

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	V
CAPÍTULO 1	1
Introducción	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Objetivos de la tesis.....	1
1.3 Metodología de la tesis	2
1.4 Estructura de la tesis	2
1.5 Relevancia de las competencias de robots móviles	3
1.6 Normativas de las competencias de robots de laberinto	3
1.6.1 El laberinto.....	4
1.6.2 El robot	4
1.6.3 La competencia.....	5
CAPÍTULO 2	7
Antecedentes	7
2.1 Historia de los robots móviles	7
2.2 Competencias de robots móviles a nivel mundial.....	8
2.2.1 Las competencias de robots de laberinto actuales	9
2.2.1.1 Micromouse contest.....	9
2.2.1.2 AAI Mobile Robot Competition	10
2.2.1.3 RoboCup	11
CAPÍTULO 3	13
Análisis y diseño de estructuras mecánicas de robots.....	13
3.1 Importancia del chasis.....	13
3.2 Estructuras más usuales	13

3.3	Materiales de elaboración del chasis, ventajas y desventajas	14
3.3.1	PVC.....	14
3.3.2	Sintra.....	14
3.3.3	PCB.....	15
3.4	Formas de tracción	16
3.4.1	Configuración diferencial.....	16
3.4.2	Configuración en triciclo	18
3.4.3	Configuración Ackerman	18
3.4.4	Dirección sincronizada.....	19
3.4.5	Configuración omnidireccional.....	20
3.4.6	Vehículos con múltiples grados de libertad.....	20
3.4.7	Tracción mediante orugas	22
CAPÍTULO 4		23
	Ruedas y motores.....	23
4.1	Tipos, dimensiones y material de las ruedas.....	23
4.2	Motores de corriente directa	26
4.3	Motores de corriente alterna.....	28
4.3.1	Motores universales	28
4.3.2	Motores síncronos.....	29
4.3.3	Motores de jaula de ardilla.....	30
4.4	Motores a pasos	32
4.4.1	Motor a pasos bipolar.....	33
4.4.2	Motores a pasos unipolares	34
4.5	Servomotores	34
4.6	Control de motores y servomotores	37
4.6.1	Control de motores de corriente continua.....	37
4.6.2	Secuencias para manejar motores paso a paso Bipolares	38
4.6.3	Secuencias para manejar motores paso a paso Unipolares.....	38
4.6.3.1	Secuencia Normal.....	39
4.6.3.2	Secuencia <i>wave drive</i> :	39

4.6.3.3	Secuencia de medio paso	40
---------	-------------------------------	----

CAPÍTULO 543

	Sensores de proximidad y de obstáculos	43
5.1	Sensores infrarrojos	43
5.1.1	Sensores reflectivos	44
5.1.2	Sensores de ranura (Sensor Break-Beam)	44
5.1.3	Sensores modulados.....	45
5.1.4	Ventajas de los sensores infrarrojos.....	45
5.1.5	Desventajas de los sensores infrarrojos.	46
5.2	Sensores ultrasónicos.....	46
5.2.1	Ventajas y desventajas de los sensores ultrasónicos	47
5.3	Sensores de luz.....	48
5.3.1	Ventajas y desventajas de los sensores de luz	49
5.4	Sensores seleccionados.....	50

CAPÍTULO 653

	Fuentes de energía.....	53
6.1	Tecnologías de pilas y baterías empleadas en la robótica	53
6.1.1	Baterías Alcalinas.....	54
6.1.2	Pilas alcalinas de magnesio.....	55
6.1.3	Baterías de Ni-Cd	55
6.1.3.1	Ventajas y desventajas de la pila de NiCd	56
6.1.4	Baterías de Ni-Mh.....	57
6.1.5	Baterías de Litio	58
6.1.5.1	Ventajas y desventajas de las baterías de litio.....	59
6.1.5.2	Proceso de recarga de las baterías de litio.....	60
6.1.6	Baterías de Litio polímetro Li-po	61
6.1.7	Comparación de tipos de baterías.....	62
6.2	Fuente de alimentación seleccionada.....	63

CAPÍTULO 7 67

Arquitecturas de controladores para robots.....	67
7.1 Tipos de Controladores utilizados en robótica.....	67
7.1.1 Microprocesadores.....	67
7.1.2 Microcontroladores.....	68
7.1.3 PDA	72
7.1.4 Computadoras personales.....	73
7.1.5 Sistemas embebidos.....	74
7.2 Controlador seleccionado	75

CAPÍTULO 8 77

Análisis de los algoritmos de solución de laberintos.....	77
8.1 Algoritmo de azar	77
8.2 Algoritmo de seguidor de paredes	78
8.3 Algoritmo de inundación.....	79
8.4 Algoritmo de navegación y solución	82

CAPÍTULO 9 83

Montaje y pruebas del robot.....	83
9.1 Etapas de la elaboración de la parte mecánica	83
9.2 Montaje de la parte electrónica y ajuste de los sensores de proximidad y distancia.	84
9.3 Codificación del algoritmo.....	93
9.4 Aplicación específica para el Torneo Mexicano de Robótica	93
9.5 Software necesario para cargar y ejecutar el programa controlador.	98
9.6 Pruebas del robot en el Torneo Mexicano de Robótica.....	99

CAPÍTULO 10..... 101

Análisis del desempeño del robot	101
10.1 Pruebas del robot propuesto	101
10.2 Características de los robots de laberinto reales	102

10.3 Comparación del comportamiento, tiempos de respuesta y eficiencia de la solución del laberinto	103
---	-----

CAPÍTULO 11105

Conclusiones.....	105
-------------------	-----

11.1 Propuesta de mejoras y trabajo futuro	107
--	-----

REFERENCIAS.....109

**CÓDIGO UTILIZADO PARA EL TORNEO MEXICANO DE
ROBÓTICA111**

GLOSARIO – TERMINOLOGÍA USADA.117

**HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES
ELECTRÓNICOS SELECCIONADOS.....119**

SOFTWARE EMPLEADO.....129

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Robots en el evento Robocup.....	11
Figura 2.2 Categoría de robots <i>Small Size</i>	12
Figura 3.1 La forma del chasis influye en el comportamiento dinámico del robot.....	14
Figura 3.2 Chasis de un robot de laberinto hecho con PCB	15
Figura 3.3 La tracción diferencial en robots	17
Figura 3.4 Más de una rueda loca puede provocar la falta de tracción	17
Figura 3.5 Disposición de las ruedas en configuración diferencial con una rueda loca al frente.....	17
Figura 3.6 Configuración en triciclo.....	18
Figura 3.7 Configuración Ackerman	19
Figura 3.8 Mecánica necesaria para diseñar una configuración sincronizada	20
Figura 3.9 a. Rueda omnidireccional b. Ejemplo de configuración omnidireccional...	20
Figura 3.10 Robot serpiente OmniTread	21
Figura 3.11 Robot con tracción de orugas.....	22
Figura 4.1 Relación ideal entre desplazamiento angular y lineal.....	23
Figura 4.2 Ruedas lisas.....	24
Figura 4.3 Ruedas todo terreno.....	24
Figura 4.4 Ruedas omnidireccionales.....	24
Figura 4.5 Ruedas locas o resbalones.....	25
Figura 4.6 Ruedas hechas de materiales metálicos.....	25
Figura 4.7 Robot con ruedas de plástico	26
Figura 4.8 Estator y rotor de un motor.....	27
Figura 4.9 Motor sin escobillas o brushless.....	27
Figura 4.10 Motor de indicción usando ampliamente para aplicaciones industriales y domésticas.....	29

Figura 4.11 Motor síncrono	30
Figura 4.12 Motor jaula de ardilla	31
Figura 4.13 Típico motor a pasos.....	32
Figura 4.15 Rotor de un motor a pasos	32
Figura 4.15 Circuitos de control para motores a pasos bipolares	33
Figura 4.16 Ejemplo de un circuito de control para motores a pasos unipolares.....	34
Figura 4.17 Diagrama esquemático de un servomotor	35
Figura 4.18 Señales que se aplican a los servomotores y los efectos sobre el eje del motor	36
Figura 4.19 Modificaciones que se realizan los servomotores para lograr la rotación continua.....	36
Figura 4.20 Esquema del funcionamiento de un Puente H para el control del sentido de giro de motores	37
Figura 5.1 Figura Fotodiodo y fototransistor comunes	44
Figura 5.2 Sensor reflexivo QRD1114	44
Figura 5.3 Sensores de ranura	45
Figura 5.4 Sensor modulado IS471F	45
Figura 5.5 Sensor de distancia ultrasónico	47
Figura 5.6 Sensor comercial Maxbotix LV-EZ3.....	47
Figura 5.7 Sensores LDR que varían su resistencia en función de la luz que les incide ..	48
Figura 5.8 Sensor LDR y su acondicionador de señal	49
Figura 5.9 Sensores de distancia que se han empleado en el robot propuesto	50
Figura 5.10 Imágenes en el osciloscopio de las señales leídas en los sensores	51
Figura 5.11 Imágenes de los sensores en el robot diseñado.....	52
Figura 6.1 Estructura de una batería alcalina	54
Figura 6.2 Estructura de una batería de Ni-Cd	56
Figura 6.3 Ejemplos de baterías de Ni-Mh	58

Figura 6.4 Un simple cargador de baterías de litio.....	60
Figura 6.5 Gráfica que muestra la densidad de carga de los distintos tipos de baterías	63
Figura 6.6 Cargador balanceador empleado	63
Figura 6.7 Circuito elevador y regulador de voltaje	64
Figura 6.8 Configuración del circuito elevador y regulador de voltaje	65
Figura 6.9 Imagen que muestra el aspecto real del circuito elevador y regulador de voltaje.....	65
Figura 6.10 Batería empleada y su ubicación en el robot	66
Figura 7.1 Microprocesador y periféricos mínimamente necesarios.....	68
Figura 7.2 Sistema microcontrolador	69
Figura 7.3 Una PDA IPaq de HP	72
Figura 7.4 Robot controlado por una PDA	73
Figura 7.5 Computadora personal <i>fit-PC</i>	74
Figura 7.6 Robot embebido Roomba	75
Figura 7.7 Periféricos que incluye el microcontrolador utilizado.....	76
Figura 8.1 Laberinto ejemplo.....	80
Figura 8.2 Avance del robot en el laberinto	80
Figura 8.3 Ajuste del valor de las celdas.....	81
Figura 9.1 Dimensiones y apariencia de la parte mecánica	84
Figura 9.2 Diagrama de uno de los sensores.....	84
Figura 9.3 Ángulos de incidencia y de reflexión	86
Figura 9.4 Colocación del encoder sobre cada una de las ruedas.....	86
Figura 9.5 Sistema electrónico de acondicionador de encoders.....	87
Figura 9.6 Circuito del elevador de voltaje regulado	88
Figura 9.7 Diagrama electrónico general del robot.....	90
Figura 9.8 Capas inferior y superior de la placa PCB del robot	91

Figura 9.9 Vista superior de la colocación de los elementos electrónicos.....	92
Figura 9.10 Algunas imágenes del robot completamente ensamblado.....	92
Figura 9.11 Movimiento del robot en las intersecciones	97
Figura 9.12 Laberinto micromouse para la prueba en el TMR 2011	99
Figura 9.13 Muestra de una de las celdas estándares para pruebas micromouse	100
Figura 9.14 Algunos de los robots participantes en el TMR micromouse.....	100
Figura 10.1 robot Tetra poseedor del record mundial.....	102
Figura 11.1 Sensor de distancia GP2D120XJ00F.....	105
Figura 11.2 Ejemplos de giroscopios	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 Señales de control en un Puente H y el resultado en el sentido de giro de los motores	37
Tabla 4.2 Secuencia de control para los motores a pasos bipolares.....	38
Tabla 4.3 Secuencia normal de control para motores unipolares	39
Tabla 4.4 Secuencia <i>wave drive</i> para motores unipolares	40
Tabla 4.5 Secuencia de medio paso para motores unipolares.....	41
Tabla 6.1 Comparación entre los distintos tipos de baterías que se utilizan en robótica	62

