

Universidad de Concepción.
Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Civil Mecánica.

Profesor Patrocinante:
Dr. Emilio Dufeu Delarze

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO ROBÓTICO INDUSTRIAL

JAIME ESTEBAN MATAMALA HERNÁNDEZ

Informe de Memoria de Título para Optar al Título de
Ingeniero Civil Mecánico

Mayo, 2002

Sumario

La robótica industrial es un campo que compete a los Ingenieros Mecánicos y que se encuentra en pleno desarrollo debido a la rápida impulsión tecnológica de las últimas décadas. La definición de que es un robot varía según la institución científica que se refiera a ella, por ello se suele asociar este concepto con la maquinaria automatizada.

Principalmente existen dos tipos de robots. Los robots en serie que son los primeros manipuladores que se construyeron, donde se encuentran los robots esféricos, cilíndricos, cartesianos y una serie de combinaciones de estos sistemas de coordenadas. Además, en los últimos años se han desarrollado los robots en paralelo que corresponden a mecanismos de lazo cerrado cuyo efector final se encuentra conectado a la base por cadenas cinemáticas independientes. Entre estos dos tipos fundamentales existe una suerte de dualidad tanto en el desempeño, diseño, y complejidad. Es decir, lo que resulta sencillo o aplicable para uno, no lo es para el otro.

Los robots industriales poseen una serie de características sobre las cuales deben ser estrictamente diseñados. Por ejemplo, el volumen de trabajo, velocidad de movimiento, capacidad de carga, precisión de movimiento, velocidad de respuesta, entre otros. Por otro lado, los robots industriales siempre realizan tareas específicas, por lo cual no deben ser considerados como herramientas universales.

El diseño robótico está asociado a la selección de los actuadores adecuados para cada proyecto. Los actuadores son los encargados de proveer de movimiento y fuerza a los diferentes elementos. En la actualidad y debido a los últimos avances al respecto, los más utilizados son los actuadores eléctricos, ya que permiten gran precisión y fácil control. Los actuadores oleohidráulicos presentan excelentes características operativas pero la complejidad de sus instalaciones es una gran desventaja. Por otro lado, los actuadores neumáticos y mecánicos son utilizados en instalaciones sencillas, con movimientos discretos o donde el costo de inversión no permite aplicar una mejor opción. Sin embargo, no existe un actuador que sea completamente superior a otro, ya que todos tienen distintas aplicaciones y falencias bajo ciertas condiciones operativas.

Los sensores no siempre son imprescindibles para procesos robóticos, ya que existen manipuladores programados para actuar en forma secuencial sin la necesidad de retroalimentarse con información del sistema. A pesar de esto, es necesario entender y conocer la variedad de instrumentos disponibles en la actualidad para controlar los distintos procesos industriales y aplicarlos en la robótica en la medida que sea necesario.

El proceso de diseño robótico resulta ser una tarea compleja y multidisciplinaria. El diseño mecánico es una labor parcial de un largo proceso que incluye conocimientos de informática, eléctrica, electrónica, procesos industriales específicos, control automático, factores humanos, entre otros. Si bien no existe un esquema sistemático de diseño robótico, hay disponibles una serie de recomendaciones al respecto que se han desarrollado junto a una base teórica importante. Una herramienta que será de gran utilidad es TRIZ. Esta es una teoría de resolución de problemas inventivos que se está comenzando a aplicar en forma masiva en empresas de alto renombre mundial. Asiste a los procesos de diseño y a la superación de contradicciones físicas.

El propósito de esta memoria de título es ser de apoyo a futuros proyectos relacionados con robótica en el Departamento de Ingeniería Mecánica de nuestra Universidad. Entre estos, se encuentra la posible creación de una asignatura de robótica industrial. Una de las primeras observaciones al respecto, es la necesidad de ampliar las fuentes de información. No hay suficiente material en la universidad para desarrollar el tema en forma adecuada y la atención que debieran tener estas materias no se ve reflejada en la malla curricular. Esto fue una gran dificultad en el desarrollo de este informe. La robótica industrial se está haciendo presente en forma acelerada en las empresas chilenas y extranjeras. Es un campo de acción muy importante y debemos ser los Ingenieros Mecánicos quienes encabezan el desarrollo de este nuevo mercado.

Índice

SUMARIO	1
ÍNDICE	3
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA	8
1.1 EL ROBOT INDUSTRIAL:	8
1.2 CLASIFICACIÓN DEL ROBOT INDUSTRIAL:	9
1.3 CARACTERÍSTICAS A CONSIDERAR:	10
1.3.1 Volumen de Trabajo:.....	11
1.3.2 Capacidad de Carga:	11
1.3.3 Velocidad de Movimiento:.....	12
1.3.4 Precisión de Movimiento:	12
1.3.4.1 Resolución Espacial:	12
1.3.4.2 Exactitud:	13
1.3.4.3 Repetibilidad:	14
1.3.5 Velocidad de Respuesta y Estabilidad:	15
1.4 TIPOS DE MANIPULADORES:.....	15
1.4.1 Robot Esférico o Polar:.....	16
1.4.2 Robot Cilíndrico:.....	17
1.4.3 Robot Cartesiano:	18
1.4.4 Otras Combinaciones:.....	18
1.4.4.1 Robot SCARA:.....	19
1.4.4.2 Robot Angular o Antropomórfico:	19
1.4.4.3 Robot Cartesiano – Cilíndrico:.....	19
1.4.5 Manipulador Paralelo:	20
CAPÍTULO 2: TIPOS DE ACTUADORES	21
2.1 ACTUADORES MECÁNICOS:.....	21

2.1.1 Frenos:	22
2.1.2 Momento de Inercia Variable:	23
2.2 ACTUADORES NEUMÁTICOS:	24
2.2.1 Cilindros Neumáticos:	25
2.2.1.1 Fuerza del Cilindro:	27
2.2.1.2 Consumo de Aire:	28
2.2.1.3 Velocidad del Vástago:	28
2.2.1.4 Pandeo en el Vástago:	29
2.2.2 Motores Neumáticos:	29
2.3 ACTUADORES OLEOHIDRÁULICOS:	31
2.3.1 Cilindros Hidráulicos:	32
2.3.1.1 Fuerza y Velocidad en los Cilindros:	33
2.3.2 Motores Hidráulicos:	34
2.4 ACTUADORES ELÉCTRICOS:	35
2.4.1 Motores Paso a Paso:	36
2.4.2 Motores de Corriente Continua:	37
2.4.3 Motores de Corriente Alterna:	37
2.4.4 Electromagnetos:	38
CAPÍTULO 3: SENSORES PARA LA AUTOMATIZACIÓN	39
3.1 SENSORES DE DESPLAZAMIENTO LINEAL Y ANGULAR:	39
3.1.1 Sensores Eléctricos:	40
3.1.1.1 Sensores de Resistencia Variable:	40
3.1.1.2 Sensores de Inducción Variable:	41
3.1.1.3 Sensores de Capacitancia Variable:	43
3.1.1.4 Sensores Ópticos:	44
3.1.2 Sensores Neumáticos:	45
3.1.3 Sensores Mecánicos:	47
3.1.4 Encoders y Resolvers:	47
3.2 SENSORES DE VELOCIDAD Y FLUJO:	48
3.2.1 Sensores de Velocidad:	48
3.2.2 Sensores de Flujo:	50
3.3 SENSORES DE FUERZA:	51
3.3.1 Sensores de Aceleración:	51
3.3.2 Sensores de Fuerza:	53

3.3.3 Sensores de Presión:	55
3.4 SENSORES DE TEMPERATURA:	56
3.4.1 Fenómeno Eléctrico:	56
3.4.2 Expansión Térmica:	57
3.4.3 Fenómeno Óptico:	58
3.5 SENSORES DE PRESENCIA:	59
CAPÍTULO 4: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO ROBÓTICO	61
4.1 EL PROCESO DE DISEÑO:	61
4.1.1 La Seguridad en el Diseño:	62
4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL:	65
4.2.1 Rigidez en la Estructura:	65
4.2.2 Estructuras Paralelas:	66
4.2.3 Diseño Geométrico:	67
4.2.4 Selección del Material:	68
4.3 SELECCIÓN DE ACTUADORES:	69
4.3.1 Sistemas Eléctricos:	70
4.3.2 Sistemas Hidráulicos:	71
4.3.3 Sistemas Neumáticos:	72
4.3.4 Sistemas Hidráulicos versus Neumáticos:	73
4.4 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA:	74
4.4.1 Transmisión del Movimiento:	74
4.4.2 Reductores:	76
4.4.3 Accionamiento Directo:	78
CAPÍTULO 5: TEORÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INVENTIVOS (TRIZ)	79
5.1 INTRODUCCIÓN:	79
5.1.1 Tipos de Problemas:	80
5.1.2 La Génesis de TRIZ:	81
5.1.3 Ley de Optimización:	83
5.2 TRIZ PASO A PASO:	83
5.2.1 Identificación del Problema:	84
5.2.2 Formulación del Problema:	85
5.2.3 Buscar Problema Análogo Previamente Resuelto:	85
5.2.3.1 Los 39 Parámetros Ingenieriles:	86
5.2.4 Buscar Soluciones Análogas y Adaptar la Solución:	87
	5.-

5.2.4.1 La Tabla de Contradicciones:	88
5.2.4.2 Los 40 Principios Inventivos:	88
5.3 LAS APLICACIONES DE TRIZ:	93
CONCLUSIONES	94
REFERENCIAS	96
ANEXO 1: MECANISMOS DE ESLABONES ARTICULADOS	100
A1.1 TIPOS DE ARTICULACIONES:	100
A1.2 MECANISMOS DE BARRAS:	102
A1.2.1 Mecanismos de Cuatro Barras:	102
A1.2.2 Mecanismo Biela – Manivela:	103
A1.2.3 Mecanismo de Yugo Escocés:	104
A1.2.4 Mecanismos de Retorno Rápido:	104
A1.2.5 Mecanismo de Palanca:	106
A1.2.6 Mecanismos de Línea Recta:	106
A1.2.7 Pantógrafo:	107
A1.3 MECANISMOS DE MOVIMIENTO INTERMITENTE:	107
A1.3.1 Engranaje Intermitente:	107
A1.3.2 Mecanismo de Trinquete:	108
A1.3.3 Rueda de Ginebra:	108
A1.3.4 Levas:	109
ANEXO 2: TABLA DE CONTRADICCIONES PARA TRIZ	112