

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	14
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	17
3. OBJETIVOS	20
3.1 GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. METODOLOGÍA	21
5. ESTADO DEL ARTE	23
5.1 HISTORIA DE LOS AGV	23
5.2 GENERALIDADES AGV	24
5.2.1 Tow (arrastre).	25
5.2.2 Load (carga).	26
5.2.3 Fork (Montacargas).....	26
5.2.4 Cart.	27
5.2.5 Vehículos líneas de ensamble.	27
5.3 ALGUNAS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA.....	28
5.3.1 Industria Automotriz.	28
5.3.2 Industria Papel.	28
5.3.3 Industria Plástica.	29
5.3.4 Industria Fibra de Vidrio.....	30
5.3.5 Almacenamiento.	31
5.4 FUNCIONES BÁSICAS DE LOS SISTEMAS AGV.....	31
5.4.1 Guiado.	31

5.4.2	Navegación.....	32
5.4.3	Gestión de tráfico.....	34
5.4.4	Transferencia de la carga.....	35
5.4.5	Gestión del sistema.....	35
5.5	COSTOS.....	35
5.5.1	Costos referentes.....	36
5.6	REGULACIONES Y REGLAMENTACIONES.....	37
5.7	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS AGV.....	40
6.	SISTEMAS AGV EN EL ENTORNO LOCAL.....	41
6.1	DESARROLLO EN UNIVERSIDADES LOCALES.....	41
6.2	AGV'S EN LA INDUSTRIA LOCAL.....	42
7.	DISEÑO CONCEPTUAL.....	44
7.1	PDS.....	44
7.2	CAJA NEGRA.....	48
7.3	ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	49
7.4	MATRIZ MORFOLÓGICA.....	51
7.5	EVALUACIÓN DE PORTADORES DE FUNCIÓN.....	52
7.6	CALCULOS PRELIMINARES.....	55
7.6.1	Motores.....	56
7.6.2	Baterías.....	58
7.6.3	Reductores y ruedas.....	60
7.6.4	Controlador.....	62
7.7	RUTAS FACTIBLES.....	62
7.7.1	Bocetos.....	65

7.7.2	Modelación.	68
7.7.3	Evaluación y selección.....	71
8.	DISEÑO DE DETALLE	74
8.1	SELECCIÓN DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	75
8.2	DISEÑO MECÁNICO	77
8.2.1	Análisis cinemático.	77
8.2.2	Análisis dinámico.	81
8.2.3	Estados de carga.	83
8.2.4	Análisis de elementos finitos.....	87
8.2.5	Cálculo de ejes.	102
8.2.6	Cálculo de platinas.	107
8.2.7	Cálculo de pernos.....	108
8.2.8	Planos de detalle.	111
8.3	DISEÑO ELÉCTRICO.....	111
8.3.1	Circuito de Potencia.....	112
8.3.2	Selección de Cables.	112
8.4	DISEÑO DEL CONTROL.....	115
8.4.1	Circuito de control.....	116
8.4.2	Programación del controlador.....	117
9.	CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO.....	120
9.1	COMPONENTES	120
9.2	COSTOS DEL PROTOTIPO.....	123
9.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	125
10.	CONCLUSIONES	129

11. BIBLIOGRAFÍA.....133

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Plano de espacios proyecto AGV SOFASA S.A.....	18
Ilustración 2. Stricker en uso.....	19
Ilustración 3. Metodología de desarrollo del proyecto.....	22
Ilustración 4. AGV Tow.	25
Ilustración 5. AGV Load.....	26
Ilustración 6. AGV Fork.....	26
Ilustración 7. AGV Cart	27
Ilustración 8. AGV Línea de ensamble.....	27
Ilustración 9. AGV en la Industria automotriz.....	28
Ilustración 10. AGV en la industria papel.....	29
Ilustración 11. AGV Industria Plástica.....	30
Ilustración 12. Aplicación Industria Fibra de Vidrio.	30
Ilustración 13. Aplicación almacenamiento.....	31
Ilustración 14. Desplazamiento por ruta fija.....	32
Ilustración 15. Desplazamiento por ruta variable.....	33
Ilustración 16. Caja negra	48
Ilustración 17. Estructura funcional.....	50
Ilustración 18. Matriz morfológica.....	52
Ilustración 19. Diagrama de cuerpo libre.....	56
Ilustración 20. Selección de rutas factibles.....	64
Ilustración 21. Boceto de configuración 1.....	66
Ilustración 22. Boceto de configuración 2.....	67
Ilustración 23. Boceto de configuración 3.....	68
Ilustración 24. Convención de ejes coordenados.....	69
Ilustración 25. Modelación y dimensiones generales de configuración 1.....	69
Ilustración 26. Modelación y dimensiones generales de configuración 2.....	70
Ilustración 27. Modelación y dimensiones generales de configuración 3.....	71
Ilustración 28. Medidas de desplazamiento del vehículo.....	79

Ilustración 29. Desplazamiento en curva del AGV.....	80
Ilustración 30. Dimensiones para cálculos de cargas.....	84
Ilustración 31. Cargas para estado estático.....	84
Ilustración 32. Cargas para estado acelerando.....	85
Ilustración 33. Cargas para estado desacelerando.....	86
Ilustración 34. Modelo con cargas de estado estático.....	91
Ilustración 35. Modelo con cargas de estado acelerando.....	94
Ilustración 36. Modelo con cargas de estado frenando.....	96
Ilustración 37. Cargas de barra.....	98
Ilustración 38. Esfuerzos en la barra (relevante: 90).....	99
Ilustración 39. Deformaciones del modelo.....	100
Ilustración 40. Esfuerzos del modelo.....	101
Ilustración 41. Diagramas de cargas de ejes.....	103
Ilustración 42. Diámetros de eje.....	103
Ilustración 43. Dimensiones y cargas sobre chumacera.....	108
Ilustración 44. Dimensiones y cargas sobre caja reductora.....	110
Ilustración 45. Ubicación de los sensores en el vehículo.....	115
Ilustración 46. Máquina de estado finito para programación básica del controlador.	118
Ilustración 47. Proceso de construcción.....	120
Ilustración 48. Estructura del vehículo.....	121
Ilustración 49. Transmisión del prototipo.....	121
Ilustración 50. Tablero de control del prototipo.....	122
Ilustración 51. Ensamble del prototipo (lateral).....	122
Ilustración 52. Ensamble del prototipo (frontal).....	123
Ilustración 53. Ensayos de funcionamiento #1.....	125
Ilustración 54. Ensayos de funcionamiento #2.....	126
Ilustración 55. Ensayos de funcionamiento #3.....	127
Ilustración 56. Ensayos de funcionamiento #4.....	128
Ilustración 57. Prototipo AGV en SOFASA.....	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas de navegación.....	34
Tabla 2. Estimación de costos de sistemas AGV.....	37
Tabla 3. Desarrollo de diferentes sistemas AGV en las universidades colombianas.	41
Tabla 4. Especificaciones de diseño del producto.	45
Tabla 5. Evaluación de portadores de función.....	53
Tabla 6. Tiempos de funciones en circuito.....	59
Tabla 7. Señales de entrada y salida del controlador.	62
Tabla 8. Propiedades de configuración 1.....	69
Tabla 9. Propiedades de configuración 2.....	70
Tabla 10. Propiedades de configuración 3.....	71
Tabla 11. Calificación de configuraciones.....	72
Tabla 12. Características elegidas.....	74
Tabla 13. Componentes principales.....	75
Tabla 14. Propiedades físicas del vehículo.....	77
Tabla 15. Valores utilizados para cálculos de estados de carga.	86
Tabla 16. Resultados de cálculos de estados de carga.....	87
Tabla 17. Parámetros para convergencia.....	89
Tabla 18. Parámetros de mallado.....	89
Tabla 19. Propiedades de los materiales de la estructura.	90
Tabla 20. Restricciones para en análisis de elementos finitos.....	90
Tabla 21. Cargas aplicadas para estado estático.....	91
Tabla 22. Resultados de refinación de mallado (estático).	92
Tabla 23. Cargas aplicadas para estado acelerando.....	94
Tabla 24. Resultados de refinación de mallado (acelerando).	95
Tabla 25. Cargas aplicadas para estado frenando.	96
Tabla 26. Resultados de refinación de mallado (frenando).....	97
Tabla 27. Resultados de refinación de mallado (ensayo de barra).....	99

Tabla 28. Esfuerzos máximos para tres casos.	100
Tabla 29. Análisis esfuerzo máximos.....	101
Tabla 30. Propiedades del material de los ejes.	104
Tabla 31. Valores para factores de modificación.	105
Tabla 32. Valores utilizados para el cálculo de resistencia de los ejes.....	106
Tabla 33. Resultados del cálculo de resistencia de los ejes.	106
Tabla 34. Valores de cargas sobre chumacera.....	108
Tabla 35. Valores de cargas sobre caja reductora.....	110
Tabla 36. Características y capacidades de cables CENTELSA ST-C.....	114
Tabla 37. Costos de fabricación del prototipo.	124
Tabla 38. Pruebas de funcionamiento.	126