

Índice de Contenidos

ÍNDICE DE TABLAS.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.2. OBJETIVOS.....	7
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	7
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	7
1.3. ALCANCES.....	8
1.4. LIMITACIONES	8
1.5. METODOLOGÍA.....	8
CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.1. <i>Cinta Transportadora</i>	10
2.1.2. <i>Variador de Frecuencia (VDF)</i>	15
2.1.3. <i>PLC</i>	15
2.1.4. <i>Sensor Fotoeléctrico</i>	16
2.2. ESTADO DEL ARTE	17
2.2.1. <i>Norma CEMA</i>	17
2.2.2. <i>La Cinta Transportadora en la industria</i>	18
2.2.3. <i>La Cinta Transportadora en la educación superior</i>	26
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	30
CAPÍTULO 4. SECCIÓN MECÁNICA	32
4.1. CARACTERIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO	33
4.2. CÁLCULO DE PESOS	34
4.2.1. <i>Correa transportadora</i>	35
4.2.2. <i>Tambores y polines</i>	35
4.2.3. <i>Carga</i>	36
4.3. CÁLCULO DE FUERZAS Y TORQUE.....	36
CAPÍTULO 5. SECCIÓN ELÉCTRICA.....	39
CAPÍTULO 6. SECCIÓN DE AUTOMATIZACIÓN.....	45
6.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	45
6.2. SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL CÓDIGO CARGADO EN EL PLC	46
6.3. COMUNICACIÓN MODBUS RTU.....	51
6.3.1. <i>Cableado de comunicación</i>	54
6.4. CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS EN LA RED MODBUS RTU	56
6.5. AGREGAR MÓDULO ANALÓGICO.....	68
6.6. PROGRAMA LADDER	72
6.6.1. <i>Programa principal</i>	74
6.6.2. <i>Subprograma Modo Manual</i>	75
6.6.3. <i>Subprograma Rutina 1</i>	76
6.6.4. <i>Subprograma Rutina 2</i>	77
CAPÍTULO 7. SELECCIÓN DE COMPONENTES	78
7.1. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA SELECCIÓN DE COMPONENTES	78
7.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS	79
7.2.1. <i>Reductor</i>	80
7.2.2. <i>Motor</i>	83
7.2.3. <i>Acople de crucetas flexible</i>	88
7.2.4. <i>Soportes con rodamiento</i>	90
7.2.5. <i>Tambores o poleas</i>	93
7.2.6. <i>Rodillos o polines de retorno</i>	95
7.2.7. <i>Correa</i>	97
7.3. SELECCIÓN DE COMPONENTES DE CONTROL	100
7.3.1. <i>PLC</i>	100
7.3.2. <i>Variador de Frecuencia</i>	105

7.3.3. Sensores fotoeléctricos.....	108
CAPÍTULO 8. RESULTADOS.....	112
8.1. DISEÑO.....	112
8.2. CONSTRUCCIÓN.....	116
CAPÍTULO 9. OBSERVACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	126
CAPÍTULO 10. CONCLUSIÓN.....	127
CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFÍA.....	130
CAPÍTULO 12. ANEXOS.....	134
12.1. ESTRUCTURA.....	134
12.2. POLEAS Y POLINES.....	137
12.3. REDUCTOR KEB	140
12.4. MOTOR 3AC CIDEPA.....	141
12.5. SOPORTES.....	142
12.6. PLC.....	145
12.6.1. DVP- 12SE.....	145
12.6.2. DVP-09XA-S.....	146
12.7. VARIADOR DE FRECUENCIA VFD7A5MS21ANSAA.....	147

Índice de Tablas

TABLA 4.1: DATOS NECESARIOS PARA CÁLCULO DEL PESO DE LA CORREA TRANSPORTADORA.	35
TABLA 6.1: PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA DELTA MS300	56
TABLA 6.2: CONFIGURACIÓN BUS RS-485	66
TABLA 6.3: INSTRUCCIONES BÁSICAS MODBUS PARA EL CONTROL DE LA CINTA TRANSPORTADORA.	73
TABLA 7.1: DATOS PARA SELECCIONAS REDUCTOR.	80
TABLA 7.2: DATOS PARA SELECCIONAR UN MOTOR AC.....	84
TABLA 7.3: DATOS PARA SELECCIONAR UN ACOPLE FLEXIBLE.	88
TABLA 7.4: DATOS PARA SELECCIONAR SOPORTES CON RODAMIENTOS.....	90
TABLA 7.5: DATOS PARA SELECCIONAR POLEAS.....	94
TABLA 7.6: DATOS PARA SELECCIONAR BANDA TRANSPORTADORA.....	98
TABLA 7.7: DATOS PARA SELECCIONAR UN VARIADOR DE FRECUENCIA.....	105

Índice de Figuras

FIGURA 2.1: ARREGLO TÍPICO DE UNA CINTA TRANSPORTADORA HORIZONTAL.	11
FIGURA 2.2: EJEMPLOS DE POLEAS DE USO COMÚN.....	12
FIGURA 2.3: EJEMPLOS DE POLINES DE USO COMÚN.....	13
FIGURA 2.4: DOS CONFIGURACIONES COMUNES QUE ESTABILIZAN LA CORREA EN SU TRAYECTORIA DE IDA.	13
FIGURA 2.5: MECANISMO TENSOR.	14
FIGURA 2.6: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN VDF.....	15
FIGURA 2.7: DIAGRAMA GENERAL DE UN PLC.	16
FIGURA 2.8: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN SENSOR FOTOELÉCTRICO REFLECTOR(ARRIBA) Y DE BARRERA DE LUZ (ABAJO)	16
FIGURA 2.9: CINTA TRANSPORTADORA UTILIZADA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS.....	19
FIGURA 2.10: CINTA TRANSPORTADORA UTILIZADA EN INDUSTRIA QUÍMICA	21
FIGURA 2.11: CINTA TRANSPORTADORA UTILIZADA EN INDUSTRIA DE MADERA	23
FIGURA 2.12: CINTA TRANSPORTADORA UTILIZADA EN MINERA LOS PELAMBRES	24
FIGURA 2.13: SISTEMA TRANSPORTADOR UTILIZADA MÁS LARGO DEL MUNDO	25
FIGURA 2.14: MÓDULO DIDÁCTICO PARA CLASIFICACIÓN, EMPACADO E INSPECCIÓN DE HUEVOS	27
FIGURA 2.15: MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSPORTE Y CLASIFICACIÓN DE OBJETOS	28
FIGURA 2.16: MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSPORTE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE PROXIMIDAD	29
FIGURA 3.1: ESQUEMA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSPORTE HORIZONTAL.	30
FIGURA 4.1: REPLICA CON DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA BASE PARA MONTAR LA CINTA TRANSPORTADORA.	32
FIGURA 4.2: DIMENSIONES DE ELEMENTOS QUE DEBERÁ MOVER EL MOTOR JUNTO CON LA CARGA.	34
FIGURA 4.3: DIAGRAMA DE FUERZAS PRESENTES EN LA CINTA.....	36
FIGURA 5.1: ESQUEMA ELÉCTRICO DE LOS COMPONENTES DE LA CINTA TRANSPORTADORA.	39
FIGURA 5.2: CUADRO DE RECOMENDACIÓN DE CABLES DE POTENCIA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MS300 SEGÚN SU MODELO	40
FIGURA 5.3: CUADRO DE RECOMENDACIÓN DE CABLES DE CONTROL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MS300	40
FIGURA 5.4: PLANO ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE POTENCIA DE LA C. TRANSPORTADORA.	41
FIGURA 5.5: PLANO ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE CONTROL DE LA C. TRANSPORTADORA.	43
FIGURA 5.6: DIAGRAMA ELÉCTRICO DE LOS SENSORES FOTOELÉCTRICO.	44
FIGURA 6.1: ESQUEMA DE INTERFAZ DE LA CINTA DE TRANSPORTE, VISTA SUPERIOR.....	45
FIGURA 6.2: DIAGRAMA DE SENSORES DE LA CINTA DE TRANSPORTE, VISTA SUPERIOR.	46
FIGURA 6.3: DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CINTA DE TRANSPORTE, INICIO.....	47
FIGURA 6.4: DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CINTA DE TRANSPORTE, MODO MANUAL.	48
FIGURA 6.5: ESTADO DEL PANEL DE CONTROL EN MODO MANUAL.	48
FIGURA 6.6: DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CINTA DE TRANSPORTE, MODO RUTINA1.	49
FIGURA 6.7: ESTADO DEL PANEL DE CONTROL EN MODO RUTINA 1.....	50
FIGURA 6.8: ESTADO DEL PANEL DE CONTROL EN MODO RUTINA 2.....	50
FIGURA 6.9: DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CITA DE TRANSPORTE, MODO RUTINA2.....	51
FIGURA 6.10: ESTRUCTURA GENERAL DE UNA TRAMA EN MODBUS RTU.....	52
FIGURA 6.11: REGISTROS DE ESCRITURA PARA INSTRUCCIONES MODBUS	53
FIGURA 6.12: ESQUEMA DE CONEXIÓN MODBUS ENTRE PLC DEV-12SE Y VDF MS300.....	55
FIGURA 6.13: ESTRUCTURA ESCOGIDA PARA LOS BYTES EN LA TRAMA DE MODBUS RTU	57
FIGURA 6.14: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 1 Y 2.	58
FIGURA 6.15: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 3 Y 4.	59
FIGURA 6.16: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 5 Y 6.	60
FIGURA 6.17: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 7.1.....	60
FIGURA 6.18: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 7.2.....	61

FIGURA 6.19: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 8	62
FIGURA 6.20: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 9	62
FIGURA 6.21: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 10	63
FIGURA 6.22: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 11	63
FIGURA 6.23: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 12	64
FIGURA 6.24: CONFIGURACIÓN MODBUS EN PLC DEV-12SE PASO 13	65
FIGURA 6.25: TABLA DE CONFIGURACIÓN DE CONEXIÓN MODBUS RTU DEL PLC DEV-12SE .	66
FIGURA 6.26: CONFIGURACIÓN DEL PLC DELTA EN ISPSOFT.....	67
FIGURA 6.27: AGREGAR MÓDULO ANALÓGICO PASO 1 Y 2.	68
FIGURA 6.28: AGREGAR MÓDULO ANALÓGICO PASO 3 Y 4.....	69
FIGURA 6.29: ADQUISICIÓN DE DATO DE CANAL 1 DEL MÓDULO A/D.....	71
FIGURA 6.30: REGISTROS DE CONTROL (CR) DEL MÓDULO ANALÓGICO DVP06XA-S .	72
FIGURA 6.31: PROGRAMA PRINCIPAL	74
FIGURA 6.32: SUBPROGRAMA DE MODO MANUAL.....	75
FIGURA 6.33: SUBPROGRAMA DE RUTINA 1.	76
FIGURA 6.34: SUBPROGRAMA DE RUTINA 2.	77
FIGURA 7.1: DESGLOSE DE LAS PIEZAS MECÁNICAS QUE COMPONEN LA CINTA TRANSPORTADORA.	79
FIGURA 7.2: TABLA DE SELECCIÓN DE TAMAÑOS DEL REDUCTOR SEGÚN SUS PARÁMETROS .	81
FIGURA 7.3: TABLA DE EFICIENCIA DE REDUCTOR EN FUNCIÓN DEL RATIO Y TAMAÑO .	82
FIGURA 7.4: PLACA REDUCTOR SIN FIN CORONA MARCA KEB INSTALADO.....	82
FIGURA 7.5: TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE MOTORES SIEMENS DE 4 POLOS .	85
FIGURA 7.6: PLACA MOTOR TRIFÁSICO 4 POLOS MARCA CIDIPA INSTALADO.	86
FIGURA 7.7: MOTORREDUCTOR DE LA CINTA TRANSPORTADORA.	86
FIGURA 7.8: MOTORREDUCTOR INSTALADO EN LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 1.....	87
FIGURA 7.9: MOTORREDUCTOR INSTALADO EN LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 2.....	87
FIGURA 7.10: TABLA DE SELECCIÓN ACOPLAMIENTO DE CRUCETAS FLEXIBLE MARCA FENNER.	88
FIGURA 7.11: ACOUPLE FLEXIBLE FENNER INSTALADO, VISTA 1.....	89
FIGURA 7.12: ACOUPLE FLEXIBLE FENNER INSTALADO, VISTA 2.....	89
FIGURA 7.13: ESTRUCTURA GENERAL DE SOPORTES CON RODAMIENTOS TIPO UC.	90
FIGURA 7.14: CARGAS MÁXIMAS DE SOPORTES TIPO CUADRADO 4 PERNOS (TIPO F) Y TENSOR (TIPO T).	91
FIGURA 7.15: SOPORTE DE BRIDA UCF 204 INSTALADO.	92
FIGURA 7.16: SOPORTE TENSOR UCT 204 INSTALADO.	92
FIGURA 7.17: CLASIFICACIÓN DE POLEAS POR NORMA CEMA SEGÚN SU DIÁMETRO EN PULGADAS.	93
FIGURA 7.18: ESFUERZOS MÁXIMOS PARA POLEAS TIPO CEMA B EN LIBRAS.	94
FIGURA 7.19: PESO PROMEDIO PARA POLEAS SEGÚN NORMA CEMA EN LIBRAS.....	94
FIGURA 7.20: DIMENSIONES TENTATIVAS EN [MM] DEL TAMBOR MOTRIZ (ABAJO) Y CONDUcido (ARRIBA).	95
FIGURA 7.21: DIMENSIONES TENTATIVAS EN [MM] DE RODILLOS DE RETORNO.	96
FIGURA 7.22: POLINES INSTALADOS EN EL TRANSPORTADOR, VISTA 1.....	96
FIGURA 7.23: POLINES INSTALADOS EN EL TRANSPORTADOR, VISTA 2.....	97
FIGURA 7.24: DIMENSIONES TENTATIVAS EN [MM] DE LA CORREA DE ESPESO 2[MM].....	98
FIGURA 7.25: UNIÓN MECÁNICA TIPO ALLIGATOR PARA BANDA TRANSPORTADORA .	99
FIGURA 7.26: BANDA TRANSPORTADORA INSTALADA.	99
FIGURA 7.27: PLC Y MÓDULO ANALÓGICO INSTALADOS	100
FIGURA 7.28: PERFIL Y ESQUEMA DEL PLC DVP- 12SE	101
FIGURA 7.29: PERFIL Y ESQUEMA DEL MÓDULO ANALÓGICO DVP- 06XA-S	101
FIGURA 7.30: ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DEL PLC DVP-12SE .	102
FIGURA 7.31: ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DEL MÓDULO ANALÓGICO DVP-06XA-S .	102
FIGURA 7.32: MAPA DE DIRECCIONES DEL PLC DVP-12SE, PARTE 1	103
FIGURA 7.33: MAPA DE DIRECCIONES DEL PLC DVP-12SE, PARTE 2	104

FIGURA 7.34: VARIADOR DE FRECUENCIA INSTALADO.....	106
FIGURA 7.35: DIAGRAMA DE TERMINALES DE CONTROL	107
FIGURA 7.36: DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN Y MAPA DE UBICACIÓN DE TERMINALES DE CONTROL EN EL PANEL FRONTAL DEL VDF	106
FIGURA 7.37: UBICACIÓN DE LOS SENSORES FOTOELÉCTRICOS INSTALADOS.....	108
FIGURA 7.38: SENSOR REFLECTOR SOEG-RT-Q20-NP-S-2L-TI INSTALADO.....	109
FIGURA 7.39: DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR REFLECTOR SOEG-RT-Q20-NP-S-2L-TI	109
FIGURA 7.40: SENSOR RECEPTOR BARRERA DE LUZ SOEG-E-Q30-NS-S-2L INSTALADO.....	110
FIGURA 7.41: DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR RECEPTOR SOEG-E-Q30-NS-S-2L	110
FIGURA 7.42: DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR EMISOR SOEG-S-Q30-S-L	111
FIGURA 7.43: SENSORES EMISOR Y RECEPTOR BARRERA DE LUZ INSTALADOS.....	111
FIGURA 8.1: DISEÑO DE LA NUEVA ESTRUCTURA METÁLICA PARA MONTAR LOS COMPONENTES DE LA CINTA TRANSPORTADORA.....	112
FIGURA 8.2: MODELO CAD DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA1.....	113
FIGURA 8.3: MODELO CAD DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA2.....	113
FIGURA 8.4: MODELO CAD DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA3.....	114
FIGURA 8.5: MODELO CAD DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA4.....	115
FIGURA 8.6: ESTRUCTURA BASE DE LA CINTA TRANSPORTADORA.....	116
FIGURA 8.7: ETAPA INICIAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TRANSPORTADOR.....	117
FIGURA 8.8: ETAPA FINAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TRANSPORTADOR.....	118
FIGURA 8.9: BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 1.....	119
FIGURA 8.10: BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 2.....	119
FIGURA 8.11: BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 3.....	120
FIGURA 8.12: BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 4.....	121
FIGURA 8.13: PANEL ELÉCTRICO DEL BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA1.....	122
FIGURA 8.14: PANEL ELÉCTRICO DEL BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA2.....	123
FIGURA 8.15: PANEL ELÉCTRICO DEL BANCO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA CINTA TRANSPORTADORA, VISTA 3.....	124
FIGURA 8.16: VENTILACIÓN DEL PANEL ELÉCTRICO DEL BANCO DE LA CINTA TRANSPORTADORA.....	125