
Contenido

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	14
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.1.1 Descripción de los problemas.....	15
1.2 Lugar de aplicación.....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo general.	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Resultados tangibles	17
1.5 Metodología de trabajo	17
1.6 Secuencia de actividades	19
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO	20
2.1 Descripción	21
2.2 Distribución del laboratorio de manufactura integrada por computador	21
2.2.1 Distribución actual del laboratorio	22
2.2.2 Distribución futura del laboratorio	22
2.3 Características de los manipuladores	23
2.3.1 Sony SCARA SRX 611	24
2.3.2 Motoman SK 6	26
2.3.3 Scorbot-ER Vplus.....	28
2.4 Características de la maquinaria CNC	29
2.4.1 CNC Romi Discovery 760.....	29
2.4.2 Fresadora CNC Denford.....	30
2.4.3 Torno CNC Denford.....	31
2.5 Investigación del estado del arte de las celdas de manufactura flexibles	32
2.5.1 Laboratorio de la Universidad del Bío-Bío.	33
2.5.2 Celda didáctica de manufactura flexible de ITESCA (Instituto Tecnológico Superior de Cajeme)	33
Capítulo 3 DESARROLLO	35
3.1 Distribución física de la celda manufactura flexible.....	36
3.2 Características de los materiales.....	37

3.2.1	Pieza principal.	37
3.2.2	Pieza secundaria	38
3.3	Opciones de trabajo en conjunto de manipuladores con CNC's.	38
3.4	Soluciones para apertura y cierre de la puerta de manera automática de las CNC's y sujeción de materiales.....	40
3.4.1	Sistema de apertura y cierre automático de puerta CNC Romi Discovery 760. 41	
3.4.2	Sujeción de material en Romi Discovery 760	43
3.4.3	Sistema de apertura y cierre automático de puerta de la fresadora Denford. .	51
3.4.4	Sujeción de material en la fresadora Denford	60
3.5	Sistema para almacenamiento del material de las piezas principales y secundarias y ensamble del producto final.....	61
3.5.1	Magazine para módulo de la pieza principal.	61
3.5.2	Magazine para módulo de la pieza secundaria.	63
3.5.3	Ensamble final.	65
3.6	Selección de las ventosas para el módulo principal y secundario.	69
3.7	Adaptadores para las ventosas de los manipuladores de cada módulo de las piezas. 72	
3.7.1	Adaptador de la ventosa para Motoman SK6 del módulo de la pieza principal. 72	
3.7.2	Adaptador para la ventosa del manipulador SCARA SRX 611 del módulo de ensamble.	73
3.8	Selección y diseño de cintas transportadoras.....	74
3.8.1	Cinta transportadora del módulo de la pieza principal.	75
3.8.2	Línea transportadora del módulo de la pieza secundaria.....	76
3.8.3	Descripción de las líneas transportadoras.....	77
	Pies.	78
	Perfil de soporte.	79
	Conectores de perfil.	79
	Perfil del transportador.	81
	Raíl de deslizamiento.	83
	Unidad de tracción	85

Unidad de reenvío	86
3.9 Identificación de las E/S de los módulos de trabajo.	92
3.9.1 Descripción de las E/S del módulo de la pieza principal.	92
3.9.2 Descripción de las E/S del módulo de la pieza secundaria.....	93
3.9.3 Descripción de las E/S del módulo de ensamble.....	95
3.10 Instalación electro neumática para cada módulo.....	96
3.10.1 Módulo de la pieza principal.	96
3.10.2 Módulo de la pieza secundaria.	98
3.10.3 Módulo de ensamble.....	100
3.11 Secuencia de trabajo de cada módulo.	102
3.11.1 Secuencia del módulo de pieza principal	102
3.11.2 Secuencia del módulo de pieza secundaria.	104
3.11.3 Secuencia del módulo de ensamblaje.	107
3.12 Comunicación.....	108
3.12.1 Módulo de la pieza principal.	108
3.12.2 Módulo de la pieza secundaria	114
3.12.3 Módulo de ensamble.....	118
3.13 Estrategias de trabajo de cada módulo.	123
3.13.1 Estrategia de trabajo del módulo de la pieza principal.	123
3.13.2 Estrategia de trabajo del módulo de la pieza secundaria.	126
3.13.3 Estrategia de trabajo del módulo de ensamble.	129
3.14 Cotizaciones.	132
3.15 Diseño final de la celda de manufactura flexible.	135
Capítulo 4	136
CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	136
4.1 Conclusiones.....	136
4.1.1 Conocimiento de las áreas de trabajo y las dimensiones de las máquinas. .	136
4.1.2 Selección de los componentes externos.....	136
4.1.3 Comunicación entre los distintos elementos de trabajo.....	137
4.1.4 Selección de la cinta transportadora.	137
4.2 Trabajo futuro.	137

Capítulo 5	138
Bibliografía.....	138
Anexo A Descripción de los elementos para la apertura y cierre de la puerta de la CNC Romi Discovery 760.....	139
Anexo B Dimensiones de la primera opción del fijador modular para la fijación del material en la CNC Romi Discovery 760.....	143
Anexo C Dimensiones de la segunda opción del fijador modular para la sujeción del material en la CNC Romi Discovery 760.....	150
Anexo D Dimensiones de la mesa de la CNC Romi DISCOVERY 760.	157
Anexo E Características de sensores para los fijadores modulares.	159
Anexo F Dimensiones del tope para el centrado del material en el fijador modular.	163
Anexo G Dimensiones del magazine para el módulo de la pieza principal.	165
Anexo H Características de los elementos de automatización del magazine de la pieza principal.....	170
Anexo I Dimensiones del magazine para el módulo de la pieza secundaria.	174
Anexo J Características de la unidad de vacío para la ventosa de los módulos de la pieza principal y secundaria.....	179
Anexo K Características del cilindro neumático de la segunda opción del fijador modular de la CNC Romi Discovery 760.....	183
Anexo L Dimensiones de la unión del cilindro neumático.	186
Anexo M Instalación del raíl de deslizamiento.	188
Anexo N Diseño de la placa para la extracción de señales de la CNC Romi Discovery 760.	192
Anexo O Dimensiones de la mesa de ensamble.....	194
Anexo P Dimensiones del adaptador para la ventosa del Motoman SK6.	206
Anexo Q Dimensiones del adaptador para la ventosa del manipulador SCARA SRX 611.	208
Anexo R Distancias entre cada modulo de trabajo.....	210

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Nombres de componentes actuales	22
Tabla 2-2 Nombres de distribución de la celda de manufactura flexible	23
Tabla 2-3 Características Sony SCARA SRX 611	25
Tabla 2-4 Características Motoman SK 6	27
Tabla 2-5 Características Scrobot-ER Vplus.....	28
Tabla 2-6 Características Romi Discovery 760.....	30
Tabla 2-7 Características Fresadora CNC Denford.....	31
Tabla 2-8 Características torno CNC Denford	32
Tabla 3-1 Elementos para la apertura y cierre automático de la CNC Romi Discovery 760	42
Tabla 3-2 Descripción de elementos para la apertura y cierre automático de la CNC Romi Discovery 760.....	42
Tabla 3-3 Elementos que constituyen el fijador modular.....	44
Tabla 3-4. Descripción de los elementos para la primera opción del fijador modular.....	45
Tabla 3-5. Elementos del fijador modular opción 2	47
Tabla 3-6 Elementos del soporte para el actuador.....	48
Tabla 3-7 Descripción de los elementos para el fijador modular	51
Tabla 3-8 Elementos del sistema de apertura y cierre	52
Tabla 3-9 Descripción de los elementos para el sistema de apertura y cierre de la puerta de la fresadora Denford.	60
Tabla 3-10. Elementos de Magazine principal	61
Tabla 3-11. Elementos del magazine secundario	63
Tabla 3-12. Cilindros neumáticos y sensor ocupados en los magazine de la pieza principal y secundaria	65
Tabla 3-13. Elementos de la mesa de ensamble.	67
Tabla 3-14. Elementos de la mesa de ensamble.	68
Tabla 3-15. Descripción de ventosa de vacío.	71
Tabla 3-16. Principales características de la cinta transportadora.....	74
Tabla 3-17. Elementos de la cinta transportadora de pieza principal.....	75
Tabla 3-18. Elementos del corte transversal.....	76
Tabla 3-19. Elementos de la línea transportadora de pieza secundaria.	77
Tabla 3-20. Descripción de los elementos del soporte	78
Tabla 3-21 Descripción de los perfiles del transportador.....	82
Tabla 3-22. Descripción de los raíles de deslizamiento.	83
Tabla 3-23. Longitud total del raíl de deslizamiento.....	84
Tabla 3-24. Descripción de la unidad de tracción.	85
Tabla 3-25. Descripción de la unidad de reenvió.	87
Tabla 3-26. Descripción de la cadena plana	88
Tabla 3-27. Elementos del sistema de perfil guía con brida.....	89
Tabla 3-28. Medidas de los perfiles guías	89

Tabla 3-29. Descripción del perfil guía	90
Tabla 3-30. Elementos de la brida.	90
Tabla 3-31. Descripción de la brida.....	91
Tabla 3-32. E/S del módulo de la pieza principal.....	93
Tabla 3-33. E/S del módulo secundario.....	94
Tabla 3-34. Componentes de control neumático para el módulo de la pieza principal.....	97
Tabla 3-35. Componentes de control neumático para el módulo de la pieza secundaria.	99
Tabla 3-36. Componentes de control neumático para el módulo de ensamble.	101
Tabla 3-37. Descripción de componentes de la placa para enviar señales a dispositivo controlador.....	114
Tabla 3-38. Análisis de las señales de la zona 1.....	125
Tabla 3-39. Análisis de señales de la zona 2	125
Tabla 3-40. Análisis de señales de la zona 3	126
Tabla 3-41. Análisis de señales de la zona 1.	127
Tabla 3-42. Análisis de señales de la zona 2.	128
Tabla 3-43. Análisis de señales de la zona 3.	129
Tabla 3-44. Análisis de señales de la zona 1.	131
Tabla 3-45. Análisis de señales de la zona 2.	131

Índice de Ilustraciones

Figura 1-1. Esquema resumen de la metodología	18
Figura 1-2. Esquema de secuencia de actividades	19
Figura 2-1. Organización marco teórico	21
Figura 2-2. Disposición de los equipos al inicio del proyecto.	22
Figura 2-3. Ubicación futura	23
Figura 2-4. Sony SCARA SRX 611	24
Figura 2-5. Medidas manipulador SCARA SRX 611	25
Figura 2-6. Motoman SK 6	26
Figura 2-7. Dimensiones del manipulador Motoman SK6	27
Figura 2-8. Scorbot	28
Figura 2-9. Dimensiones del manipulador Scorbot-ER Vplus.	29
Figura 2-10. Romi Discovery 760	30
Figura 2-11. Fresadora CNC Denford	31
Figura 2-12. Torno CNC Denford	32
Figura 2-13. Sistema de manufactura flexible de la Universidad del Bío-Bío implementada para el aprendizaje de sus estudiantes.	33
Figura 2-14. Celda de Manufactura flexible de ITESCA.	34
Figura 3-1. Módulo de la pieza principal.	36
Figura 3-2. Módulo de a pieza secundaria.	36
Figura 3-3. Modulo de ensamblaje.	37
Figura 3-4. Vaciado del material para convertirse en la pieza principal.	38
Figura 3-5. Vaciado del material para convertirse en la pieza secundaria.	38
Figura 3-6. Esquema general de la CMF.	40
Figura 3-7. Cilindro neumático con fijación a la puerta de la Romi Discovery 760.	42
Figura 3-8. Primera opción del fijador modular, montado en la mesa de la CNC Romi Discovery 760.	43
Figura 3-9. Primera opción del fijador modular.	44
Figura 3-10. Opción 2 del fijador modular, montado en la mesa de la CNC Romi Discovery 760.	46
Figura 3-11. Opción 2 del fijador modular.	47
Figura 3-12. Soporte para actuador.	48
Figura 3-13. Tope para la fijación del material.	49
Figura 3-14. Sensores para la detección del material.	50
Figura 3-15. Sistema alternativo para apertura y cierre de la puerta de la fresadora Denford.	52
Figura 3-16. Detalles de la palanca.	53
Figura 3-17. Descripción del Angulo de apertura	54
Figura 3-18. Diagrama de cuerpo libre de la puerta.	55
Figura 3-19. Diagrama de cuerpo libre de la puerta.	57

Figura 3-20. Fijador modular instalado en la fresadora Denford.	60
Figura 3-21. Magazine para pieza principal.	61
Figura 3-22. Base Magazine de la pieza principal.	62
Figura 3-23. Empuje de material.	62
Figura 3-24. Magazine para pieza secundaria.	63
Figura 3-25. Base magazine de la pieza secundaria.	64
Figura 3-26. Empuje de material.	64
Figura 3-27. Opciones de ensamble para producto final.	65
Figura 3-28 Detección de las piezas.	66
Figura 3-29. Mesa de ensamble.	67
Figura 3-30. Encaje de la pieza secundaria sobre la pieza principal.	68
Figura 3-31. Tope guía para el producto final.	68
Figura 3-32. Ventosa de vacío.	71
Figura 3-33. Ventosa instalada en Motoman SK6.	72
Figura 3-34. Ventosa instalada en SCARA SRX 611.	73
Figura 3-35. Diseño de cintas transportadoras FlexLink.	74
Figura 3-36. Cinta transportadora para pieza principal.	75
Figura 3-37. Corte transversal de la cinta transportadora.	76
Figura 3-38. Línea transportadora para pieza secundaria.	76
Figura 3-39. Soporte.	78
Figura 3-40. Pies.	79
Figura 3-41. Perfil de soportes.	79
Figura 3-42. Conector de perfil.	80
Figura 3-43. Escuadra.	81
Figura 3-44. Perfil del transportador recto.	82
Figura 3-45. Perfil del transportador curvo.	82
Figura 3-46. Perfil del raíl de deslizamiento	83
Figura 3-47. Distancia entre los raíl de deslizamiento de cada lateral del perfil del transportador.	84
Figura 3-48. Unidad de tracción con el motor acoplado.	85
Figura 3-49. Motorreductor modelo SA37DRS71M4/AL de la empresa SEW EURODRIVE.	86
Figura 3-50. Unidad de reenvío.	86
Figura 3-51. Cubierta protectora de extremo de reenvío.	87
Figura 3-52. Cadena plana	88
Figura 3-53. Perfil guía sujetado por brida	89
Figura 3-54. Brida.	90
Figura 3-55. Brida para sensor.	91
Figura 3-56. Circuito neumático del módulo principal.	97
Figura 3-57. Esquema del circuito electrónico del módulo principal.	98
Figura 3-58. Circuito eléctrico de las señales de salida del módulo principal.	98

Figura 3-59. Circuito neumático del módulo secundario.	99
Figura 3-60. Esquema del circuito electrónico del módulo secundario.	100
Figura 3-61. Circuito eléctrico de las señales de salida del módulo secundario.	100
Figura 3-62. Circuito neumático del módulo de ensamble.	101
Figura 3-63. Esquema del circuito electrónico del módulo de ensamble.	101
Figura 3-64. Circuito eléctrico del módulo de ensamble.	102
Figura 3-65. Grafcet del modulo de la pieza principal.	103
Figura 3-66. Grafcet del módulo de la pieza secundaria trabajando en conjunto con las CNC's Denford.	105
Figura 3-67 Grafcet del módulo de la pieza secundaria, solo del trabajo de la fresadora Denford.	106
Figura 3-68. Grafcet del modulo de ensamble.	107
Figura 3-69. Diagrama explicativo para control de elementos externos.	110
Figura 3-70 Bornera de iluminación para señales activas.	111
Figura 3-71. Detección de señales del controlador de la CNC Romi Discovery 760	112
Figura 3-72. Conexión de las borneras.	112
Figura 3-73. Placa para detección de señales.	113
Figura 3-74. Terminales de entrada	115
Figura 3-75. Terminales de salida tipo relé	116
Figura 3-76. Terminales de salida de colector abierto	116
Figura 3-77. Diagrama de comunicación del módulo de ensamble.	120
Figura 3-78. Identificación de las señales de entrada.	121
Figura 3-79. Identificación de las señales de salida.	122
Figura 3-80 Panel de I\O del controlador del manipulador Sony SCARA	123
Figura 3-81. Área de trabajo del módulo de la pieza principal.	124
Figura 3-82. Descripción de las zonas de trabajo del módulo de la pieza principal.	124
Figura 3-83. Área de trabajo del módulo de la pieza secundaria.	126
Figura 3-84. Descripción de las zonas de trabajo del módulo de la pieza secundaria.	127
Figura 3-85. Área de trabajo del módulo de ensamble.	129
Figura 3-86. Descripción de las zonas de trabajo del módulo de ensamble.	130
Figura 3-87. Diseño final de la celda de manufactura flexible.	135