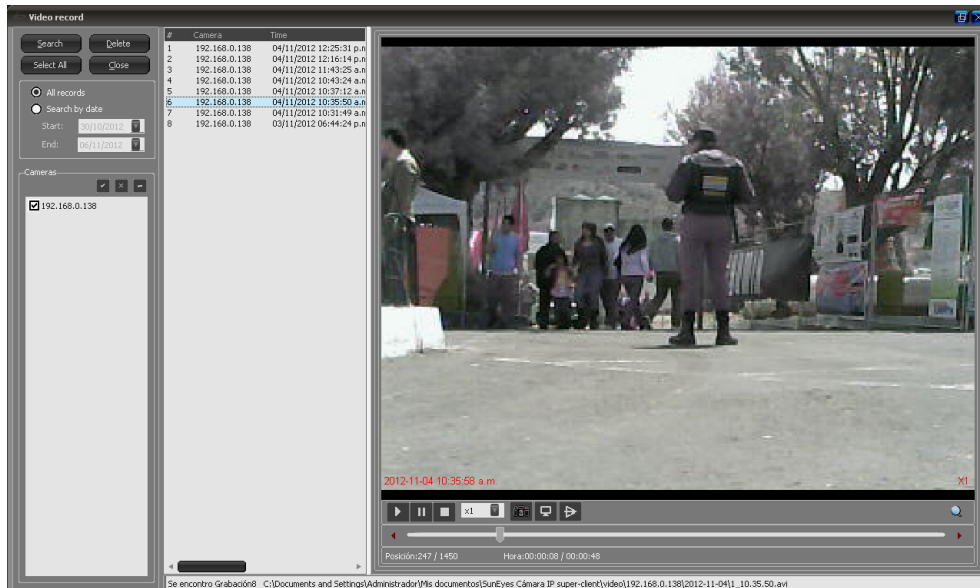


Figura 3. 54: Panel de Control de la cámara para detección de personas.

3.7 RUTINA DE COMUNICACIÓN DE AUDIO Y VIDEO.

La rutina de comunicación de audio y video se realiza mediante la cámara y el software del mismo llamado SunEyes Cámara IP súper client, la cual tiene las opciones de comunicación bidireccional y de videos propias de la cámara, mostrado en la Figura 3.55:

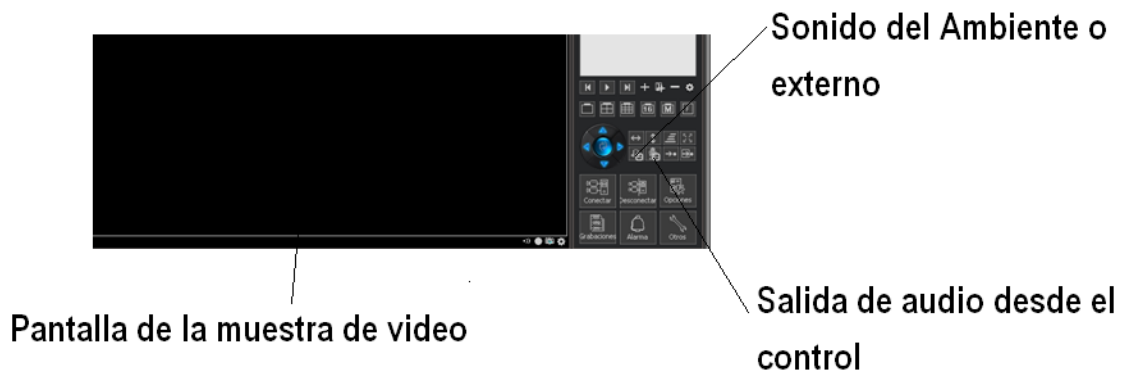


Figura 3. 55: Panel de Control de la cámara para la visualización de video y opciones de entrada y salida de audio.

3.8 MODOS DE TRABAJO DEL ROBOT

Los modos del trabajo del autómatas son dos el modo automático o el de evasión de obstáculos y el modo manual el cual es controlado mediante el usuario para poder observar y realizar los distintos desplazamientos con el autómatas, a continuación se detallan el panel de control y el diagrama de bloques, observado en la figura 3.56.

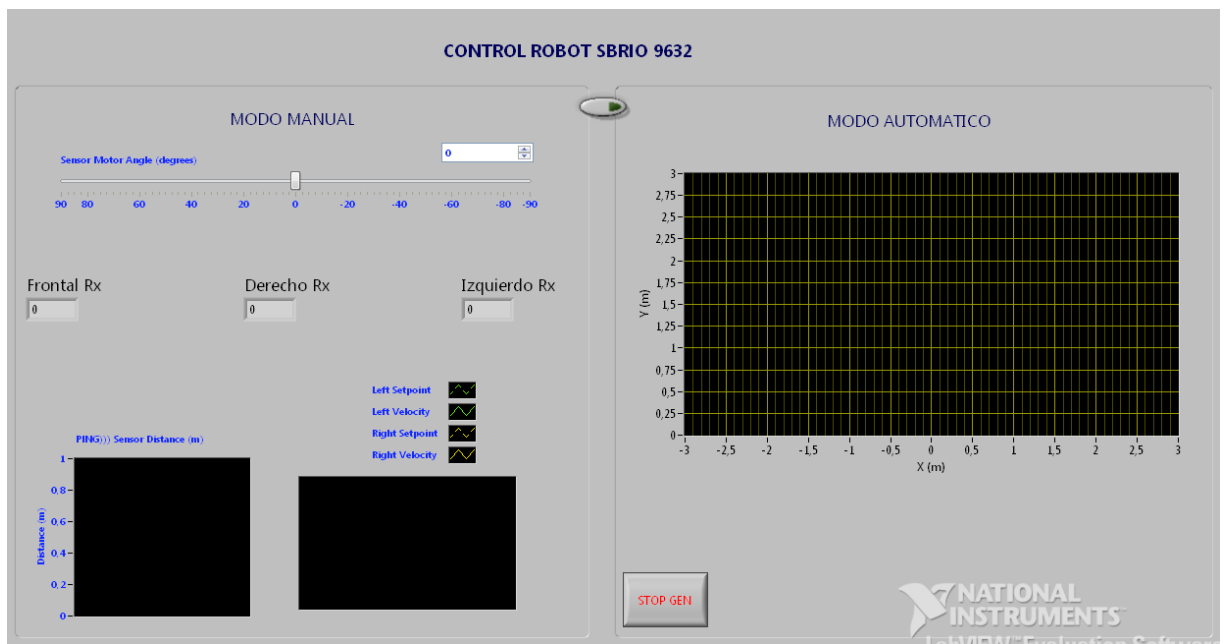


Figura 3. 56: Panel de Control: Modo Manual y Modo Automático

En el modo manual contamos con un slider que controla el barrido del sensor ultrasónico entre 90° y -90° así como un visualizador numérico que nos da la medida del ángulo, tenemos también tres indicadores Frontal, Derecho e Izquierdo los cuales nos dan aviso del movimiento de los motores del robot, además contamos con dos graficas una para el sensor ultrasónico que nos permite visualizar la distancia de los objetos frente del robot entre 3cm a 3m y la otra grafica que nos da las señales del movimiento de los motores del robot.

En el modo automático tenemos una grafica que nos permite visualizar la acción de sensado del sensor ultrasónico en todo tiempo con el fin de detectar obstáculos frente al robot. Para cambiar de modo se debe pulsar el botón interruptor en la parte superior del panel de control de la Figura 3.56.⁴²

⁴² (Instruments N. , NI, 2008)

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

A continuación se presentan las pruebas básicas que se realizaron a los diferentes módulos que conforman el robot móvil y los resultados obtenidos que ayudaron a obtener más provecho del autómeta y que además permitieron establecer las respectivas conclusiones del proyecto.

4.1 CONTROL DE LAS RUEDAS

Las pruebas llevadas a cabo fueron realizadas para comprobar el correcto funcionamiento de cada motor, es decir, determinar las configuraciones necesarias a los mismos y desarrollar la programación específica en LabVIEW, necesarios para el control de las ruedas.⁴³

Se realizaron las pruebas de funcionamiento para el autómeta en un lugar abierto con la finalidad de evitar golpes en el robot ya que en el modo automático no tenemos control sobre el robot y en el modo manual era indispensable fijar correctamente su velocidad. El control de las ruedas se lo puede realizar en diferentes tipos de requerimiento del usuario ya sea con sliders propios de Labview o mediante un control Josystick, para este último se requiere de la implementación de un VI en Labview que se expone en la figura 4.1.

⁴³ (José L, 2007)

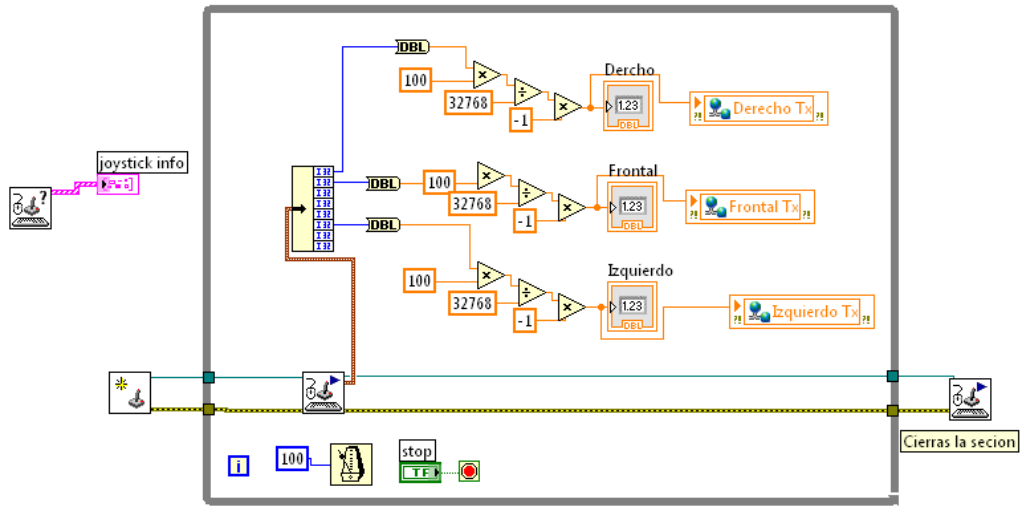


Figura 4. 1: Diagrama de Bloques del Control Jostystick para el control de motores.

Como se puede ver se hizo uso de variables locales para la transmisión de datos entre el VI del Control Jostystick y el VI Manual, esto nos permite el control de los motores en forma manual gracias a la comunicación entre el Computador y el Robot, mostrado en la Figura 4.2.

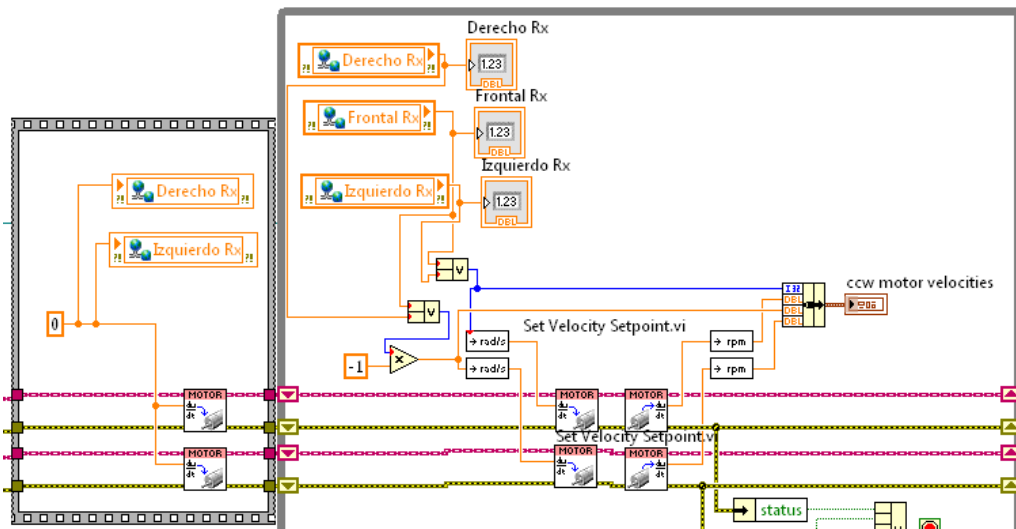


Figura 4. 2: Diagrama de Bloques del VI Manual para el control de motores

Las pruebas llevadas en el control de las ruedas se las realizó mediante la interface de Labview donde se puede observar una reacción en tiempo real cuando se programa con slider y cuando el control se lo realiza con el Josystick donde se observó un retardo en la reacción de los motores. En la siguiente Tabla podemos describir la velocidad de los motores mediante los diferentes tipos de carga y superficie utilizando el prototipo que consta de tres ruedas dos de las cuales controladas de forma independiente por dos motores idénticos y una rueda omnidireccional en la parte trasera del robot.

Tabla 4. 1 Análisis de velocidad del autómatas con la consideración de todos los componentes en diferentes superficies.

Superficie	Velocidad
Madera	80 rpm
Rugosidad moderada	65 rpm
Asfalto	48 rpm

El análisis expuesto en la anterior tabla muestra cómo va disminuyendo la velocidad de los motores probado en diferentes superficies. Cabe indicar que este análisis se realizó mediante observación humana es decir contar el número de vueltas de una marca puesta en uno de los motores e identificar el comportamiento de las ruedas en las distintas superficies probadas. En la tabla 4.2 se muestra los resultados con diferentes cargas acopladas al vehículo.

Tabla 4 2 Análisis de velocidad del autómata con la consideración de todos los componentes electrónicos conectados al mismo.

Descripción	Peso	Velocidad
Autómata	11,02 lb	80 rpm
Autómata más el Ruteador de Transmisión	11,52 lb	75 rpm
Autómata Más el Ruteador de Transmisión, Cámara y el Gps	12,64 lb	71 rpm

Como se observa en la tabla 4.2 la velocidad disminuye a medida que se coloca los diferentes componentes electrónicos, el peso se lo obtuvo con una balanza y la observación de la velocidad de los motores se hizo mediante el procedimiento de la prueba anterior.

4.2 COMPORTAMIENTO ANTE OBSTÁCULOS

Las pruebas llevadas a cabo fueron realizadas para comprobar el correcto funcionamiento del sensor ultrasónico y con diferentes objetos puesto como obstáculos.

La prueba se llevó a cabo en un área relativamente despejada, al frente del sensor y con paredes a los lados. Se consideraron las muestras tomadas por el sensor, para dos objetos con características completamente distintas

ubicados a distancias de entre 0 y 118,11 pulgadas, que es la distancia que el sensor puede localizar de forma proyectada para el presente trabajo.

De las pruebas en distintos materiales se pudo determinar que los objetos con superficies delgadas, producen grandes variaciones en la medición de la distancia e incluso la pérdida de las mismas, así mismo, por las características de las ondas ultrasónicas, el ángulo de incidencia debe ser normal o perpendicular a la superficie del obstáculo, de lo contrario la onda rebota fuera del rango de cobertura de detección del sensor.

Para los dos casos es decir la detención de personas y obstáculos la reacción del sensor es muy diferente puesto que en obstáculos con superficies geométricas es más confiable que con personas ya que estas no presentan una figura geométrica perfecta.

Después de las pruebas realizadas se determinó que los obstáculos debían tener las siguientes características: una altura mínima de 24 pulgadas y un ancho mínimo de 10 pulgadas, materiales con superficies parcialmente lisas, y de preferencia objetos rectangulares, dejando en claro que existen condiciones para que puedan ser detectados, la principal es el ángulo de incidencia con el que los objetos se encuentren respecto al robot. Así mismo la distancia mínima a la que el robot puede estar del obstáculo se fijó a 40 pulgadas para garantizar que no exista una colisión.

El sensor ultrasónico tiene un ángulo de emisión de 90° a -90° , pero solo entrega el valor de la distancia obtenida a un objeto, mas no el ángulo al que se lo detectó, por lo que la probabilidad más alta de detección se encuentra en el centro del cono formado por su patrón de emisión.

La configuración mostrada en la figura 4.3 tiene un ángulo de cobertura total teórica de 180° para la detección de obstáculos, pero existían casos en los que los obstáculos no eran detectados.

Para evitar este problema se varía la dirección del robot. De este análisis se pudo deducir que el robot sería incapaz de detectar obstáculos que se encuentren fuera del ángulo de cobertura, por lo tanto no se pueden esquivar objetos que se encuentren a los extremos y en la parte trasera del robot.

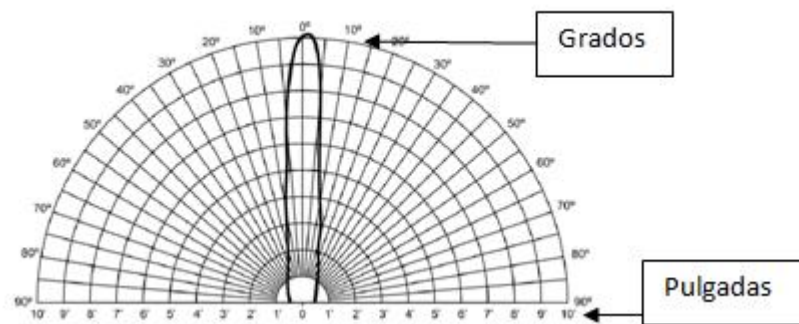


Figura 4. 3: Cobertura de medición del sensor ultrasónico

La cobertura de medición del sensor se la realizo en un área despejada puesto que el sensor tiene una cobertura de 130 grados totales de cobertura, observada en la Figura 4.4:



Figura 4. 4: Cobertura de medición del sensor ultrasónico puesto en el autómata

4.3 DETECCIÓN DE PERSONAS

El prototipo ha ejecutado sin mayor complicación cada una de las rutas en las cuales ha sido probado, debido al diseño con el que ha sido construido es capaz de desenvolverse casi sin ningún problema en las diferentes superficies planas en las cuales ha sido probado.

El prototipo ejecuta rutas aleatorias dentro de una determinada superficie, la ruta que toma dependerá de los obstáculos que se encuentren en el camino, y el lugar donde se detenga para realizar el monitoreo, de la misma forma es aleatoria, por lo que al ubicarse en cualquier sitio puede fácilmente cubrir una mayor área de monitoreo. El sensor ultrasónico encargado de detectar el movimiento o no de un determinado objeto detecta movimientos rápidos debido al tiempo muy corto que analiza entre un estado y otro, dicho cambio es el que activa la cámara para que transmita las imágenes de video capturadas.

En la detección de personas, se puede visualizar otro tipo de lóbulo de radiación puesto que una persona no tiene una forma geométrica perfecta la sustentación de esto se puede observar mediante la Figura 4.5:

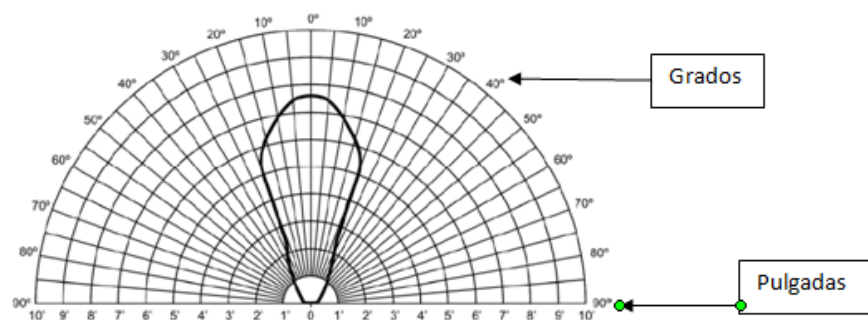


Figura 4. 5: Cobertura de medición del sensor ultrasónico puesto en el autómata para la detección de personas

Ahora para la visualización propia de la persona se lo realiza mediante la cámara ip la cual tiene distintas características de detección de las mismas ya sea por movimiento o por imagen en este caso en la Figura 4.6 podemos

observar como la cámara realiza la función de detección y visualización de personas:



Figura 4. 6: Visualización de personas mediante la cámara ip donde se encuentra la otra característica del autómata, la detección de personas

4.3.1 DATOS OBTENIDOS POR EL SENSOR A DIFERENTES DISTANCIAS

Los datos obtenidos por el sensor se los realizó con un objeto en reposo y tomando distancias de prueba desde 3 cm o 1,18 pulgadas hasta 39 cm o 15,35 pulgadas, aproximadamente donde nos muestra un error a los distintos tipos de distancias y la reacción del sensor a las mismas, estos resultados se muestran en la tabla 4.3

Tabla 4. 3 Datos obtenidos por el sensor ultrasónico

Valor Teórico (Instrumento Patrón) [cm]	Valor Experimental (Medidor de Distancia) [cm]	Error Absoluto (Ea) [cm]	Error Fondo Escala (FE) [%]
3,10	3,13	0,03	0,01
6,00	6,08	0,08	0,02
8,00	8,04	0,04	0,01
12,00	12,03	0,03	0,01
16,00	16,12	0,12	0,04
23,00	23,10	0,10	0,03
28,00	28,03	0,03	0,01
33,00	33,12	0,12	0,04
39,00	39,05	0,05	0,02

4.4 CONDICIONES DEL ENTORNO EXTERNO

En función de los resultados obtenidos, para el mejor desempeño del robot se han tomado en cuenta varias condiciones como son:

- El terreno o el piso en el cuál el robot realiza su misión debe de ser en lo más posible uniforme, es decir evitar gradas, y otras superficies que pudieran estar en desnivel con el suelo.
- Debe de evitar que en la ruta existan objetos demasiado pequeños, ya que los sensores del prototipo podrían no detectarlos.
- El reconocimiento de intrusos dependerá del control del operador en la estación de control, este se ayudara de la cámara para la vigilancia.

Con las condiciones mencionadas es totalmente autónomo y se comprobó que puede gestionar y desenvolverse de la mejor forma en la superficie plana que se encuentre, pero al probarse con entornos que no cumplían con uno de los puntos mencionados el prototipo no podía cumplir con el recorrido de la ruta, arrastraba objetos demasiado pequeños que los sensores no lo detectaban. Frente a estructuras con patas metálicas como sillas y escritorios chocaba al no detectar las partes muy delgadas por lo que se detenían en

dichas estructuras. Como podemos visualizar en la figura 4.7 en la respuesta del sensor al tamaño de los objetos:

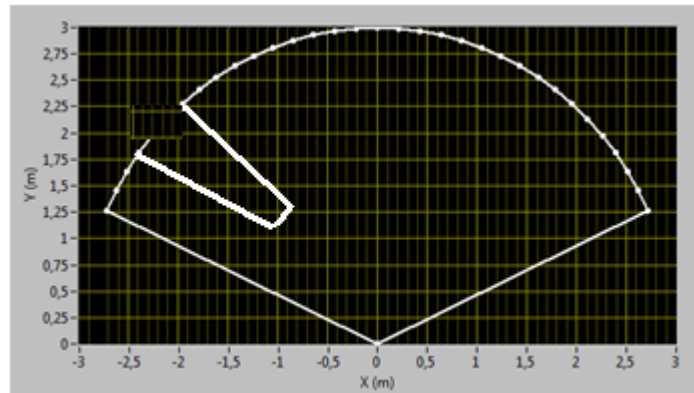


Figura 4. 7: Cobertura de superficies de un ancho de 2cm.

4.5 CONDICIONES DE MANEJO DEL PROTOTIPO

El correcto funcionamiento del prototipo, depende de varias consideraciones que se deben tomar en cuenta, cada una de dichas consideraciones se encuentran detalladas a continuación:

- Las baterías de alimentación de los motores y del circuito deben de estar cargadas completamente.
- Colocar las baterías en los sitios destinados para ello, ya que están distribuidos en función del peso que soporta la estructura del prototipo.
- Al momento de poner en marcha el robot, siempre es necesario el control del operador para evitar que el robot sufra daños, además el monitoreo permanente ayudará a controlar la presencia de personas extrañas.

Al probar el prototipo se pudo observar que cuando las baterías que alimentan los elementos del robot como la cámara y el Ruteador que funciona con los 5V, se están agotando, dichos elementos no detectan nada por lo que el prototipo se detiene. En cuanto a la alimentación de los motores cuando esta baja demasiado el robot empieza moviéndose muy lentamente hasta el punto de llegar a detenerse.

Cabe señalar que el tiempo de carga de todos los componentes de suministro de alimentación en el autómatas comprenden 2 horas y 10 minutos promedio para todos los componentes de suministros de carga, pero individualmente las baterías para el Ruteador tienen un tiempo de carga de 2 horas aproximadamente de la misma manera lo necesita las baterías para la cámara ip y en conjunto el robot utiliza un tiempo de carga de 4 horas.

El tiempo de autonomía del robot es de 2 horas con 20 minutos promedio.

4.6 SISTEMA DE VIGILANCIA

El sistema de vigilancia responde a estímulos externos que son detectados por el sensor ultrasónico, la cámara se acciona en todo momento y filmará cada una de las acciones que se realicen, en el software de la cámara tenemos la opción de realizar grabaciones permanentes las cuales se almacenan en el disco duro del computador o estación de control, es por eso necesario el monitoreo constante de un operador en la estación de control, a fin de reconocer por el video eventos extraños que merezcan vigilancia.

Los estímulos externos son considerados las personas u objetos que se atraviesen o sean detectados en movimiento por el prototipo, por lo que podemos evaluar la respuesta del prototipo en función de cuantas veces a

detectado este tipo de movimientos. En función de las pruebas realizadas se puede indicar que el prototipo ha detectado adecuadamente los objetos.

La detección de personas las realiza mediante la cámara y el control o visualizador implementado en el panel de control de la estación de trabajo. Esto gracias a la comunicación inalámbrica entre los elementos del robot.

En si el sistema de vigilancia está comprendido por la acción del sensor ultrasónico el cual detecta obstáculos y permite el direccionamiento del robot a la vez que la cámara ip conectada al Ruteador se comunica con la estación de control emitiendo el video respectivo, con la ayuda del operador el robot puede pasar a función manual para realizar una inspección más detallada y si es necesario establecer una comunicación de audio gracias al sistema incorporado en la cámara, y tomará decisiones frente a este evento.

4.7 ENVÍO DE ÓRDENES DESDE LA PC

La recepción y envío de órdenes desde la PC al autómeta se realiza mediante la conexión inalámbrica Ruteador Computador, como el dispositivo autómeta cuenta con conexión física de puertos RS232 y Ethernet aprovechamos esta bondad, en este caso hemos utilizado el puerto Ethernet ya que todos los dispositivos utilizados para redes utilizan el mismo como computadoras, switch, Ruteador, hubs y demás dispositivos de conexiones a redes.

Cabe señalar que la comunicación o el envío de ordenes se la realiza con protocolo IEEE 802.11. La comunicación al dispositivo autómeta es puramente inalámbrica solo las conexiones al Ruteador como es el caso de la cámara y de la tarjeta SbRIO es mediante cable directo de red.

El diagrama de bloques implementado en el software de Labview fue diseñado con el propósito de establecer esta comunicación, desde nuestra interfaz de usuario, el operador en cualquier momento puede enviar una orden al robot, como es el caso del cambio de función manual a automática, se puede detener el robot y manipular el movimiento de la cámara, en fin el operador tiene un absoluto control del robot.

Para la transmisión de Datos desde la PC hasta el Autómata cabe señalar que existieron ciertos inconvenientes al momento de este procedimiento.

En una transmisión en línea de vista los datos son transmitidos de forma óptima es decir no hay ningún retardo de transmisión en las imágenes proporcionadas por la cámara y la transmisión de datos de LabVIEW es en tiempo real y no se experimenta ninguna interferencia.

En la transmisión a una distancia de tolerancia es decir hasta la longitud de alcance del Ruteador que en este caso se encuentra desde 45 a 50 metros el retardo de la transmisión de las imágenes de la cámara se presenta y no se transmiten en tiempo real, en cambio el envío de órdenes desde la PC hasta la tarjeta embebida se realiza de forma normal y no se presenta ningún cambio.

En cambio cuando se pasa los límites de tolerancia no se tiene ni transmisión ni recepción de órdenes desde la PC al autómata.

Otro punto a señalar es que si no existe línea de vista de otros medios de transmisión como otras redes inalámbricas la distancia de transmisión se reduce aproximadamente de 20 metros a 30 metros.

4.8 LISTADO DE ELEMENTOS Y COSTOS

En la tabla 4.4 se detalla todos los componentes y precios que tiene el autómata.

Tabla 4. 4 Detalle de precios y componentes del Autómata.

Detalle	Precio (Dólares)
Starter Kit 2.0	3000
Cámara IP SunEyes	112
Ruteador Dlink	40
Baterías Recargables (8)	60
Cables de Red Directos	30
Josystick	20
Desarrollo del Software	1000
Total	4272

4.9 ALCANCE Y LIMITACIONES

Los alcances del proyecto son los siguientes:

- Puede realizar el control de perímetros o estructuras según el enfoque del cliente.
- Una solución más flexible para un sistema de comunicación se podría realizar con cualquier dispositivo de conexión por vía Ethernet o RS232.
- Para un mayor control de perímetros o de cualquier otra área, se podría implementar más dispositivos de control dependiendo de las entradas y salidas que posea el autómata.

- Una solución para los distintos usuarios de la aplicación de robótica en seguridad podría ser cambiar la forma de programación del autómatas dependiendo del requerimiento del usuario.
- El diseño del autómatas puede cambiar dependiendo del requerimiento y control que se desee realizar con el autómatas.
- El control del robot se puede realizar en cualquier PC que tenga sistema operativo Windows Xp hasta Windows 7.

Las limitaciones del proyecto son:

- El alcance máximo depende del equipo utilizado para nuestro caso hemos utilizado un Ruteador con un alcance de 50 metros pero puede variar según el requerimiento del usuario.
- Los dispositivos de control a conectar al autómatas van a depender de las salidas y entradas que pueda manejar el mismo.
- Según el software de Labview Robotics este es una versión de prueba que requiere un serial para la activación completa del mismo, en nuestro caso la utilización del software tiene un límite de 180 días.
- Los motores del autómatas tienen un límite de velocidad por lo que el incremento de la misma va a depender de los elementos a disposición que posea Labview.
- Por el hecho de hacer una conexión inalámbrica es decir que no es un sistema determinístico sino un sistema probabilístico puede originar una caída en la red entre el autómatas y el computador que controla al mismo.

4.10 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

Para invertir en un sistema de seguridad de vigilancia Remota, es necesario ver las características que requiera el cliente, hoy en día los sistemas de

vigilancia son estáticos y dependiendo de los ángulos de visión que requiera el cliente en la actualidad el costo de estos sistemas está entre 3000 y 4000 dólares y no emplea otra función claro a parte del control desde cualquier parte del mundo y desde el celular, pero implementar un sistema autónomo y de control manual capaz de cubrir las funciones mencionadas anteriormente y cumplir la función de un guardia es otra característica principal del proyecto, adicionar estas características supondría un incremento exagerado en el precio del sistema de vigilancia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se diseño un autómata móvil que cumple los objetivos del proyecto.
- El sistema de vigilancia remota puede controlar cualquier perímetro dependiendo del requerimiento del cliente y de los equipos utilizados.
- El usuario del autómata puede realizar un control de seguridad de forma automática y de forma manual.
- En el control autónomo el sistema funciona por medio del sensor ultrasónico el cual evita los obstáculos y detecta los eventos mediante la cámara incorporada.
- En el control manual lo podemos realizar mediante las estructuras de programación de Labview o con una implementación de control Josystick para las ruedas
- El prototipo de robot de seguridad puede desenvolverse sin mayor tipo de problemas en cualquier tipo de ambiente externo, ya que gestiona de forma correcta cada uno de los obstáculos que se pueden presentar.

- El sistema de vigilancia detecta intrusos, desde el prototipo, es por ello que se realiza el monitoreo de diferentes puntos a lo largo del área de vigilancia.
- La distancia de transmisión del sistema de video con paredes de treinta centímetros de espesor, es de diez metros en línea recta entre el transmisor y el receptor, teniendo como máximo 3 paredes de por medio.
- El sistema de alimentación del prototipo, principalmente el de los motores tiene una duración de 4 horas como máximo en trabajo continuo, dependiendo dicha duración de los tiempos muertos de trabajo que se le asignen al prototipo.
- La velocidad de los motores va a disminuir dependiendo de la superficie sobre la cual se desplace el autómatas y lo hará también dependiendo del peso colocado sobre él.
- El alcance de detección del sensor ultrasónico para el comportamiento de obstáculos será desde 0 hasta 3 metros de distancia con un lóbulo de radiación de aproximadamente 10 grados.
- Para la detección de personas el sensor controla desde 0 hasta 2 metros con un lóbulo de radiación de aproximadamente 30 grados.

- Para un aseguramiento de distinción entre persona y objeto se utiliza la cámara ip la cual realiza la visualización de todo el entorno, donde esta permite al usuario distinguir entre persona u objeto.
- Pasados los límites de tolerancia del elemento de transmisión como es el Ruteador los datos no se transmiten es decir las órdenes desde la PC al autómeta, el envío de imágenes y el envío de la señal del sensor no se realizan.
- El sistema puede complementarse e integrarse con los sistemas de seguridad actuales como las cámaras de seguridad análogas, sensores, sistemas de control y acceso, entre otros, aportando una inmejorable prevención de los posibles riesgos que el prototipo pueda padecer.
- El hardware del prototipo es pequeño por lo que se lo puede ubicar en cualquier lugar estratégico de tal manera que reconozca la presencia de intrusos.
- Para el manejo del sistema de seguridad se ha utilizado el software Labview 2011 que permite al operador tener una interfaz amistosa de tipo gráfica con la que se puede tener un mayor control del Robot Móvil.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para un mayor control de los obstáculos se puede incrementar más sensores que permita hacer un barrido en todas las direcciones.
- Para implementar un sistema que sea independiente de conexiones a la línea de 110 V Ac, debemos saber las características que tienen los dispositivos para la implementación con baterías recargables.
- Para incrementar el tiempo de autonomía se pueden reliazar conexiones en paralelo de las pilas o utilizar baterías de mayor A/H
- Para la visualización de personas se puede implementar con cualquier cámara que maneje un protocolo Ethernet, no necesariamente del fabricante básico de los dispositivos.
- Para los fines de control deberíamos utilizar baterías recargables para la reutilización de las mismas.
- Para incrementar la distancia de control del autómeta se puede cambiar el Ruteador de comunicación a uno de mayor distancia de comunicación.
- Para la puesta en marcha del autómeta se deberá tener cargadas las baterías de alimentación de la tarjeta SbRIO y las baterías de alimentación del Ruteador y de la Cámara.

- En el área de vigilancia se debe evitar que existan objetos demasiados pequeños que no pueden ser detectados por el prototipo ya que podrían ser arrastrados por el robot.
- La superficie del área de vigilancia debe ser en lo posible uniforme, evitando gradas y desniveles que el prototipo no puede gestionar ni evitar, los que causarían daños físicos en la estructura.
- El receptor de video debe de encontrarse a un máximo de diez metros para que pueda captar la señal que ha sido enviada por la cámara de vigilancia, en caso de existir hasta 3 paredes de por medio.
- Se debe tener cuidado en las conexiones del sistema de alimentación de las tarjetas electrónicas y los motores ya que una mala polarización de los mismos pueden dañar los elementos del prototipo.
- Es necesario que las computadoras de control donde está el receptor y a través de las cuales monitorea la seguridad dentro de una infraestructura este ubicada en un lugar altamente estratégico para no perder comunicación con el autómata, es decir que se pueda tener un control remoto en todo tiempo.
- Si se desea aumentar el perímetro de monitoreo es necesario establecer una red con puntos de acceso o repetidores que amplíen la señal de comunicación de tal manera que el robot pueda desplazarse sin ningún inconveniente por el entorno establecido.

- Para el establecimiento de un proyecto de vigilancia remota es necesario contar con todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo del estudio de la carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación.
- Mejora el Hardware para implementar un mapeo basado en el principio del sensor ultrasónico.
- Uso de nuevos sensores para el mejoramiento de detección de distancias.
- Detección de personas mediante el procesamiento digital de señales.
- Implementar un Sistemas de Posicionamiento Global Interno.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ana, G., M.Francisco, Alpha, P., & Fernando, A. (2006). *Técnicas y Algoritmos Básicos de Visión Artificial*. Rioja: Servicio de Publicaciones.

Arturo, V. (2010). *NI*. Obtenido de NI: ftp://ftp.ni.com/pub/branches/latam/Mexico/ExpoRobotica_2010/robotica_ii_desarrollo_de_sistemas_roboticos_con_el_modulo_de_labview_robotics.pdf

Autores, D. (15 de Agosto de 2011). *Sensores de Distancia*. Obtenido de Sensor IR GP2D12: <http://www.muchostrasto.com/gp2d12.php>

Autores, D. (s.f.). *dagik.org*. Obtenido de dagik.org: http://dagik.org/kml_intro/

Autores, V. (2 de Junio de 2011). *Calsi*. Obtenido de Calsi: http://www.calsi.com/doc_tec/10.pdf

Autores, V. (6 es.scribd.com/doc/52371073/Progr-grafica-Instr-y-control de Julio de 2011). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <http://>

Autores, V. (11 de Mayo de 2011). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/fys/FYS3240/v11/undervisning/smateriale/forelesninger/Lecture10%20%20Real-Time%20and%20Embedded%20v2.pdf>

Carlos, P. (2011). *Tecnologías para el Desarrollo de Sistemas Embebidos*.

César, V. (2004). *Programación Básica en Labview*.

Conrad, J. M. (2011). *Introduction to Robotics with LabVIEW Robotics*.

Cursomicros. (s.f.). *El Usart: Interface RS-232*. Obtenido de www.cursomicros.com: http://www.cursomicros.com/mod2/c07_01_estandar_rs232.html#estandar_rs232

- Distintos, A. (8 de Septiembre de 2011). *code.google.com*. Obtenido de code.google.com:
http://code.google.com/intl/es/apis/kml/documentation/kml_tut.html
- Distintos, A. (25 de Agosto de 2011). *MMA7260*. Obtenido de Three Axis Low-g-Accelerometer-Modules: <http://cgi.ebay.es/MMA7260-Three-Axis-Low-g-Accelerometer-Modules->
- Edgar, B., & Diana, M. (2008). *Prototipo de una tarjeta para el Control y Localización Vehicular Utilizando Mensajes SMS*. Sangolquí.
- Electronics, S. (Septiembre de 2006). *www.sparkfun.com*. Obtenido de www.sparkfun.com:
<http://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/Modules/GS405.pdf>
- electronics, S. (7 de Octubre de 2011). *www.uploadarchief.net*. Obtenido de www.uploadarchief.net:
<http://www.uploadarchief.net/files/download/cy2198tr.pdf>
- Eltra. (2000). *Encoder Incremental Descripción General*.
- Enrique, P., Fernando, R., & Lucas, L. (2004). *Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de Proyectos*. México: Alfaomega.
- Fernández Miguel, F. D. (2009). *Planificación de Trayectorias para un Robot Móvil*.
- Fuentes, D. (s.f.). *Google Earth COM API Class List*. Obtenido de web.archive.org:
<http://web.archive.org/web/20100408210316/http://earth.google.com/omapi/annotated.html>
- Giarmarchi, F. (2000). *Robot Móvil: Estudio Y Construcción*. Madrid: Paraninfo S.A.
- Global, C. E. (3 de Septiembre de 2011). *GPS y mapas del nuevo iPhone 3G*. Obtenido de GPS y mapas del nuevo iPhone 3G: <http://e-global.es/b2b-blog/2008/06/11/gps-y-mapas-del-nuevo-iphone-3g/>
- Instrument, N. (Febrero de 2007). *NI*. Obtenido de NI: :
<http://www.ni.com/pdf/manuals/371970a.pdf>

- Instruments, N. (Diciembre de 2008). *NI*. Obtenido de NI:
http://www.redeweb.com/_txt/649/54.pdf
- Instruments, N. (Junio de 2008). *NI*. Obtenido de NI:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/372916g.pdf>
- Instruments, N. (2009). *Getting Started with the Labview Robotics Modulee*.
- Instruments, N. (2009). *Using the LAbview Project for Robotics Applications*.
- instruments, n. (13 de Enero de 2010). *decibel.ni.com*. Obtenido de An
 Introduction to A Path Planning:
<https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-8983>
- Instruments, N. (29 de Julio de 2010). *NI*. Obtenido de NI:
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7441>
- Instruments, N. (17 de Julio de 2010). *NI*. Obtenido de NI:
<http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-217/lang/es>
- Instruments, N. (2010). *Robots, Sensors and Mechanisms*. Obtenido de NI:
<https://decibel.ni.com/content/blogs/MechRobotics/2010>
- Instruments, N. (10 de Junio de 2011). *NI*. Obtenido de NI:
<http://www.ni.com/pdf/manuals/375052c.pdf>
- Instruments, N. (25 de Julio de 2011). *NI*. Obtenido de NI:
<https://decibel.ni.com/content/community/zone/labviewrobotics>
- Instruments, N. (25 de Julio de 2011). *NI* . Obtenido de Labview Robotics:
<https://decibel.ni.com/content/community/zone/labviewrobotics?view=documents>
- Instruments, N. L. (Marzo de 2004). *NI*. Obtenido de NI:
<http://it360.tw/document/an/pdf/AN200.pdf>
- Instruments, N. (s.f.). *zone.ni.com*. Obtenido de zone.ni.com "Activex and
 Labview": <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2983>
- Jhon, G. (Febrero de 2010). *NI* . Obtenido de NI:
ftp://ftp.ni.com/pub/devzone/tut/abriljunio_

- José L, J. P. (2007). *Labview Entorno Gráfico de Programación*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Lavalle, & Steven. (2006). *PLANNING ALGORITHMS*. Press: Cambridge.
- Manual, N. I. (Agosto de 2004). *NI*. Obtenido de NI: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371007a.pdf>
- National Instruments. (2 de Septiembre de 2004). *NI*. Obtenido de NI: <http://www.tracnova.com/tracnova-pub/cRIO.pdf>
- NI, I. N. (2008). *Intriducción al Módulo Labview FPGA*.
- Parallax. (9 de Noviembre de 2009). *PING*. Obtenido de Ultrasonic Distance Sensor: <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/acc/28015-PING- v1.6.pdf>
- Parallax. (6 de Septiembre de 2010). *Parallax Standard Servo*. Obtenido de Parallax Standard Servo: <http://class.ee.iastate.edu/cpre288/resources/docs/900-00005StdServov2.1.pdf>
- Pitsco, T. (11 de Agosto de 2011). *Building System* . Obtenido de Using the R/C: http://www.tetrixrobotics.com/Building_System/Using_the_RC/
- Planet. (23 de Noviembre de 2007). *WRT-414 User Manual*. Obtenido de WRT-414 User Manual: http://www.planet.com.tw/en/support/download2.php?id=4200&file_type=3&prod_model=WRT-414
- Programados, I. d. (s.f.). *www.msebilbao.com*. Obtenido de Guía Rápida DEL MÓDULO DE reconocimiento de voz: <http://www.msebilbao.com/notas/downloads/VRbot%20Guia%20rapida.pdf>
- R. Silva, J. G. (2007). *Una Panorámica de los Robots Móviles*.
- Robotics, N. I. (2 de Febrero de 2010). *NI*. Obtenido de Ni: http://www.redeweb.com/_txt/663/20.pdf

- Rodrigo G, R. P. (2007). *Análisis del Software para el desarrollo de entorno Gráfico Labview*.
- Semiconductor, F. (MARzo de 2008). *+/-1.5g-6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer*. Obtenido de *+/-1.5g-6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer*: http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA7260QT.pdf
- Sharp. (15 de Agosto de 2011). *GP2Y0A21YK*. Obtenido de *GP2Y0D21YK*: <http://robotics.ee.uwa.edu.au/eyejr/sensors/Sharp-GP2Y0A21YK.pdf>
- Varios. (3 de Junio de 2011). *UFPS*. Obtenido de *UFPS*: <http://www.ufps.edu.co/materias/uelectro/htdocs/pdf/fpga.pdf>
- Vicente, G., Ramón, Y., & Luis, M. (2009). *Comunicaciones Industriales*. Madrid: Marcombo.
- Victor, G., & Robert, P. (18 de Enero de 2005). *www.revista.unam.mx*. Obtenido de *Evadiendo Obstaculos con Robots Móviles*: http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art02/art02_enero.pdf
- Wikipedia. (1 de Mayo de 2010). *Wikipedia*. Obtenido de *Wikipedia*: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_embebido
- Wikipedia. (3 de Septiembre de 2011). *Sistema de Posicionamiento Global*. Obtenido de *Sistema de Posicionamiento Global*: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global

7. ANEXOS

ANEXO A

Tabla A 1 Características Generales del Robot

Tamaño	405 mm x 368 mm x 150 mm (15.9" x 14,5 " x 5.9")
Peso	5 kg (11.02 lb)
Tiempo de carga de batería	1.7 horas
Tiempo de carga de batería (con el motor encendido)*	1 hora
Tiempo de carga de batería (con el motor apagado)	4 horas

Tabla A.2 Características de estabilidad del Robot

Deriva de desvío	80 MV / ° C
Deriva de ganancia	6 ppm / ° C

Tabla A.3 Características de protección Eléctrica del Robot

Sobretensión	±25 v a 25 ° C
Cortocircuito	Indefinidamente
Voltaje de encendido	0 V

Tabla A.4 Salidas Analógicas del Robot

Número de canales	4 canales de salida analógica
Resolución DAC	16 bits
Tipo de DAC	Cadena
Rango de salida	± 10 v
Voltaje de funcionamiento	
Nominal	± 10.7 v
Mínimo	± 10.3 v
Máximo	± 11 v
Unidad actual	± 3 mA por canal
Impedancia de salida	0,1 Ω

Tabla A.5 Características Generales de las entradas analógicas del Robot

Acoplamiento de entrada	DC
Rangos de entrada nominales	± 10 V, ± 5 V, ± 1 V, ± 0.2 V
Overrange mínimo (para el rango de 10 V)	4%
Máxima tensión de trabajo para entradas analógicas (señal + modo común)	Cada canal debe permanecer dentro de ± 10.4 v de común

Tabla A.6 Características de las entradas analógicas del Robot

Impedancia de entrada (AI-AI GND)	
Encendido	> 10 GΩ en paralelo con 100 pF
Encendido apagado/sobrecarga	1.2 kΩ min.
Corriente de polarización de entrada	±100 Pa
Diafonía (a 100 Khz)	
Canales adyacentes	-65 dB
Canales no adyacentes	-70 dB
Ancho de banda de pequeña señal	700 Khz
Protección de sobre voltaje	
Canal de AI (0 a 31)	±24 V (sólo un canal)
AISENSE	±24 v
CMRR (DC a 60 Hz)	92 dB

ANEXO B

Tabla B 1 Características del DIR-600

Especificaciones Extendidas	
Tipo de dispositivo	Enrutador inalámbrico
Factor de forma	Externo
Anchura, Profundidad, Altura	14.5 cm, 11.2 cm, 3 cm
Tecnología de conectividad	Inalámbrico, cableado
Conmutador integrado	Conmutador de 4 puertos
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n
Protocolo de conmutación	Ethernet
Red / Protocolo de transporte	PPTP, L2TP, IPSec
Protocolo de gestión remota	HTTP
Características	Soporte de NAT, Stateful Packet Inspection (SPI), pasarela VPN, Wi-Fi Protected Setup (WPS)
Cumplimiento de normas	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, Wi-Fi CERTIFIED, IEEE 802.11n
Antena	1 Externa desmontable
Interfaces	red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45 (WAN) red - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45
Cables (Detalles)	1 x cable de red

Algoritmo de cifrado	WPA, WPA2
Compatible with Windows 7	Fiabilidad con 32-bit y 64-bit Windows 7.
Cumplimiento de normas	Certificado FCC Clase B , IC
Dispositivo de alimentación	Adaptador de corriente - externa
Certificación ENERGY STAR	Sí
Sistema operativo requerido	Microsoft Windows XP SP2, Apple MacOS X 10.4, Microsoft Windows Vista
Dispositivos periféricos / interfaz	CD-ROM, adaptador de red

Tabla B 2 Características del Sensor Ping Parallax

Voltaje de Alimentación	5 Vdc
Consumo de Corriente	30-35mA Max
Rango de medición	3 cm hasta 3 m
Entrada de disparo	Pulso ascendente TTL con duración mínima de 5 us
Pulso de salida	Pulso ascendente TTL comprendido entre 115 us y 18.5 ms
Tiempo de espera para la medición	750 us luego del pulso de disparo
Frecuencia de ultrasonido	40 Khz
Tiempo de emisión	200 us
Tiempo mínimo de espera entre medidas	200 us
Dimensiones	22x46x16 mm

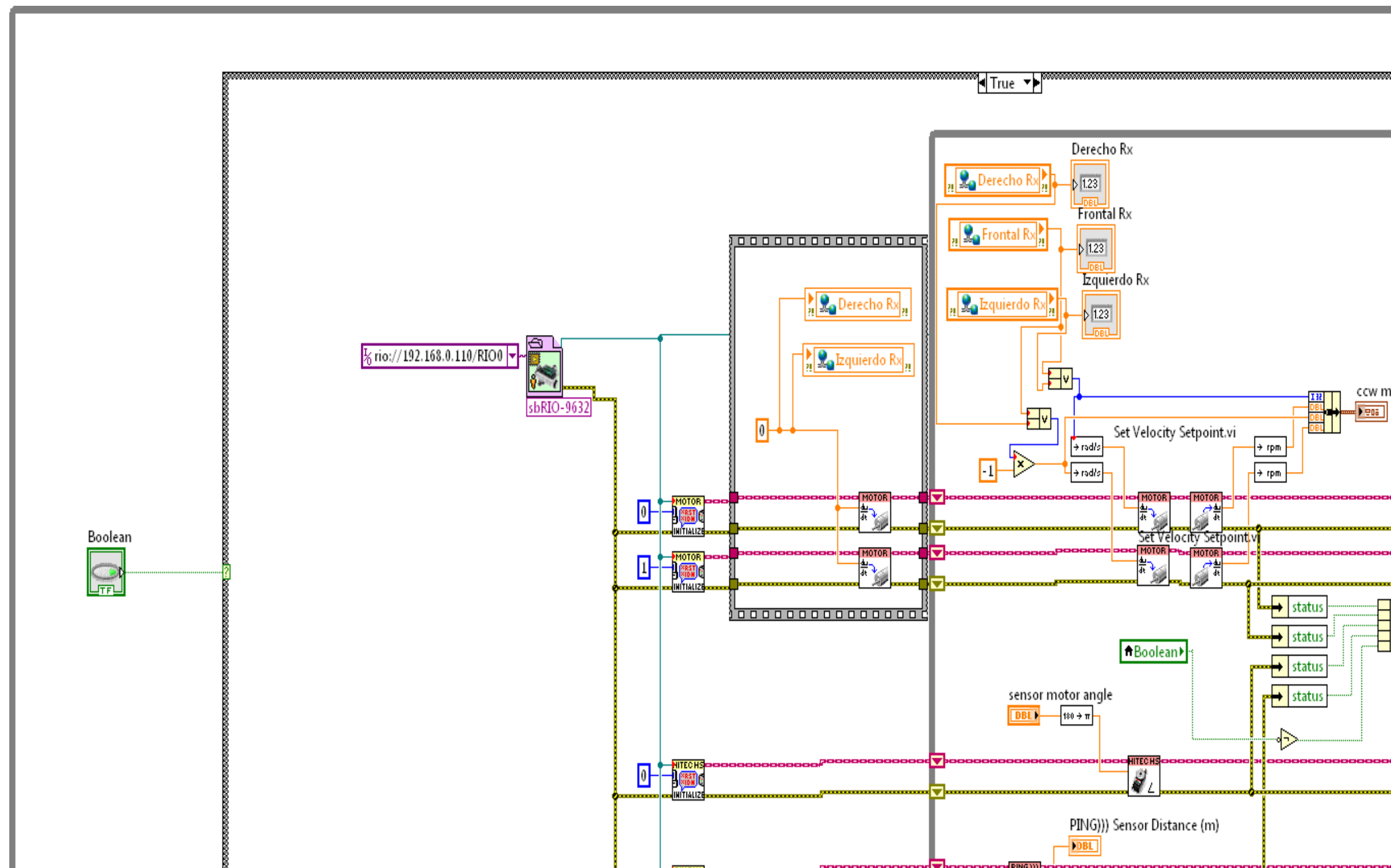
ANEXO C

Tabla C 1 Propiedades de las variantes del estándar IEEE 802.11

PARAMETRO	802.11 "a"/"h"	802.11 "b"	802.11 "g"	802.11 "n"
Banda de frecuencias	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 o 5 GHz
Velocidad de transferencia	54 Mbits/s	11 Mbits/s	54 Mbits/s	600 Mbits/s
Procedimiento de modulación	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM. DSSS

ANEXO D

Figura D.1: Diagrama de bloques de VI de forma Manual.



ANEXO E

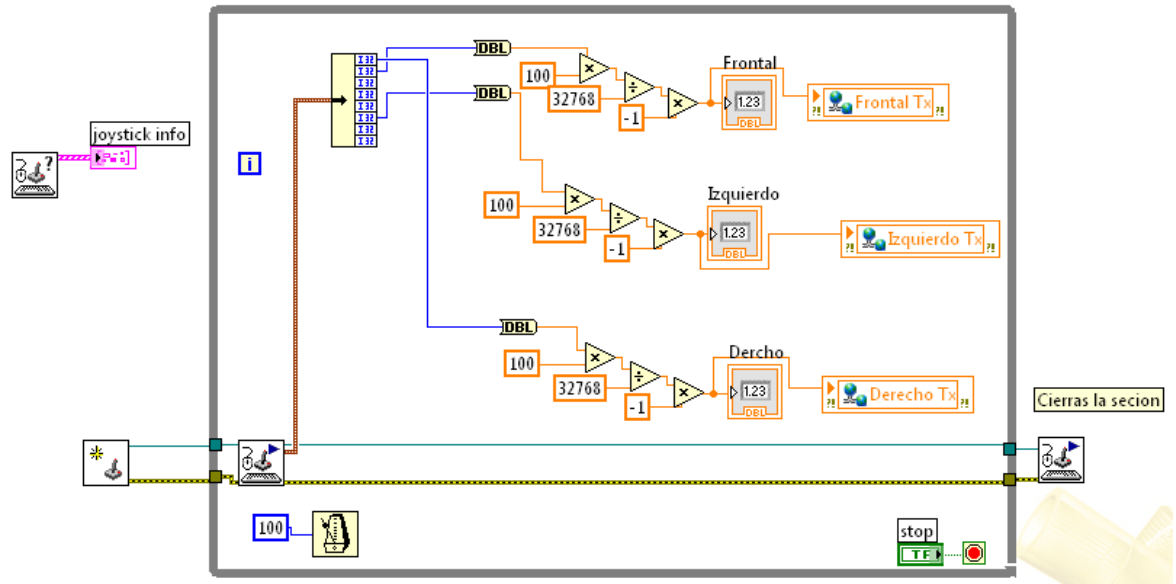


Figura E.1 Diagrama de Bloques del VI Control Joystick

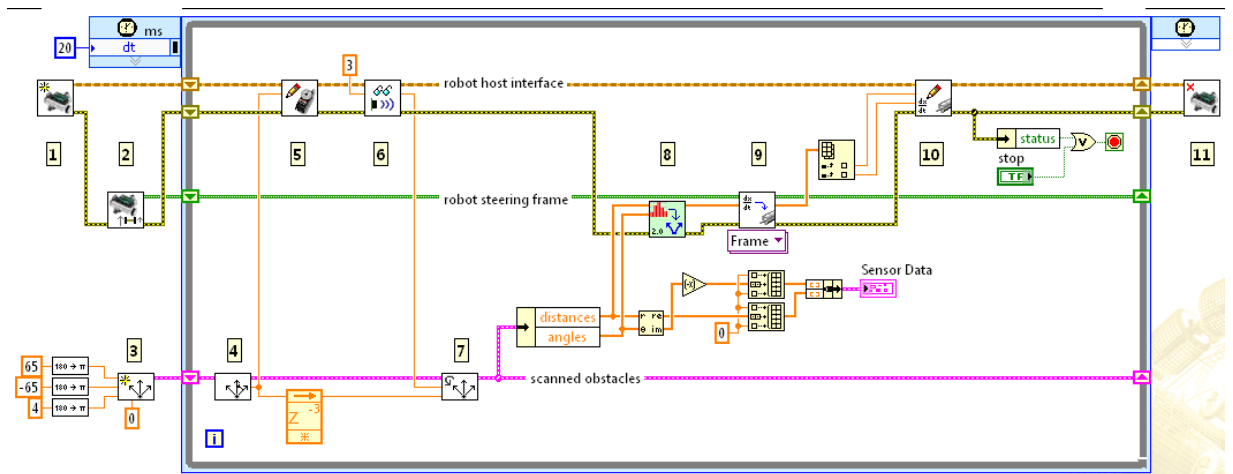


Figura E.2: Diagrama de Bloques del VI Starter Kit 2.0 Roaming

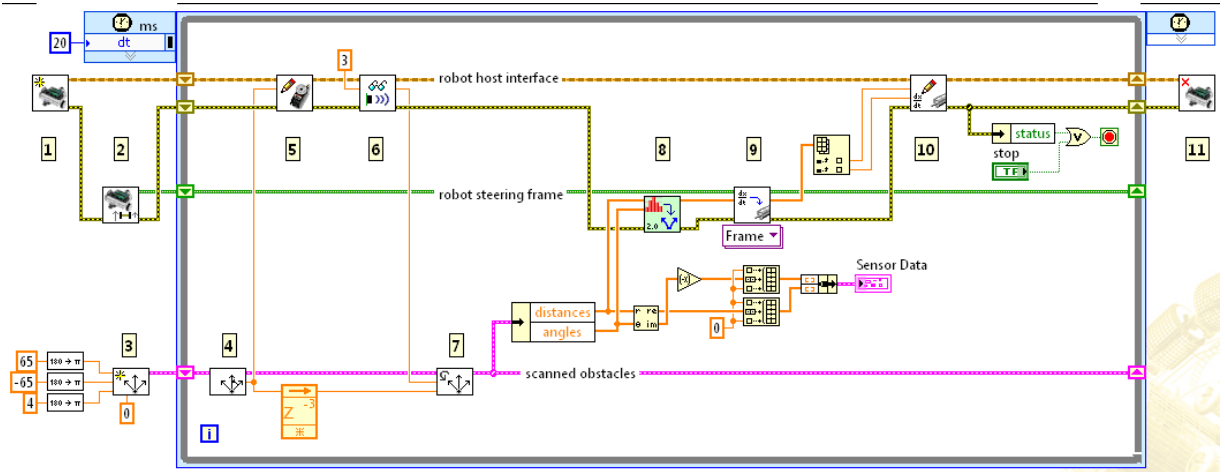


Figura E 3: Diagrama de Bloques del VI Starter Kit 2.0 Roaming para detección de personas.