



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“SISTEMA DE CONTROL PARA MAQUINA TRITURADORA DE
PLANTAS Y DESECHOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
ABONO EN EL SECTOR AGRÍCOLA”**

AUTOR: EDGAR RICARDO ALDÁS CORTEZ

DIRECTOR: ING. DIEGO VALLEJO

IBARRA – ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR			
CEDULA DE IDENTIDAD	100312049-8		
APELLIDOS Y NOMBRES	EDGAR RICARDO ALDÁS CORTEZ		
DIRECCIÓN	RÍO BLANCO S/N Y MIGUEL ALBÁN		
E-MAIL	edgar.ricardo.22@gmail.com		
TELÉFONO FIJO	062585285	TELÉFONO MÓVIL	0969199775
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	SISTEMA DE CONTROL PARA MÁQUINA TRITURADORA DE PLANTAS Y DESECHOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO EN EL SECTOR AGRÍCOLA		
AUTOR	EDGAR RICARDO ALDÁS CORTEZ		
FECHA	JUNIO DEL 2015		
PROGRAMA	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
ASESOR	ING. DIEGO VALLEJO		

2 AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edgar Ricardo Aldás Cortez, con cédula de identidad Nro. 100312049-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.



.....

Firma

Nombre: Edgar Ricardo Aldás Cortez

Cédula: 100312049-8

Ibarra, Junio del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Edgar Ricardo Aldás Cortez, con cédula de identidad Nro. 100312049-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Sistema de Control para máquina Trituradora de plantas y desechos orgánicos para la producción de abono en el sector agrícola", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Edgar Ricardo Aldás Cortez

Cédula: 100312049-8

Ibarra, Junio del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

.....

Firma

Nombre: Edgar Ricardo Aldás Cortez

Cédula: 100312049-8

Ibarra, Junio del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado denominado "Sistema de Control para máquina Trituradora de plantas y desechos orgánicos para la producción de abono en el sector agrícola", presentado por el señor Edgar Ricardo Aldás Cortez, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.



ING. DIEGO VALLEJO
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, EDGAR RICARDO ALDÁS CORTEZ, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y certifico la veracidad de las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Firma

Nombre: Edgar Ricardo Aldás Cortez

Cédula: 100312049-8

Ibarra, Junio del 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

Ante todo a Dios, a mis padres y hermano que supieron apoyarme en todo momento durante el transcurso de mi carrera.

A los amigos y personas que supieron colaborarme con la idea de realizar el proyecto en donde nació el tema, gracias por el apoyo brindado que en cualquier momento Dios les brindará su recompensa.

Un agradecimiento especial a mi primo Alex que se ha portado como un hermano, durante mucho tiempo brindando un apoyo infinito en mi familia que también fue uno de los colaboradores para que este proyecto se haga realidad.

Además brindo un sincero agradecimiento al Ing. Álvaro Fuentes, aunque ya no se encuentre en el país pero supo brindarme su apoyo y su ayuda incondicional para la realización de este proyecto de trabajo de grado y además al Ing. Diego Vallejo que me dio una mano para terminar el proyecto.

Agradezco también a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, que ha sido mi lugar de estudios en donde aprendí muchas cosas que han sido útiles para mí gracias a la ayuda y colaboración de mis queridos docentes que pusieron un granito de arena en el transcurso de la carrera que será muy útil en mi vida profesional

Edgar Ricardo Aldás Cortez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este proyecto final a mis padres y mi hermano que siempre estuvieron conmigo apoyándome en todo momento.

Además al resto de mi familia que se encuentran en la ciudad de Quito que han estado conmigo en las buenas y en las malas en varios momentos de mi vida que siempre supieron valorar mis esfuerzos y esmeros con los cuales he logrado una meta más en mi vida.

Edgar Ricardo Aldás Cortez

RESUMEN

El presente proyecto de trabajo de grado, que se detalla a continuación se lo realiza a partir de la necesidad de disminuir el esfuerzo físico en fincas y haciendas que utilizan instrumentos cortantes para el picado de las mismas ramas y plantas que pasaron por su última cosecha, el cual sirve como abono orgánico hacia las demás plantas que se encuentran en los cultivos.

Para la implementación del sistema se utilizará la máquina TRAPP TRF 300 que es un molino triturador adecuado para la solución del problema. En cuanto al sistema de control contenido en un tablero electrónico, se implementarán los circuitos de fuerza y control respectivamente haciendo que el elemento principal del sistema sea un variador de frecuencia Micromaster MM440 marca SIEMENS, que cumplirá la función de variar la velocidad del motor incorporado en el molino triturador a tres velocidades fijas lo cual se conseguirá tres tipos de triturado en tres tamaños diferentes para producción de abono o alimento de animales, como más le convenga utilizar al operario del sector agrícola.

ABSTRACT

This degree project work , which is detailed below is done from the need to reduce the physical strain on farms and ranches that use cutting tools for chopping the same branches and plants that underwent their last harvest , which serves as an organic fertilizer to other plants found in the cultures.

For the implementation of the TRAPP system TRF 300 machine is suitable grinding mill for the solution of the problem will be used. As the control system contained in an electronic board, the power and control circuits are implemented respectively by the main element of the system is a frequency SIEMENS Micromaster MM440 brand , which will act to vary the speed of the motor built the grinding mill to three fixed speeds which three types of crushing will be achieved in three different sizes for composting or animal feed , at your convenience using the operators of the agricultural sector.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
CONSTANCIA.....	V
CERTIFICACIÓN	VI
DECLARACIÓN	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
ÍNDICE DE TABLAS	XXIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXIV
PRESENTACIÓN	XXVI
CAPÍTULO I	1
1 ANTEPROYECTO Y MARCO TEÓRICO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.2 PROBLEMA	1
1.1.3 OBJETIVOS	3
1.1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.1.4 ALCANCE	3
1.1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.2 EL ABONO	4
1.2.1 CONCEPTO GENERAL.....	4
1.2.2 RIQUEZA DEL ABONO	5
	XII

1.2.3 CLASIFICACIÓN DEL ABONO.....	5
1.2.3.1 POR SU ESTADO FÍSICO.....	5
1.2.3.2 POR SU NATURALEZA.....	6
1.2.3.3 POR SU FORMULACIÓN.....	6
1.2.4 ABONOS QUÍMICOS.....	6
1.2.5 ABONOS ORGÁNICOS.....	7
1.2.6 APLICACIÓN DE LOS ABONOS QUÍMICOS	7
1.2.7 APLICACIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS.....	8
1.3 LAS TRITURADORAS	8
1.3.1 TIPOS DE TRITURADORAS	9
1.3.1.1 TRITURADORA DE MARTILLOS.....	9
1.3.1.2 TRITURADORA DE CUCHILLAS	9
1.3.2 TIPOS DE TRITURACIÓN.....	10
1.3.2.1 TRITURACIÓN PRIMARIA	10
1.3.2.2 TRITURACIÓN SECUNDARIA	11
1.3.3 ETAPAS DE TRITURACIÓN	11
1.3.3.1 TRITURACIÓN (DESINTEGRACIÓN GROSERA).....	11
1.3.3.2 MOLIENDA (DESINTEGRACIÓN FINA)	12
1.4 SISTEMAS DE CONTROL	12
1.4.1 CONCEPTOS GENERALES	12
1.4.2 REPRESENTACIÓN EN DIAGRAMAS DE BLOQUES.....	14
1.4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	14
1.4.3.1 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO.	15
1.4.3.2 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO.	15
1.5 CONTROL.....	18
1.5.1 ¿QUÉ ES CONTROL?.....	18
1.5.2 CONCEPTO DE SEÑAL	19
1.5.3 ¿QUÉ ES UN SISTEMA?	19
1.5.4 ¿CÓMO SE REPRESENTA UN SISTEMA?	19

1.5.5 TIPOS DE CONTROL.....	19
1.6 CONTROL DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD	21
1.6.1 EL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	21
1.6.2 MOTIVOS PARA EMPLEAR VARIADORES DE VELOCIDAD	21
1.6.3 COMPOSICIÓN DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA.....	22
1.6.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	22
1.6.5 VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS MICROMASTER 440	23
1.6.5.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	24
1.7 TACÓMETRO	25
1.8 EL MOTOR (CONCEPTOS BÁSICOS)	26
1.8.1 MOTOR ELÉCTRICO	26
1.8.1.1 TIPOS.....	26
1.8.1.1.1 MOTOR CC (CORRIENTE CONTINUA)	26
1.8.1.1.2 MOTOR CA (CORRIENTE ALTERNA)	27
1.8.1.2 POTENCIA	27
1.8.1.3 ROTACIÓN	28
1.8.1.4 DESLIZAMIENTO	28
1.8.1.5 TENSIÓN	28
1.8.1.5.1 TIPOS DE TENSIÓN	28
1.8.1.6 FRECUENCIA	29
1.8.1.7 GRADO DE PROTECCIÓN	29
1.8.1.8 CARCASA	31
1.8.1.9 CLASES DE AISLAMIENTO	31
1.8.1.10 VENTILACIÓN	32
1.8.1.11 PLACA DE IDENTIFICACIÓN	32
1.9 CORREAS O BANDAS DE TRANSMISIÓN.....	34
1.9.1 DEFINICIÓN DE CORREAS DE TRANSMISIÓN	34
1.9.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CORREAS.....	35
1.9.2.1 CORREAS TRAPEZOIDALES.....	36

1.9.2.1.1 GENERALIDADES.....	36
1.9.2.1.2 LONGITUD PRIMITIVA.....	39
1.9.2.1.2 IDENTIFICACIÓN	42
CAPÍTULO II	43
2 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA Y SUS COMPONENTES	43
2.1 INTRODUCCIÓN	43
2.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DEL TRABAJADOR	43
2.3 SELECCIÓN DE MÁQUINA TRITURADORA	44
2.4 SELECCIÓN DEL MOTOR	47
2.5 LAS CUCHILLAS Y MARTILLOS	48
2.5.1 MULTI-CUT 150	48
2.5.2 CUCHILLAS VIKING	48
2.5.3 SISTEMA DE CORTE DE 3 CUCHILLAS	49
2.6 LAS PLANTAS Y ÁREA DE INGRESO A LA MÁQUINA	51
2.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES TRAPP TRF 300	52
CAPÍTULO III	53
3 CÁLCULOS DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA Y DEL SISTEMA DE CONTROL.....	53
3.1 INTRODUCCIÓN	53
3.2 MOTOR ELÉCTRICO	53
3.2.1 DATOS DE LA MÁQUINA MOLINO TRITURADOR Y CÁLCULO DE PRODUCCIÓN APROXIMADA	53
3.2.2 GRADO DE DESMENUZAMIENTO (I).....	54
3.2.3 POTENCIA DEL MOTOR	54
3.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR	56
3.3 POLEAS DE TRANSMISIÓN	58
3.3.1 VELOCIDAD LINEAL DE LA BANDA	58
3.4 LAS BANDAS DE TRANSMISIÓN.....	59
3.4.1 DATOS DE LAS BANDAS PROPORCIONADAS POR EL FABRICANTE	59
3.4.2 LONGITUD DE LA BANDA.....	60

3.4.3 COEFICIENTE DE ROZAMIENTO	61
3.4.4 FUERZA DE DEFLEXIÓN	61
3.4.5 ÁREA DE LA BANDA.....	62
3.4.6 TENSIÓN ESTÁTICA DE LA BANDA.....	64
3.4.7 CANTIDAD DE BANDAS	67
3.5 MODELO MATEMÁTICO Y FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE LA PLANTA.....	70
3.5.1 RESISTENCIA EN EL ESTATOR.....	70
3.5.2 INDUCTANCIA EN EL ESTATOR	70
3.5.3 ECUACIÓN DE CIRCUITO RL Y FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA.....	71
3.5.4 GRÁFICAS DE LA ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA UTILIZANDO MATLAB.....	73
3.5.4.1 GRÁFICA DE RESPUESTA DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA.....	73
3.5.4.2 LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES	76
3.6 COMPONENTES DEL SISTEMA	81
CAPÍTULO IV	84
4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	84
4.1 INTRODUCCIÓN	84
4.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS.....	84
4.2.1 INTERRUPTOR DIFERENCIAL	84
4.2.2 CONTACTOR.....	86
4.2.3 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	87
4.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL TACÓMETRO DIGITAL	88
4.2.5 CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD	89
4.3 DIAGRAMA DE PROCESO	90
4.4 ELABORACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	90
CAPÍTULO V	94
5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	94
5.1 INTRODUCCIÓN	94
5.2 PRUEBAS	94
5.2.1 TRITURACIÓN A FRECUENCIA FIJA 1	95

5.2.2 TRITURACIÓN A FRECUENCIA FIJA 2	100
5.2.3 TRITURACIÓN A FRECUENCIA FIJA 3	105
5.3 APLICACIÓN.....	110
5.4 CANTIDAD DE CARGA APLICADA	111
5.5 RESULTADOS.....	112
CAPÍTULO VI.....	113
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
6.1 CONCLUSIONES.....	113
6.2 RECOMENDACIONES	114
ANEXOS.....	119
ANEXO 1 MANUAL DE USUARIO PARA OPERAR LA MÁQUINA TRITURADORA Y EL SISTEMA DE CONTROL	120
ANEXO 2 MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA	129
ANEXO 3 MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA TRITURADORA.....	139
ANEXO 4 INSTRUCCIONES DE SERVICIO MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS	144
ANEXO 5 PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN EL PANEL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	146
ANEXO 6 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	160
ANEXO 7 PLANOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTROL Y ARQUITECTURA DEL TABLERO.....	164

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Abono orgánico	6
FIGURA 2: Abono químico	7
FIGURA 3: Trituradora de martillos	9
FIGURA 4: Trituradora de cuchillas	10
FIGURA 5: La salida del sistema se debe a la interacción de la entrada con el proceso.....	13
FIGURA 6: Distintos tipos de entradas aplicadas a los sistemas de control.....	13
FIGURA 7: Elementos de los diagramas de bloques	14
FIGURA 8: Sistema de lazo abierto para controlar el tueste de un pan.	15
FIGURA 9: Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado.	16
FIGURA 10: Sistema de control del grado de tueste de un pan.	17
FIGURA 11: Representación de un sistema.....	19
FIGURA 12: Condiciones de estabilidad.	20
FIGURA 13: Variador de frecuencia SIEMENS Micromaster MM440.....	25
FIGURA 14: Tacómetro digital.....	26
FIGURA 15: Grado de protección de un motor	31
FIGURA 16: Placa de identificación de un motor	32
FIGURA 17: Despiece total de un motor 1LA7.....	34
FIGURA 18: Esquema de una correa trapezoidal	37
FIGURA 19: Perfiles normalizados correa trapezoidal	38
FIGURA 20: Elementos de una correa trapezoidal	39
FIGURA 21: Esquema de montaje de una transmisión por correa	39
FIGURA 22: Tabla de Diámetro mínimo de poleas para bandas	40
FIGURA 23: Tabla de Longitudes normalizadas de correas trapezoidales	41
FIGURA 24: Tabla de Coeficientes C1 y C2	42
FIGURA 25: Identificación de correa trapezoidal	42
FIGURA 26: Producción de abono orgánico de forma manual2.3 Selección de máquina trituradora	43
FIGURA 27: Triturador Forrajero TRAPP TRP 40.....	44

FIGURA 28: Triturador de residuos orgánicos TRAPP TR 200	45
FIGURA 29: Triturador Forrajero TRAPP TRF 60	45
FIGURA 30: Triturador Forrajero TRAPP TRF 300	46
FIGURA 31: Triturador Forrajero TRAPP TRF 300	47
FIGURA 32: Cuchilla Multi-cut 150	48
FIGURA 33: Cuchillas Viking	49
FIGURA 34: Sistema de corte de 3 cuchillas	49
FIGURA 35: Eje conformado por 2 cuchillas y 10 martillos.....	50
FIGURA 36: Área de ingreso en forma inclinada	51
FIGURA 37: Área de ingreso en forma recta o lineal	52
FIGURA 38: Dato del molino triturador.....	56
FIGURA 39: Placa del motor de la máquina.....	56
FIGURA 40: Poleas de transmisión.....	58
FIGURA 41: Bandas o Correas en “V”	59
FIGURA 42: Tabla de Longitudes de las bandas tipo A.....	60
FIGURA 43: Tabla de Coeficientes de rozamiento.....	61
FIGURA 44: Tabla de Fuerza de Deflexión de las bandas	62
FIGURA 45: Dimensiones de una banda.....	63
FIGURA 46: Tabla de Dimensiones de los tipos de bandas	63
FIGURA 47: Tabla de Dimensiones normalizadas de poleas con acanaladuras para correa trapecial.....	64
FIGURA 48: Tabla de Factores de corrección de longitud.....	68
FIGURA 49: Tabla de Potencia nominal transmisible por correa.....	69
FIGURA 50: Circuito serie RL.....	71
FIGURA 51: Respuesta de la función de transferencia en lazo abierto.....	74
FIGURA 52: Respuesta de la función de transferencia en lazo cerrado.....	74
FIGURA 53: Sistema en configuración lazo cerrado	76
FIGURA 54: Representación de un número complejo	78
FIGURA 55: Lugar Geométrico de las Raíces.....	79

FIGURA 56: Lugar Geométrico de las Raíces con ganancia de 0 a	80
FIGURA 57: Diagrama de Bode del Sistema	80
FIGURA 58: Diagrama de Nyquist del Sistema.....	81
FIGURA 59: Interruptor diferencial	85
FIGURA 60: Contactor NC1-12	87
FIGURA 61: Tacómetro digital con sensor de proximidad	88
FIGURA 62: Sensor de proximidad	89
FIGURA 63: Diagrama de proceso de conexión.	90
FIGURA 64: Preparación del tablero electrónico	90
FIGURA 65: Ubicación de elementos.....	91
FIGURA 66: Ubicación de canaletas	91
FIGURA 67: Cableado del tablero electrónico	92
FIGURA 68: Ubicación de pulsadores y selector de posición	92
FIGURA 69: Ubicación del sensor de proximidad en la polea de la máquina.....	93
FIGURA 70: Montaje total del sistema	93
FIGURA 71: Selector en la posición 1	95
FIGURA 72: Frecuencia 1 mostrada en la pantalla del variador	95
FIGURA 73: Velocidad 1 mostrada en la pantalla del tacómetro con un rango de error de 2% ...	96
FIGURA 74: Trituración de alfalfa en tamaño grande	96
FIGURA 75: Trituración de matas de fréjol en tamaño grande	97
FIGURA 76: Trituración de matas de papa en tamaño grande	97
FIGURA 77: Trituración de caña de maíz en tamaño grande	98
FIGURA 78: Trituración de pasto en tamaño grande	98
FIGURA 79: Trituración de ramas de árbol de aguacate en tamaño grande	99
FIGURA 80: Trituración de caña de azúcar en tamaño grande	99
FIGURA 81: Selector en la posición 2	100
FIGURA 82: Frecuencia 2 mostrada en la pantalla del variador	100
FIGURA 83: Velocidad 2 mostrada en la pantalla del tacómetro con un rango de error de 2%. ...	101
FIGURA 84: Trituración de alfalfa en tamaño mediano.....	101

FIGURA 85: Trituración de matas de fréjol en tamaño mediano	102
FIGURA 86: Trituración de matas de papa en tamaño mediano	102
FIGURA 87: Trituración de caña de maíz en tamaño mediano.....	103
FIGURA 88: Trituración de pasto en tamaño mediano	103
FIGURA 89: Trituración de ramas de aguacate en tamaño mediano	104
FIGURA 90: Trituración de caña de azúcar en tamaño mediano	104
FIGURA 91: Selector en la posición 3	105
FIGURA 92: Frecuencia 3 mostrada en la pantalla del variador	105
FIGURA 93: Velocidad 3 mostrada en la pantalla del tacómetro con un rango de error de 2%.	106
FIGURA 94: Trituración de alfalfa en tamaño pequeño	106
FIGURA 95: Trituración de matas de fréjol en tamaño pequeño	107
FIGURA 96: Trituración de matas de papa en tamaño pequeño	107
FIGURA 97: Trituración de caña de maíz en tamaño pequeño	108
FIGURA 98: Trituración de pasto en tamaño pequeño	108
FIGURA 99: Trituración de ramas de aguacate en tamaño pequeño	109
FIGURA 100: Trituración de caña de azúcar en tamaño pequeño	109
FIGURA 101: Aplicación de abono en el sector agrícola	110
FIGURA 102: Abono aplicado en sembríos de árboles de aguacate.....	111
FIGURA 103: 500Kg de carga triturados en media hora aproximadamente.....	111
FIGURA 104: Ramas de tomate listas para quemarse (Problema)	112
FIGURA 105: Máquina trituradora de plantas y desechos orgánicos para la producción de abono (Solución)	112
FIGURA 106: Cuchillas De La Máquina	121
FIGURA107: No introducir la mano con motor en movimiento	132
FIGURA 108: Tabla de características técnicas.....	133
FIGURA109: Tabla de Características de Producción	134
FIGURA110: Componentes Principales	134
FIGURA 111: Operación Con Granos	136
FIGURA 112: Operación con Forrajes.....	137

FIGURA 113: Colocación de Tamices.....	138
FIGURA 114: Contracuchilla.....	140
FIGURA 115: Afilado Correcto e Incorrecto de Cuchillas.....	141
FIGURA 116: Posición de Martillos	142
FIGURA 117: Tabla de Sugerencias	143
FIGURA 108: Paneles disponibles para los convertidores MICROMASTER 440	146
FIGURA 109: Interruptor DIP.....	147

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Conversión de unidades de potencia	27
TABLA 2: Número de polos según frecuencia eléctrica	28
TABLA 3: Tablas de significado según dígitos de grado de protección	30
TABLA 4: Cuadro comparativo de elección de la máquina.	46
TABLA 5: Características del motor	57
TABLA 6: Parámetros de las correas según fabricantes	66
TABLA 7: Parámetros del variador de frecuencia.....	82
TABLA 8: Cuadro comparativo de optimización de abono entre las diferentes cargas de trituración.....	110
TABLA 9 Ajustes por defecto para funcionamiento utilizando el panel SDP	148
TABLA 10: Ajustes por defecto para funcionamiento mediante panel BOP.	149
TABLA 11: Costo de motor eléctrico.....	160
TABLA 12: Costo de Variador de Frecuencia	160
TABLA 13: Costo de tablero electrónico y sus componentes.....	161
TABLA 14: Costo de elaboración.....	162
TABLA 15: Costos de investigación y papelería	162

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: Longitud primitiva de una banda o correa	41
ECUACIÓN 2: Grado de desmenuzamiento	54
ECUACIÓN 3: Velocidad Lineal	58
ECUACIÓN 4: Relación de Transmisión	59
ECUACIÓN 5: Coeficiente de rozamiento	61
ECUACIÓN 6: Área de una banda	63
ECUACIÓN 7: Fuerza en los ramales de la correa	64
ECUACIÓN 8: Momento Tensor en una polea.....	65
ECUACIÓN 9: Tensión estática en una polea.....	65
ECUACIÓN 10 A: Fuerza en el ramal de la correa	65
ECUACIÓN 10 B: Fuerza en el ramal de la correa	65
ECUACIÓN 11: Relación de tensiones en una correa	65
ECUACIÓN 12: Tensión estática de la banda.....	66
ECUACIÓN 13: Potencia útil admisible	67
ECUACIÓN 14: Coeficiente de ángulo de contacto1	67
ECUACIÓN 15: Coeficiente de ángulo de contacto 2	67
ECUACIÓN 16: Número de bandas	69
ECUACIÓN 17: Fórmula de potencia	70
ECUACIÓN 18: Intensidad de corriente en el motor	70
ECUACIÓN 19: Fórmula de la Inductancia	71
ECUACIÓN 20: Ecuación diferencial lineal para la corriente	72
ECUACIÓN 21: Sistema de Segundo Orden	75
ECUACIÓN 22: Función de transferencia. Sistema lazo cerrado	77
ECUACIÓN 23: Ecuación característica. Sistema lazo cerrado.....	77
ECUACIÓN 24: Ecuación característica. Sistema lazo abierto.....	77
ECUACIÓN 25: Ecuación característica. Sistema lazo cerrado.....	77
ECUACIÓN 26: Representación polar de la ecuación 23	78

LISTA DE SIGLAS

A:	Amperio
CC:	Corriente Continua
CA:	Corriente Alterna
CV:	Caballo de vapor
F:	Frecuencia
H:	Altura
HP:	Horse Power (Caballo de Fuerza por sus siglas en inglés)
Hz:	Herzio
I:	Corriente
IP:	Grado de protección
K:	Kilogramo
Kw:	Kilowatt
Nm:	Velocidad nominal
Nsinc:	Velocidad síncrona
mm:	milímetros
P:	Potencia
PID:	Proporcional, Integral y Derivativo
r:	Radio
R:	Resistencia
RPM:	Revoluciones por minuto
T:	Torque
V:	Tensión, Voltio
w:	Velocidad Angular
W:	Fuerza, peso

PRESENTACIÓN

El proyecto del sistema de control para la máquina TRAPP TRF 300 para la producción de abono, está estructurado en seis capítulos: Análisis de la situación actual, componentes de la máquina y sus características, cálculos de los elementos de la máquina y del sistema de control, implementación del sistema, pruebas de funcionamiento y análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

En el primer capítulo se especifican los datos que se efectúan como problemas en el sector agrícola y sus respectivos parámetros de solución.

En el segundo capítulo se definen los conceptos básicos o generales de las partes que se incluyen en el tablero de control, es decir, todos los elementos que constituyen el sistema de control incluido el tipo de sistema de control que en este caso es el PID que bajo cálculos y análisis no será programado este tipo de controlador; además se incluyen especificaciones de la máquina TRAPP TRF 300.

En el tercer capítulo se realizan todos los cálculos y análisis, tanto de las partes mecánicas de la máquina como del sistema de control en la que la implementación de algunos componentes como el motor, se realiza a partir de los cálculos de la potencia hasta su función de transferencia.

En el cuarto capítulo se presenta un criterio de selección de cada elemento que conforman, tanto el circuito de fuerza como el circuito de control contenidos en el tablero electrónico que realizan el funcionamiento del sistema de control.

En el quinto capítulo se da a conocer las pruebas y análisis de resultados por medio del funcionamiento de la trituración efectuada a partir del manejo del sistema de control en el tablero electrónico.

En el sexto capítulo se redactan las conclusiones y recomendaciones de este proyecto.

CAPÍTULO I

1 ANTEPROYECTO Y MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se mencionará una breve explicación acerca de lo que se trata el proyecto por lo cual se empieza primero dando un breve relato acerca de dónde surge la idea de realizar el proyecto, es decir, explicando el problema del tema de investigación y la solución del mismo, seguido de sus respectivos objetivos (general y específicos), alcance y justificación. Todo esto fue planteado por medio de un anteproyecto debidamente aprobado y controlado por medio de los respectivos docentes y autoridades que conforman la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA).

Además se citará un breve contenido acerca de las máquinas trituradoras, su concepto en las diferentes áreas de trabajo y su proceso de trituración de la máquina. También se mencionará el marco teórico con lo que respecta a los elementos de la máquina que será empleada, la materia producida por la máquina como es el abono y conceptos básicos de los elementos que conforman el sistema de control en este proyecto.

1.1.2 PROBLEMA

La idea de implementar un sistema de control a una máquina trituradora de plantas de productos cosechados o desechos orgánicos para la producción de abono, surge a partir de la necesidad de disminuir el trabajo físico, ahorrar tiempo y establecer un mejoramiento de la calidad en la producción de abono; debido a que en el pasado y muy poco en el presente en algunos sectores agrícolas realizan el corte de las plantas con instrumentos cortantes, como el machete, de forma manual.

La situación actual que se presenta en el sector agrícola es que es muy conveniente para los agricultores producir abono a partir de desechos orgánicos que sirven de abono para los demás vegetales, pero el problema es que producir

el abono de forma manual requiere mucho esfuerzo y tiempo para conseguir lo que se desea. Además cuando se cosecha en gran cantidad ciertos vegetales, el agricultor procede con la quema de tallos y ramas, lo cual contamina el ambiente y lo que se pretende es mejorarlo mediante la trituración de las mismas sirviendo de abono orgánico.

Es por esta situación que la solución más óptima que se pretende generar es implementando un sistema de regulación de velocidad a una máquina trituradora que previamente se realizará la compra de la misma para que satisfaga las necesidades de solucionar el problema de una forma sencilla, eliminando los parámetros que se presentan en el problema.

La entrada de los desechos hacia la máquina picadora es de una forma inclinada de arriba hacia abajo, que los residuos caen hacia las cuchillas por acción de la gravedad para ser trituradas, esto viene a ser la parte de seguridad de los trabajadores ya que ayuda a que los operarios no introduzcan las manos en el área de triturado.

Cabe recalcar que la máquina no consta con elementos de extracción de residuos de los desechos como el polvo debido a que las plantas y desechos se los trituran antes de que éstos se vuelvan en un estado seco.

Este trabajo de grado se realiza con la finalidad de eliminar el trabajo de forma manual, que realiza un trabajador para la producción de abono a partir de desechos orgánicos o plantas cosechadas; ya que se requiere de mucho tiempo para conseguir la trituración cuando se realiza de forma manual con instrumentos cortantes y el resultado no es de muy buena calidad. Por lo tanto se pretende eliminar estos parámetros realizando un sistema de regulación de velocidad de trituración de una máquina trituradora para la producción y el mejoramiento de la calidad del abono en diferentes tamaños.

1.1.3 OBJETIVOS

1.1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar la calidad de trituración de plantas y desechos orgánicos para la producción de abono en el sector agrícola mediante un sistema de regulación de velocidad de una máquina trituradora o picadora, con materiales y herramientas utilizados en ingeniería que permitan la construcción de la misma por medio de un sistema de control.

1.1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Emplear el motor adecuado en la máquina que cumpla con las características conforme a las especificaciones del tema.
- Emplear el tipo de sistema de control adecuado para el mejoramiento de la calidad de la trituración.
- Emplear el variador de frecuencia adecuado para la correcta realización del proyecto.
- Implementar las respectivas características pertenecientes a la máquina trituradora que de hecho ya pueden venir especificadas de fábrica.
- Diseñar e implementar el sistema de control a la máquina trituradora para mejoramiento de la calidad y producción de abono agrícola.
- Comprobar el funcionamiento de la máquina triturando plantas en el sector agrícola.

1.1.4 ALCANCE

Mediante la implementación del sistema a la máquina trituradora para la producción de abono, se optimizará la calidad y producción de la misma. La máquina trituradora o picadora que será ubicada en el sector agrícola está diseñada para una capacidad de producción de abono de 1000 kilogramos por hora aproximadamente, revestido de material acero al carbono. La parte de trituración consta de cuchillas de corte, revestido con un tratamiento anticorrosivo en todas las piezas sujetas a oxidación, y el movimiento será realizado por medio de un motor eléctrico trifásico.

Como las plantas y desechos orgánicos a ser triturados son distintos, se implementará un sistema de control de diferente velocidad del motor para producir diferentes tipos de abono, el cual será diseñado por medio de controlador PID, si es que fuese conveniente, y variador de frecuencia para el control del mismo, con lo cual la variable controlada será la velocidad por medio de pulsadores o como más convenga el diseño de acuerdo a las características del variador de frecuencia.

1.1.5 JUSTIFICACIÓN

La necesidad de emplear una máquina trituradora de plantas y desechos orgánicos es llevada a cabo porque la producción de abono se realiza manualmente lo cual se implica mucho tiempo conseguir lo deseado.

La máquina trituradora de plantas y desechos orgánicos es una máquina que mejorará la calidad y producción de abono. Además estará empleada con la finalidad de contribuir el medio ambiente sin la necesidad de realizar la combustión de las plantas ya cosechadas sino más bien dichas plantas y desechos orgánicos servirán para la trituración y producción de abono.

Esta máquina tiene la ventaja de ser una máquina rentable ya que su función es triturar los desechos orgánicos para la producción de abono de una manera más eficiente.

El sistema de regulación de velocidad permitirá establecer una mejor calidad de abono debido a la diferente forma de trituración de los desechos vegetales empleados.

1.2 EL ABONO

1.2.1 CONCEPTO GENERAL

El Abono, o acto de abonar los vegetales, es un sistema mediante el cual el hombre modifica las concentraciones de iones del suelo de forma artificial, con la finalidad de aumentar la producción de sus cosechas. Esta modificación suele ser, evidentemente, en forma de incremento positivo, y los productos que se

utilizan varían desde el estiércol natural hasta los abonos de mezcla o síntesis química, pasando por la importación de minerales ricos en nutrientes. de otros lugares.

1.2.2 RIQUEZA DEL ABONO

Los abonos pueden contener uno o varios elementos fertilizantes. La notación más usual para un abono es con una terna de tres números que significan respectivamente los porcentajes de N-P-K (nitrógeno, fósforo y potasio). Así, si en una etiqueta de un abono comercial viene referida la numeración 20-5-10, significa que tal abono tiene:

20% de nitrógeno

5% de ácido fosfórico

10% de potasa

1.2.3 CLASIFICACIÓN DEL ABONO

Los fertilizantes pueden clasificarse de diferentes maneras. Un criterio puede ser su contenido en nutrientes; otro, la naturaleza mineral u orgánica de sus componentes.

1.2.3.1 POR SU ESTADO FÍSICO

Podemos clasificar los abonos según el estado físico en el que se presentan en el mercado. Así, tenemos abonos sólidos, líquidos y gaseosos.

Algunos abonos sólidos tienen sólo un compuesto, otros dos, tres o incluso más. Están especialmente diseñados para su aplicación en profundidad o superficie en el suelo. Suelen ser granulados más o menos finos, y sus métodos de aplicación varían desde la incorporación al suelo con maquinaria, o a mano sobre la superficie. A veces, estos granulados se venden como abonos solubles.

Los abonos líquidos son disoluciones relativamente estables de iones nutricionales. Se pueden distinguir dos tipos según la disolución sea verdadera o coloidal. Existen infinidad de formulaciones, pero las más frecuentes son las compuestas por los dos o tres macroelementos N-P o N-P-K.

Los abonos gaseosos suelen tener su forma más característica en las botellas de dióxido de carbono. En un recinto cerrado, tal como un invernadero, puede modificarse la concentración en el aire de CO₂, pues se puede considerar el invernadero como un recinto cerrado con atmósfera controlada.

1.2.3.2 POR SU NATURALEZA

Por su naturaleza, los abonos pueden ser orgánicos, siendo el más conocido el estiércol, aunque existen otros como las turbas, el compost que se emplea en jardinería y otros comerciales.



FIGURA 1: Abono orgánico

Fuente: Biblioteca de la Agricultura, 2007

1.2.3.3 POR SU FORMULACIÓN

Los abonos pueden clasificarse en función de los elementos nutritivos que contengan. Se distinguen de grandes grupos: los simples y los compuestos. Los simples poseen un solo elemento fertilizante. Los compuestos, dos, tres o más.

1.2.4 ABONOS QUÍMICOS

Los tres elementos principales de la composición de los vegetales, el carbono, el oxígeno y el hidrógeno, no deben preocuparnos, puesto que se encuentran en grandes cantidades en el suelo, en el agua y en la atmósfera, y la planta no tiene dificultades para conseguirlos.

Por lo que se refiere al nitrógeno, fósforo y potasio, son los tres elementos básicos o macronutrientes.

Azufre, calcio y magnesio son los llamados elementos secundarios a nivel de nutrición vegetal. Las plantas necesitan de ellos en cantidades intermedias entre los macro y micronutrientes.



FIGURA 2: Abono químico

Fuente: Biblioteca de la Agricultura, 2007

1.2.5 ABONOS ORGÁNICOS

La materia orgánica del suelo se mineraliza por la acción de los microorganismos, devolviendo al suelo los elementos nutritivos. Al reducirse la materia orgánica del suelo, la capacidad de intercambio decrece porque se reduce la cantidad de humus, con lo cual la fertilidad disminuye. Además la materia orgánica contribuye a la capacidad de retención de agua de un suelo, a su porosidad.

Es necesaria una restitución de la materia orgánica para que el suelo no pierda su capacidad de retención de agua, nutrientes y aire. Además, con su mineralización, la materia orgánica libera los nutrientes que podrán ser aprovechados por la plantas.

1.2.6 APLICACIÓN DE LOS ABONOS QUÍMICOS

Los fertilizantes pueden aplicarse antes, durante o después de la siembra. La decisión estriba fundamentalmente en la cantidad de abono que se quiere emplear. Así, para cantidades pequeñas es perfectamente posible el suministro justo en el momento de la siembra. Si la cantidad es grande, puede ser antes, después, o incluso fraccionada en dos o más veces.

Es importante tener en cuenta la movilidad del nitrógeno. Se suele recomendar la aplicación del nitrógeno justo antes de la siembra, para que no sucedan pérdidas por lavado.

1.2.7 APLICACIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS

A nivel de unidades fertilizantes, el abonado con materia orgánica es del todo insuficiente, principalmente porque los nutrientes y microelementos son liberados lentamente y a menudo no bastan para las necesidades inmediatas del cultivo. Pero el abonado orgánico es imprescindible como mejorante de la estructura del suelo, de su capacidad de retención de nutrientes, de agua y aire.

Debe considerarse el abonado orgánico como una inversión a medio y largo plazo, principalmente por lo que respecta a los nutrientes fertilizantes. La incorporación al suelo del estiércol debe hacerse en otoño-invierno para que cuando, en primavera, el suelo acoja el cultivo, se encuentre en estado muy avanzado de descomposición.

El soterramiento de los residuos vegetales, así como el estiércol, conlleva la incorporación de semillas de malas hierbas y favorece la expansión de enfermedades criptogámicas. (Lorente Herrera, 2007, págs. 74-106)

1.3 LAS TRITURADORAS

Una trituradora, chancadora o chancador, es una máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original.

Las trituradoras son máquinas utilizadas generalmente para la ruptura de productos duros o suaves y de grandes dimensiones, pudiendo efectuar operaciones de trituración gruesa, media y fina. Su principio de funcionamiento se basa en la compresión lenta con fuerzas de aplicación que pueden ser de compresión, cizallamiento, impacto y atrición; se dividen en trituradoras que actúan por compresión, corte y percusión.

Tanto los molinos como las trituradoras guardan una relación en su funcionamiento, la diferencia radica en el tamaño de los materiales a procesar y por lo tanto la cantidad de fuerza que se necesita ejercer, aspectos que influyen en el tamaño y robustez de la máquina. (Cajas, 2011).

1.3.1 TIPOS DE TRITURADORAS

1.3.1.1 TRITURADORA DE MARTILLOS

Su funcionamiento es similar al molino de martillos excepto en una variante en el diseño, por lo general los martillos no pivotan en el eje porta martillos lo que le proporciona una mayor fuerza al impacto en la periferia de la cámara de trituración.

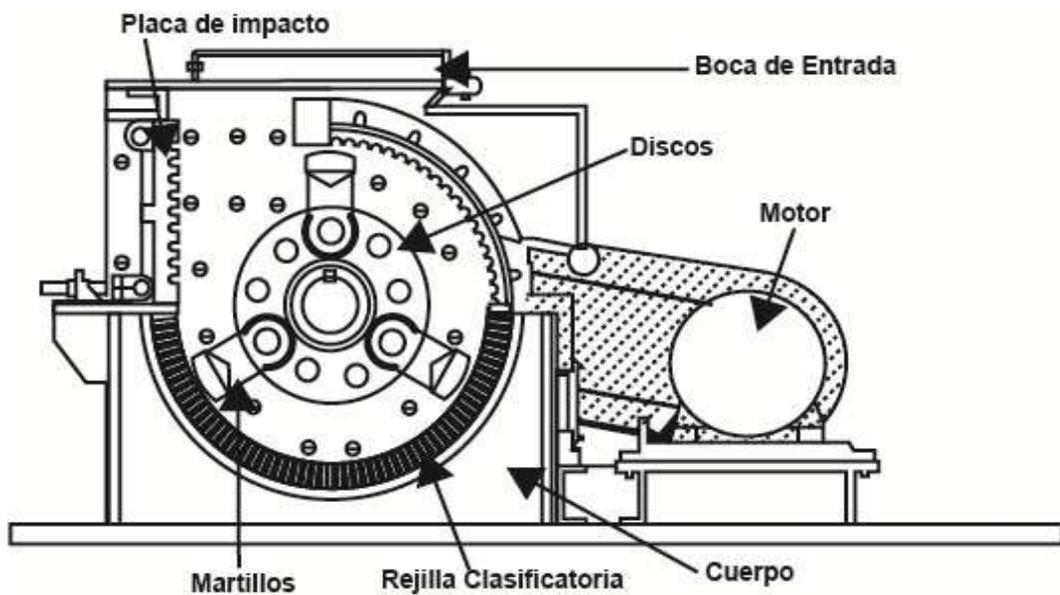


FIGURA 3: Trituradora de martillos

Fuente: (TYMSA)

1.3.1.2 TRITURADORA DE CUCHILLAS

Su funcionamiento es similar al molino de cuchillas, el número de discos que contienen a las cuchillas es variable de 1 a 20 dependiendo de la aplicación.

Los discos presentan diferentes configuraciones tanto circulares como triangulares y poseen una gran masa. Generalmente se ubican 2 o 3 cuchillas en la periferia de los discos y en algunos casos se regulan con sistemas de pistones o resortes hechos por el cual su estructura debe ser robusta. (Cajas, 2011).



FIGURA 4: Trituradora de cuchillas

Fuente: (Recovery)

1.3.2 TIPOS DE TRITURACIÓN

- Trituración primaria.
- Trituración secundaria.

1.3.2.1 TRITURACIÓN PRIMARIA

La trituración primaria reduce normalmente el tamaño de los trozos de materia a un valor comprendido entre 8" a 6". A continuación, los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño ya es lo suficientemente fino, con el consiguiente aumento en la capacidad de las quebrantadoras secundarias.

La trituración primaria se lleva a cabo normalmente en quebrantadoras de mandíbulas o en quebrantadoras giratorias. Las quebrantadoras de mandíbulas constan normalmente de dos planchas de acero al manganeso o mandíbulas, colocadas una frente a la otra, de las cuales una es fija y la otra es móvil y puede girar sobre un eje situado en su parte superior o inferior. Mediante un dispositivo adecuado, se comunica a la mandíbula móvil un movimiento de oscilación alternativo hacia adelante y hacia atrás de corto recorrido.

El material se carga en el espacio comprendido entre las mandíbulas, y de ellas, la móvil, en su recorrido hacia adelante, aplasta los trozos contra la fija.

Al retroceder la mandíbula móvil, el material triturado cae por la abertura que en la parte inferior forman las mandíbulas.

Las quebrantadoras giratorias constan de una masa trituradora de forma cónica que gira en el interior de una carcasa troncocónica fija, abierta por su parte superior e inferior. El material que se va a triturar se carga en la quebrantadora por su parte superior, y el mecanismo por el que se realiza la trituración se basa es la misma acción de aplastamiento de las quebrantadoras de mandíbulas.

1.3.2.2 TRITURACIÓN SECUNDARIA

En la trituración secundaria, el tamaño e las partículas se reduce a un valor comprendido entre 3" y 2", dejándolo en condiciones de poder pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar. Las quebrantadoras utilizadas en esta fase son por lo general de tipo giratorio o cónico. Estas quebrantadoras son similares a las utilizadas en la trituración primaria, diferenciándose solamente en que trabajan a velocidades relativamente altas (aproximadamente 500 r.p.m.) y en que la abertura de salida de los productos triturados es mucho menor.

1.3.3 ETAPAS DE TRITURACIÓN

La desintegración se realiza en distintas etapas y en una gran diversidad de máquinas. Así el material extraído de cantera y que se trata en una trituradora, en esa etapa se realizará la trituración primaria.

Si de allí el material producido pasa a una segunda trituradora, en esta se efectuara la trituración secundaria. Si sigue triturándose en otra máquina, la terciaria, etc.

1.3.3.1 TRITURACIÓN (DESINTEGRACIÓN GROSERA)

Trituración gruesa – tamaños de partículas de salida: 15 cm (6").

Trituración mediana – tamaños de partículas de salida: entre 3 y 15 cm (1¼" a 6").

Trituración fina – tamaños de partículas de salida: entre 0.5 y 3 cm (1/5" a 1¼").

1.3.3.2 MOLIENDA (DESINTEGRACIÓN FINA)

Molienda grosera – tamaños de partículas de salida: entre 0.1 y 0.3 mm.

Molienda fina – tamaños de partículas de salida: menores de 0.1 mm.

La trituración grosera, mediana y fina corresponden, prácticamente, a la primera, segunda y tercera etapa de trituración; mientras que la molienda grosera y fina corresponden a las etapas primaria y secundaria de la molienda. Los tamaños de partículas se establecen en base a los diámetros de las mismas.

Con frecuencia, la capacidad de reducción de una trituradora o molino será insuficiente para asegurar la desintegración total deseada, por lo que se hará necesario efectuarla en dos o más etapas. Para ello se colocan trituradoras o molinos en serie, de modo tal que el mineral extraído del yacimiento alimenta una trituradora (o molino) primario, y la descarga de esta alimenta la trituradora (o molino) secundario, y así sucesivamente llamándose las etapas posteriores terciaria, cuaternaria, etc.

Este modo de disposición de maquinarias no solo es utilizado para obtener un mayor grado de reducción en el mineral, sino que también es utilizado por empresas que comercializan mineral triturado para optimizar la obtención porcentual de un determinado intervalo de granulometría. (ProIndustriales)

1.4 SISTEMAS DE CONTROL

1.4.1 CONCEPTOS GENERALES

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada *sistema*, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse por sí mismo.

Un sistema o componente del sistema susceptible de ser controlado, al cual se le aplica una señal $r(t)$ a manera de entrada para obtener una respuesta o salida $y(t)$, puede representarse mediante bloques (Figura 5).

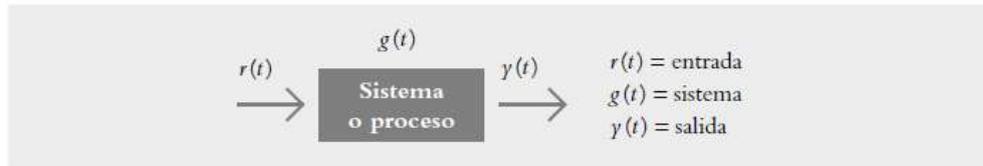


FIGURA 5: La salida del sistema se debe a la interacción de la entrada con el proceso.

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

El vínculo entrada-salida es una relación de causa y efecto con el sistema, por lo que el proceso por controlar (también denominado planta) relaciona la salida con la entrada.

Las entradas típicas aplicadas a los sistemas de control son: escalón, rampa e impulso, según se muestra en la figura 6.

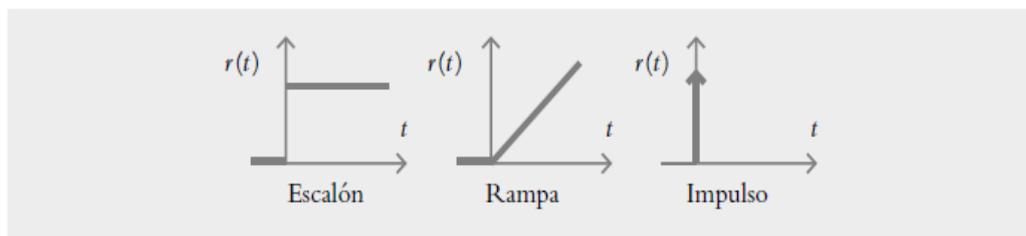


FIGURA 6: Distintos tipos de entradas aplicadas a los sistemas de control.

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

La *entrada escalón* indica un comportamiento o una referencia constantes introducidos al sistema, mientras que la *entrada rampa* supone una referencia con variación continua en el tiempo, y la *entrada impulso* se caracteriza por ser una señal de prueba con magnitud muy grande y duración muy corta. La función *respuesta impulso* o *función de transferencia* es la representación matemática del sistema.

Básicamente, el problema de control consiste en seleccionar y ajustar un conjunto específico de elementos tal que, al interconectarse, el sistema resultante deberá comportarse de una manera específica.

1.4.2 REPRESENTACIÓN EN DIAGRAMAS DE BLOQUES

La representación de los sistemas por medio de diagramas de bloques se utiliza para describir, gráficamente, las partes de las que consta un sistema, así como sus interconexiones.

El bloque en sí contiene la descripción, el nombre del elemento o el símbolo de la operación matemática que se ejecuta sobre la entrada $r(t)$ para producir la salida $y(t)$ (figura 7a). El punto de suma se utiliza cuando a un bloque se le aplican dos o más entradas, en tanto que el bloque se sustituye por un círculo, cuya salida representa la suma algebraica de las entradas (figura 7 b). El punto de reparto, representado por un punto, se usa cuando una señal se bifurca para aplicarse a más de un bloque (figura 7 c).

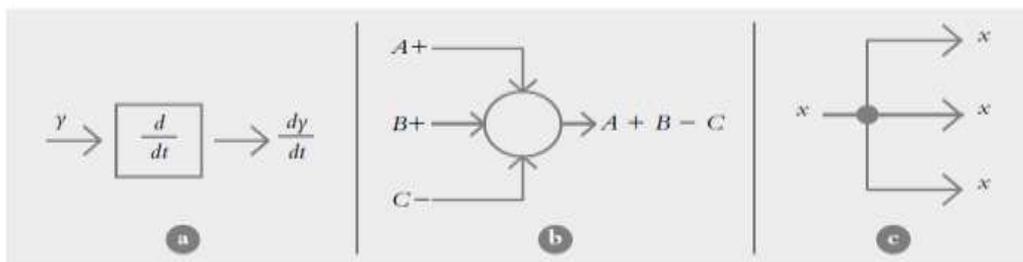


FIGURA 7: Elementos de los diagramas de bloques

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

1.4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto (o no automático) y sistemas de lazo cerrado (retroalimentados o automáticos). Para llevar a cabo dicha clasificación, se hace la siguiente definición:

Acción de control: Es la cantidad dosificada de energía que afecta al sistema para producir la salida o la respuesta deseada.

1.4.3.1 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO.

Es aquel sistema en el cual la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida. Este tipo de sistemas por lo general utiliza un regulador o actuador con la finalidad de obtener la respuesta deseada (figura 8).

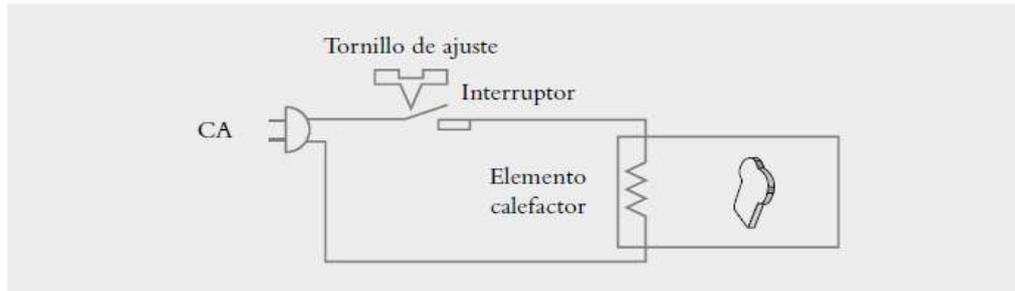


FIGURA 8: Sistema de lazo abierto para controlar el tueste de un pan.

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

La capacidad que tales sistemas tienen para ejecutar una acción con exactitud depende de su calibración. En general, los sistemas de lazo abierto están regulados por base de tiempo.

Como ejemplo de dichos sistemas se citan los tostadores de pan, las lavadoras, los hornos de microondas y los semáforos convencionales.

1.4.3.2 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO.

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. Por esta razón, los sistemas de lazo cerrado se denominan sistemas retroalimentados. El término *retroalimentar* significa comparar; en este caso, la salida real se compara con respecto al comportamiento deseado, de tal forma que si el sistema lo requiere se aplica una acción correctora sobre el proceso por controlar. La figura 9 muestra la configuración de un sistema retroalimentado.

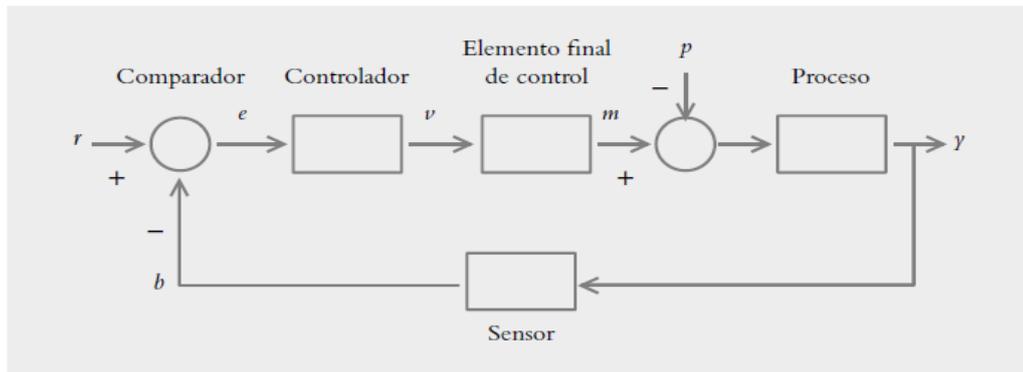


FIGURA 9: Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado.

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

Definamos las siguientes variables:

$r(t)$ = Entrada de referencia.

$e(t)$ = Señal de error.

$v(t)$ = Variable regulada.

$m(t)$ = Variable manipulada.

$p(t)$ = Señal de perturbación.

$y(t)$ = Variable controlada.

$b(t)$ = Variable de retroalimentación como resultado de haber detectado la variable controlada por medio del sensor.

Con respecto a la figura anterior, la entrada de referencia r se compara con la variable de retroalimentación b . El comparador lleva a cabo la suma algebraica de $r - b$, con lo cual genera la señal de error e , variable que ejerce su efecto sobre el controlador.

Esto da lugar a la variable regulada v , que se aplica al elemento final de control y produce la variable manipulada m ; la función de dicha variable es suministrar la cantidad de energía necesaria al proceso por controlar. La variable controlada y resulta de ajustar el comportamiento del proceso.

Los bloques comparador y controlador forman parte de una misma unidad, la cual recibe el nombre genérico de *controlador*.

Como ejemplos de sistemas de lazo cerrado se citan: el refrigerador, el calentador de agua casero, el llenado de un tinaco por medio de una bomba y el control de temperatura de una habitación por medio de termostato.

Para convertir al tostador de pan (figura 8) de lazo abierto a lazo cerrado, es necesario agregar un sensor que detecte las variaciones en el color del pan durante el proceso de tostado, así como un comparador para evaluar el grado de tueste real del pan con respecto al grado de tueste deseado (referencia introducida por el usuario). De esta manera, si hay una diferencia entre las dos cantidades, se efectuará la acción de dosificación de energía requerida hasta que la salida real sea igual a la referencia. Por esta razón se dice que la acción de control aplicada al proceso por controlar es dependiente de la salida.

La figura 10 muestra al tostador que ahora es en realidad automático, ya que se han agregado un sensor (celda fotoeléctrica) y un comparador.

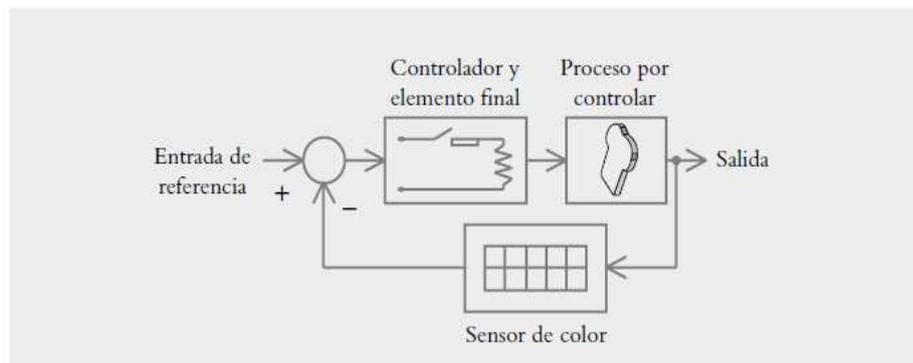


FIGURA 10: Sistema de control del grado de tueste de un pan.

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

En teoría, todo sistema de lazo abierto puede convertirse a lazo cerrado; sin embargo, la limitante es el sensor, ya que no siempre es posible detectar la salida del proceso.

Las características de los sistemas de lazo cerrado son:

- Aumento de exactitud en el control del proceso.

- Sensibilidad reducida en las variaciones de las características del sistema.
- Efectos reducidos de la no linealidad y la distorsión.
- Aumento de ancho de banda del sistema.
- Tendencia a la inestabilidad.

La interpretación de lo anterior se da a continuación:

Aumento de exactitud en el control del proceso.

La retroalimentación atenúa el error para lograr el objetivo de control.

Sensibilidad reducida en las variaciones de las características del sistema.

Se refiere a que, dentro de ciertos límites, uno o varios componentes del sistema pueden sustituirse por elementos semejantes al componente original, sin que se aprecien resultados significativos en el desempeño del sistema resultante.

Efectos reducidos de la no linealidad y la distorsión.

Los efectos de la no linealidad y de la distorsión, dentro de ciertos rangos, pueden ser no significativos debido a la retroalimentación, ya que ésta tiende a ajustar la respuesta del sistema.

Aumento de ancho de banda del sistema.

Con la retroalimentación, el rango de operación del sistema en el dominio de la frecuencia w se incrementa.

Tendencia a la inestabilidad.

Salvo las anteriores características, el único problema, pero grave, que causa la retroalimentación es la tendencia del sistema a la inestabilidad. (Hernández Gaviño, 2010, págs. 2-7)

1.5 CONTROL

1.5.1 ¿QUÉ ES CONTROL?

Es el mecanismo para comprobar que las cosas se realicen como fueron previstas, mediante un proceso que consiste en mantener constantes ciertas variables. Las variables controladas pueden ser, por ejemplo: Presión, Temperatura, Nivel, Caudal, Humedad, etc.

1.5.2 CONCEPTO DE SEÑAL

Se considera que toda magnitud física variable lleva información sobre el proceso o sistema que la origina. Una vez dicha magnitud se ha convertido en una magnitud eléctrica mediante un transductor, si se trataba de una magnitud no eléctrica, se habla entonces de señal.

1.5.3 ¿QUÉ ES UN SISTEMA?

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí y que funcionan como un todo. Los elementos que componen un sistema pueden ser variados, como una serie de principios o reglas estructurados sobre una materia o una teoría.

1.5.4 ¿CÓMO SE REPRESENTA UN SISTEMA?

Como un rectángulo o caja negra y variables que actúan sobre el sistema. Las flechas que entran son las entradas y las flechas que son las producidas por el sistema o salidas.

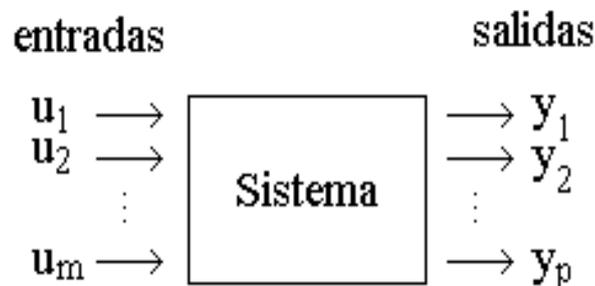


FIGURA 11: Representación de un sistema.

Fuente: Ingeniería de Control Moderna, 1998.

1.5.5 TIPOS DE CONTROL.

Control manual: Toda vez que existe la presencia y la intervención de una persona en la acción de controlar y regular el comportamiento del sistema, el operador aplica las correcciones que cree necesarias.

Control automático: Exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana. La acción de control se ejerce sin intervención del operador y su solución es cableada, es decir, rígida, no se puede modificar.

Control programado: Permiten un control mucho más sofisticado y flexible ya que el modo de funcionamiento no está asociado a unos componentes electrónicos concretos ni a la forma en que se conectan, sino que está escrito en las instrucciones contenidas en un programa que está grabado en la memoria del ordenador. (Ogata, 1998, págs. 1-3)

Siempre se busca que el sistema de control sea estable, pero además, dentro de las condiciones de estabilidad existen 3 tipos de comportamiento bien definidos: control sub amortiguado, control con amortiguamiento crítico y control sobre amortiguado.

En las figura 12 se muestran ejemplos de estos comportamientos. En cada uno de estos casos varía la velocidad de respuesta del sistema ante perturbaciones y a la vez la propensión a tener comportamiento inestable u oscilatorio. (ARIAN, Enero, 2010)

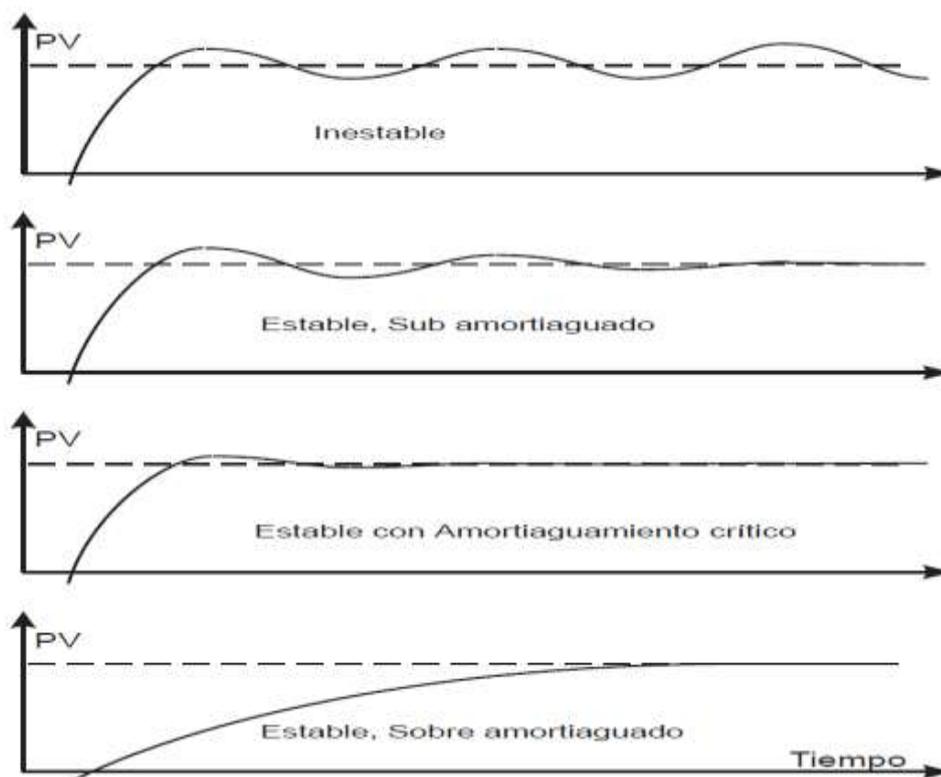


FIGURA 12: Condiciones de estabilidad.

Fuente: Industrial, Control & Instrumentación, 2010

1.6 CONTROL DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD

La máquina trituradora que será empleada como proyecto final de trabajo de grado contiene un variador de frecuencia que es el responsable que el motor gire a distintas velocidades para los diferentes procesos de triturado para los distintos tipos de abono.

1.6.1 EL VARIADOR DE FRECUENCIA

Según Schoneck (2002): “Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive) es un sistema de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), los variadores de frecuencia operan bajo el principio de: la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna está determinada por la frecuencia de CA (corriente alterna) suministrada y el número de polos en el estator”. (Schoneck, 2002, pág. 10)

1.6.2 MOTIVOS PARA EMPLEAR VARIADORES DE VELOCIDAD

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto (RPM) son ligeramente menores por el propio asincronismo. En estos se produce un deslizamiento mínimo entre la velocidad de rotación del rotor (velocidad en el eje) comparativamente con la cantidad de RPM del campo magnético (velocidad síncrona) debido a que solo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de girar en los momentos en los que alcanzase al campo magnético). Estos variadores mantienen la razón Voltaje / Frecuencia (V / Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V / Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida. (Schoneck, 2002, pág. 10).

1.6.3 COMPOSICIÓN DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

Las partes del variador de frecuencia consisten generalmente en:

- Un puente rectificador trifásico de diodos conectados en un condensador formando una fuente de tensión continua.
- Un puente ondulator generalmente con IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) o (transistor bipolar de puerta aislada) alimentado por la tensión continua y que genera una onda de tensión alterna de amplitud por la técnica de Modulación de Anchura de Impulsos o PWM.
- Una unidad de mando que suministra las órdenes de conducción a los IGBT con arreglo a las consignas dadas por el operador (orden de marcha, sentido de marcha, consigna de velocidad) y de la medida de magnitudes eléctricas (tensión red, corriente motor). (Schoneck, 2002, pág. 11).

1.6.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

En definitiva, estos dispositivos entregan voltaje y frecuencia variable conforme a la necesidad del motor y la carga a él conectada. Para tal efecto, toma la alimentación eléctrica de la red, el cual tiene voltaje y frecuencia fija, la transforma en un voltaje continuo (Rectificador más Filtro) y luego lo transforma en voltaje alterno trifásico de magnitud y frecuencia variable por medio de un Inversor.

Contando sólo con esta última etapa (Inversor) es posible también alimentar estos motores a partir de un suministro de corriente continua (por ejemplo baterías).

También se puede contar con un rectificador monofásico de modo de poder alimentar un motor trifásico a partir de una fuente de alimentación monofásica.

La forma de onda del voltaje de salida en estricto rigor no es una senoide perfecta, toda vez que entregan una señal de pulso modulada a partir de una frecuencia de conmutación alta. En todo caso con los equipos actuales, donde podemos encontrar frecuencias de conmutación del orden de los 50 KHz, los

contenidos de armónica son bastante bajos, por lo que agregando filtros pasivos cumplen las exigencias normativas impuestas por muchos países. La relación frecuencia voltaje es configurada por el usuario según la aplicación, siendo las más usuales una relación lineal, cual produce un torque constante en todo el rango de velocidad, ó una relación cuadrática, la que el torque disminuye a medida que baja la velocidad.

En definitiva, conforme a la consigna de frecuencia que se le otorgue al equipo, la cual puede ser un comando en el mismo equipo o una señal externa, se entregará al motor un voltaje de magnitud según la relación V/F configurada y de frecuencia conforme a la consigna. Esto hará que el motor gire a una velocidad proporcional a la frecuencia.

Los equipos que se fabrican en la actualidad aprovechan de incorporar varias funciones adicionales, como las protecciones al motor y funciones de control para distintas aplicaciones, como controles PID y controles lógicos y secuenciales. Para permitir estas funciones encontraremos en estos dispositivos una gran cantidad de terminales de control para conectar entradas y salidas digitales y análogas, puertas de comunicación de datos y una gran cantidad de parámetros de configuración. (Cobo, s.a., pág. 1).

1.6.5 VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS MICROMASTER 440

El variador de frecuencia Siemens micromaster MM440 es el utilizado en este proyecto de trabajo de grado, el cual se describe a continuación.

La serie MICROMASTER 440 es una gama de convertidores de frecuencia (también denominados variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los distintos modelos disponibles abarcan un rango de potencias desde 120 W para entrada monofásica hasta 75 kW con entrada trifásica.

Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección, ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

El variador de frecuencia SIEMENS MICROMASTER 440, con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores. El variador de frecuencia SIEMENS MICROMASTER 440 también puede utilizarse para aplicaciones más avanzadas de control de motores haciendo uso de su funcionalidad al completo.

El variador de frecuencia SIEMENS MICROMASTER 440 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

1.6.5.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- _ Fácil de instalar.
 - _ Puesta en marcha sencilla.
 - _ Diseño robusto.
 - _ Puede funcionar en alimentación de línea IT.
 - _ Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
 - _ Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
 - _ Conexión sencilla de cables.
 - _ Relés de salida.
 - _ Salidas analógicas (0 . 20 mA).
 - _ 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables.
 - _ 2 entradas analógicas.
- AIN1: 0. 10 V, 0 . 20 mA y -10 a +10 V.
- AIN2: 0 . 10 V, 0 . 20 mA.
- _ Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
 - _ Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.

_ Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas.

_ Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS. (García & Pubill, 2005, pág. 15).



FIGURA 13: Variador de frecuencia SIEMENS Micromaster MM440

Fuente: El autor

1.7 TACÓMETRO

Tacómetro es un dispositivo que se encarga de medir la cantidad de revoluciones de un eje. Al medir el número de revoluciones, también mide la velocidad con que gira el eje (velocidad con que gira un motor).

Los tacómetros suelen medir las revoluciones por minuto (o, de acuerdo a su sigla, RPM). En sus orígenes, los tacómetros eran mecánicos y medían la fuerza centrífuga. Actualmente la mayoría de los tacómetros son digitales ya que resultan mucho más precisos. (Definición)

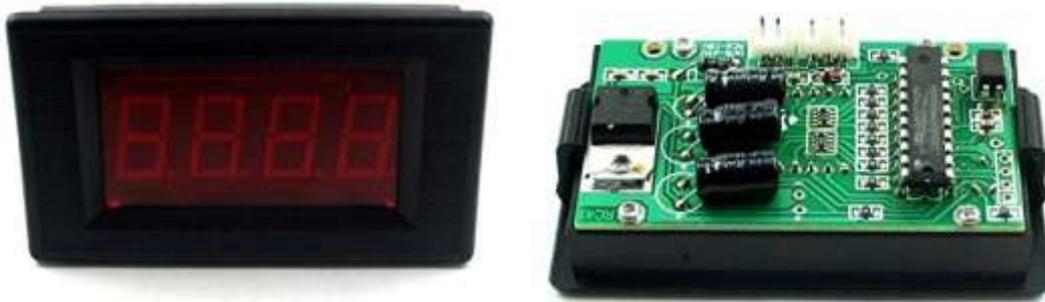


FIGURA 14: Tacómetro digital

Fuente: El autor

1.8 EL MOTOR (CONCEPTOS BÁSICOS)

1.8.1 MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico es la máquina más utilizada para transformar energía eléctrica en energía mecánica, pues combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica (bajo costo, facilidad de transporte, limpieza y simplicidad de comando) con su construcción simple y robusta a bajos costos con gran versatilidad de adaptación a los más variados tipos de cargas. (Weg, s.a, pág. 4)

Según Chapman, 2005: “Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina **generador**, cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama **motor**.” (Chapman, 2005, pág. 1)

1.8.1.1 TIPOS

1.8.1.1.1 MOTOR CC (CORRIENTE CONTINUA)

Una máquina eléctrica rotatoria consta básicamente de dos partes: una estacionaria y otra giratoria, a ésta última se le conoce como el rotor.

Si al rotor de un motor CC se le aplica un voltaje de corriente continua, ésta circula por sus devanados, produciendo un flujo magnético, cuya dirección es perpendicular a la de los ejes de los polos inductores. (Enriquez Harper, 2004, pág. 3).

1.8.1.1.2 MOTOR CA (CORRIENTE ALTERNA)

Los motores de corriente alterna son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha en corriente alterna.

Una característica de estos motores es que su campo magnético rotatorio es producido por el devanado del estator. Este concepto puede ser ilustrado para los motores trifásicos, considerando tres bobinas localizadas a 120°, cada bobina está conectada a una fase de una alimentación trifásica. (Enriquez Harper, 2004, pág. 3).

Los motores de Corriente alterna, por su vez, pueden ser sincrónicos o asincrónicos.

Sincrónicos

Velocidad constante (independiente de la variación de la carga)

Asincrónicos

Velocidad variable (dependiendo de la variación de la carga)

Fuente: (Weg, s.a, pág. 4)

1.8.1.2 POTENCIA

Es la fuerza que el motor genera para mover la carga en una determinada velocidad.

Esta fuerza es medida en HP (horse power), cv (caballo vapor) o en kW (Kilowatt). HP y cv son unidades diferentes de kW.

TABLA 1: Conversión de unidades de potencia

De	Multiplique por	Para obtener
HP y cv	0.736	Kw
Kw	1.341	HP y cv

Fuente: WEG. Motor Eléctrico. Guía Práctico de Capacitación Técnico Comercial

1.8.1.3 ROTACIÓN

Es el número de giros que el eje desarrolla por unidad de tiempo.

La rotación normalmente se expresa en RPM (rotaciones por minuto). Para las frecuencias de 50 Hz y 60 Hz, tenemos:

TABLA 2: Número de polos según frecuencia eléctrica

Motor	Rotación Sincrónica	
	60 Hz	50 Hz
2 polos	3600 rpm	3000 rpm
4 polos	1800 rpm	1500 rpm
6 polos	1200 rpm	1000 rpm
8 polos	900 rpm	750 rpm

Fuente: WEG. Motor Eléctrico. Guía Práctico de Capacitación Técnico Comercial

1.8.1.4 DESLIZAMIENTO

El concepto de deslizamiento es usado para describir la diferencia entre la rotación sincrónica y la rotación efectiva en la punta del eje del motor. Factores como la carga o inclusive la variación de la tensión de la red de alimentación, pueden influenciar en la rotación del motor. (Weg, s.a, pág. 6).

Según Chapman, 2005: “La velocidad de deslizamiento se define como la diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad del rotor [...] expresada como una fracción de la unidad o un porcentaje” (Chapman, 2005, pág. 386)

1.8.1.5 TENSIÓN

1.8.1.5.1 TIPOS DE TENSIÓN

Monofásica:

Es la tensión medida entre fase y neutro. El motor monofásico normalmente está preparado para ser conectado en la red de 110 V o 220 V. Sin embargo, hay sitios donde la tensión monofásica puede ser 115 V, 230 V o 254 V.

En estos casos debe ser aplicado un motor específico para estas tensiones.

Trifásica:

Es la tensión medida entre fases.

Son los motores más utilizados, pues los motores monofásicos tienen limitación de potencia, y además de esto suministran rendimientos y pares menores, lo que aumenta su costo operacional.

Las tensiones trifásicas más utilizadas son 220 V, 380 V y 440 V.

1.8.1.6 FRECUENCIA

Es el número de veces que un determinado evento se repite en un determinado intervalo de tiempo.

La frecuencia de la red de alimentación utilizada en Latinoamérica es 50 Hz o 60 Hz, dependiendo del país. Eso significa que la tensión de la red repite su ciclo sesenta veces por segundo.

La frecuencia es un factor importante, ya que influye directamente en la rotación del motor eléctrico.

1.8.1.7 GRADO DE PROTECCIÓN

Es la protección del motor contra la entrada de cuerpos extraños (polvo, fibras, etc.), contacto accidental y penetración de agua.

Así, por ejemplo, un equipamiento a ser instalado en un local sujeto a chorros de agua, debe poseer un envoltorio capaz de soportar tales chorros de agua, bajo determinados valores de presión y ángulo de incidencia, sin que haya penetración que pueda ser perjudicial al funcionamiento del motor.

El grado de protección es definido por dos letras (IP) seguido de dos dígitos. El primer dígito indica protección contra la entrada de cuerpos extraños y contacto accidental, mientras el segundo dígito indica la protección contra la entrada de agua.

TABLA 3: Tablas de significado según dígitos de grado de protección

1º Dígito	
Dígito	Indicación
0	Sin protección
1	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 50 mm
2	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 12 mm
3	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 2.5 mm
4	Protección contra la entrada de cuerpos extraños de dimensiones superiores a 1 mm
5	Protección contra la acumulación de polvos perjudiciales al motor.
6	Totalmente protegido contra el polvo
2º Dígito	
Dígito	Indicación
0	Sin protección
1	Protección contra gotas de agua en la vertical
2	Protección contra gotas de agua hasta la inclinación de 15º en relación a vertical
3	Protección contra gotas de agua hasta la inclinación de 60º en relación a vertical
4	Protección contra salpicaduras provenientes de todas direcciones
5	Protección contra chorros de agua provenientes de todas direcciones
6	Protección contra olas de agua
7	Inmersión temporaria
8	Inmersión permanente

Fuente: WEG. Motor Eléctrico. Guía Práctico de Capacitación Técnico Comercial



FIGURA 15: Grado de protección de un motor

Fuente: WEG. Motor Eléctrico. Guía Práctico de Capacitación Técnico Comercial

1.8.1.8 CARCASA

El tipo de carcasa es un dato fundamental en la elección del motor eléctrico, ya que permite identificar gran parte de sus dimensiones mecánicas.

El tamaño de la carcasa es definido por la potencia y rotación del motor y es identificado por la letra H, que va desde la base de soporte del motor hasta el centro del eje, medida en mm. La altura H es exactamente igual al modelo de la carcasa del motor. (Weg, s.a, págs. 7-8)

1.8.1.9 CLASES DE AISLAMIENTO

La clase de aislamiento define la temperatura de operación de los materiales aislantes utilizados en el devanado del motor.

Los motores normalmente son fabricados con clase de aislamiento F, que permite una temperatura máxima de operación de 155°, pero los motores también pueden ser fabricados con clase de aislamiento H, cuya temperatura máxima de operación permitida es de 180°.

La temperatura de la clase de aislamiento no significa la temperatura ambiente máxima, y sí la máxima temperatura que soportará el aislamiento del motor.

1.8.1.10 VENTILACIÓN

El sistema de ventilación es responsable por la refrigeración del motor.

Los motores IP55 (cerrados) son generalmente suministrados con sistema de ventilación TCVE. Los motores con grado de protección IP21 (abiertos) poseen sistema de ventilación interna como en este caso. (Weg, s.a, pág. 11)

TCVE → Totalmente cerrado con ventilación externa.

ODP → El aire circula libremente en el motor (ventilación interna)

1.8.1.11 PLACA DE IDENTIFICACIÓN

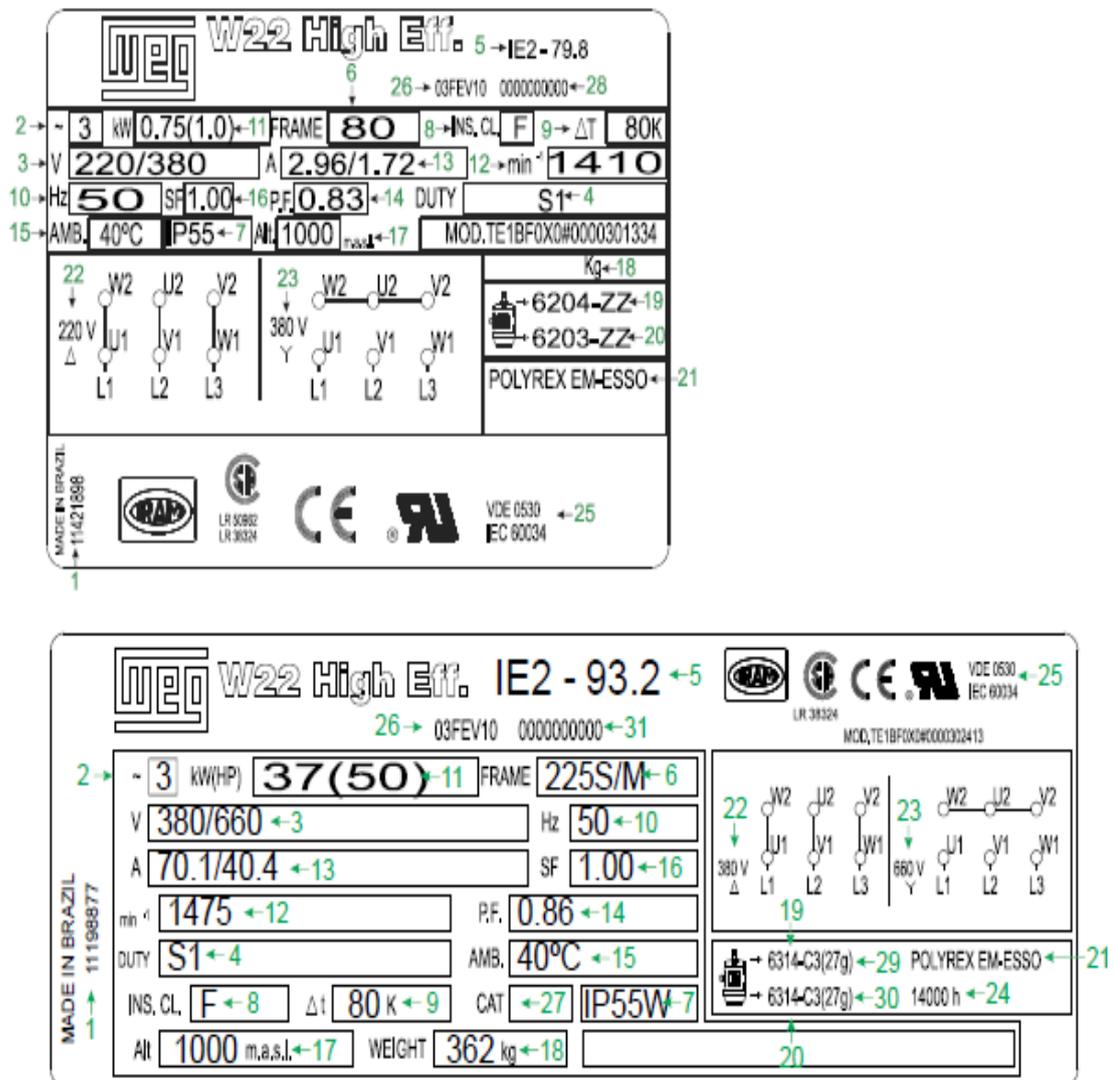


FIGURA 16: Placa de identificación de un motor

Fuente: WEG. Motor Eléctrico. Guía Práctico de Capacitación Técnico Comercial

- 1) Código del motor
- 2) Numero de fases
- 3) Tensión nominal de operación
- 4) Régimen de servicio
- 5) Eficiencia
- 6) Tamaño de carcasa
- 7) Grado de protección
- 8) Clase de Aislamiento
- 9) Temperatura de la Clase de Aislamiento
- 10) Frecuencia
- 11) Potencia nominal del motor
- 12) Velocidad nominal del motor en RPM
- 13) Corriente nominal de operación
- 14) Factor de potencia
- 15) Temperatura ambiente máxima
- 16) Factor de servicio
- 17) Altitud
- 18) Peso del motor
- 19) Especificación del rodamiento delantero
- 20) Especificación del rodamiento trasero
- 21) Tipo de grasa de los rodamientos
- 22) Diagrama de conexión para tensión nominal
- 23) Diagrama de conexión para tensión de arranque
- 24) Intervalo de lubricación en horas
- 25) Certificaciones
- 26) Fecha de fabricación
- 27) Categoría de par
- 28) Número de serie
- 29) Cantidad de grasa en el rodamiento delantero
- 30) Cantidad de grasa en el rodamiento trasero

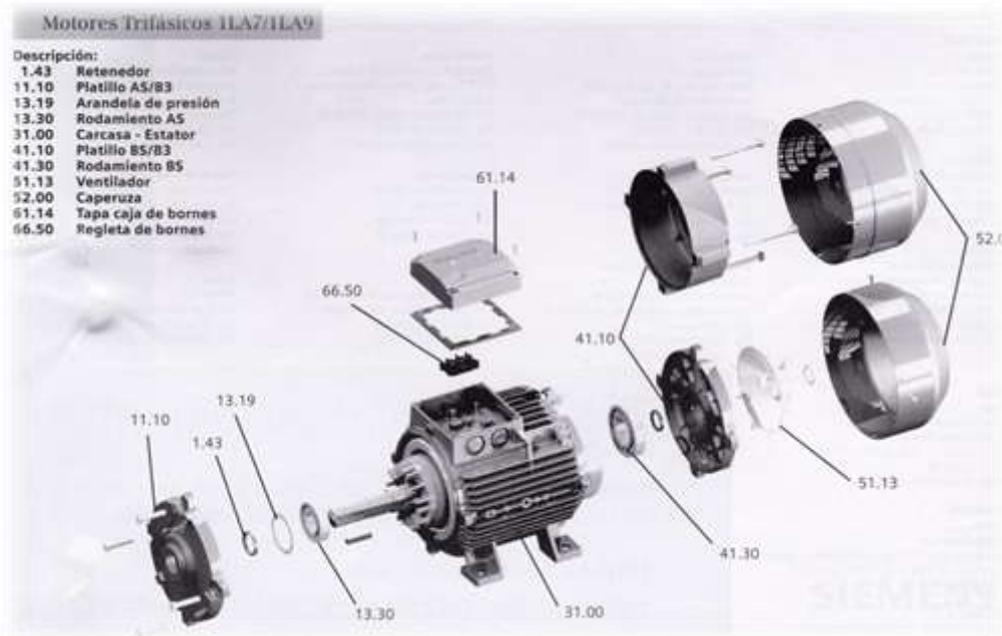


FIGURA 17: Despiece total de un motor 1LA7

Fuente: Motores Eléctricos Trifásicos. Siemens

Para mayores detalles acerca del motor utilizado en la máquina ver Anexo 4.

1.9 CORREAS O BANDAS DE TRANSMISIÓN

1.9.1 DEFINICIÓN DE CORREAS DE TRANSMISIÓN

Son elementos de máquina flexibles que se utilizan para la transmisión de potencia a distancias comparativamente grandes. Cuando se emplean por lo general sustituyen a grupos de engranes, ejes y sus cojinetes o a dispositivos de transmisión similares.

Además son elásticos y generalmente de gran longitud, de modo que tienen una función importante en la absorción de cargas de choque y en el amortiguamiento de los efectos de fuerza vibrantes. (Shigley & Mitchell, 1985, pág. 797).

Según Faires (s.a.): “Además del cuero se utilizan también numerosos materiales para las correas, principalmente el caucho natural o sintético. Las correas de caucho se confeccionan con un número de 3 a 12 capas de tejido de lona impregnadas posteriormente de caucho vulcanizado. Una correa de caucho de 6

capas tiene 6 tejidos de lona aproximadamente $0,093 \text{ g/cm}^2$ (32 onzas) de peso. También se confeccionan correas de caucho con cuerda o cordón, que es más resistente al estiramiento.

Como el calor excesivo deteriora lentamente al caucho y como el aceite es particularmente perjudicial, una correa de caucho natural no se debe emplear en lugares calientes". (Faires, s.a., pág. 593)

Las bandas se utilizan para transmitir potencia entre dos ejes paralelos. Tales ejes deben estar situados a cierta distancia mínima, dependiendo del tipo de banda, para trabajar con la mayor eficiencia. Las bandas tienen las siguientes características:

- Pueden utilizarse para grandes distancias entre centros.
- Debido a los efectos de deslizamiento y estirado que se producen en las bandas, la relación entre las velocidades angulares de los dos ejes no es constante ni exactamente igual a la relación entre los diámetros de las poleas.
- Cuando se utilizan bandas planas puede obtenerse acción de embrague si se pasa de una polea libre a una de fuerza.
- Cuando se emplean bandas V (o trapeziales) es posible obtener alguna variación en la relación de velocidad angular si se emplea una polea menor con lados cargados por resortes. Por lo tanto, el diámetro de la polea es función de la tensión de la banda y puede modificársele cambiando la distancia entre centros.
- Generalmente es necesario algún ajuste de la distancia entre centros cuando se utilizan las bandas.
- El empleo de poleas escalonadas es un medio económico para cambiar la relación de velocidad. (Shigley & Mitchell, 1985, pág. 798).

1.9.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CORREAS

Las correas de transmisión se clasifican en:

Correas planas: Ya en desuso y sustituidas por las trapezoidales, se utilizaban para transmisiones de velocidad no muy elevada ($< 5 \text{ m/s}$).

Generalmente, las bandas planas están hechas de cuero curtido con corteza de roble o de tela, como de algodón o rayón, impregnada de caucho o hule. La banda (o correa) plana moderna consta de una parte central elástica fuerte, como un núcleo de alambre de acero o de cuerdas de nylon, que resiste la tensión y transmite la potencia, combinada con una cubierta flexible que proporciona fricción entre la banda y la polea. (Shigley & Mitchell, 1985, pág. 799).

Correas trapezoidales o de sección en "V": Las bandas V (o de sección trapecial) están hechas de tela y cuerdas, generalmente de algodón o de rayón, impregnadas de caucho.

A diferencia de las bandas planas, éstas pueden trabajar con poleas más pequeñas y a distancias entre centros más cortas. Son ligeramente menos eficientes que las planas, pero algunas pueden utilizarse en una sola polea, constituyendo así una transmisión múltiple. (Shigley & Mitchell, 1985, pág. 804).

Bandas sincronizantes: Hecha de tela impregnada de goma o caucho y alambres de acero. Está provista de dientes que se ajustan a ranuras formadas en la periferia de las poleas. La banda sincronizante no se estira ni resbala y transmite potencia con relación constante de velocidad angular. (Shigley & Mitchell, 1985, pág. 808).

En el molino triturador TRAPP TRF 300 se utilizan únicamente dos correas trapezoidales que se incorporan a las poleas de la máquina. Estas son proporcionadas por el fabricante.

1.9.2.1 CORREAS TRAPEZOIDALES

1.9.2.1.1 GENERALIDADES

El aspecto de las correas trapezoidales es bien conocido de todos porque siempre se utilizan para diversas transmisiones auxiliares, por ejemplo, debajo de una capota de un automóvil ó transmisión de velocidad en una trituradora. Como el caucho tiene baja resistencia y se estira fácilmente, invariablemente se incorporan en su construcción elementos resistentes a la tracción media,

ordinariamente contruidos con tela o cordón. El material amortiguador que actúa de almohadillado es caucho natural o sintético. Las ruedas de garganta o acanaladas que funcionan con las correas trapezoidales se llaman poleas acanaladas o de garganta o roldanas.

Los factores que afectan a la capacidad de la correa trapezoidal son los mismos que los anteriormente mencionados, excepto que la acción de cuña (figura 18) da lugar a una fuerza normal N mucho mayor para la misma tracción de la correa y, por consiguiente, para el mismo coeficiente fricción se obtiene una fuerza tangencial mayor. (Faires, s.a., pág. 595).

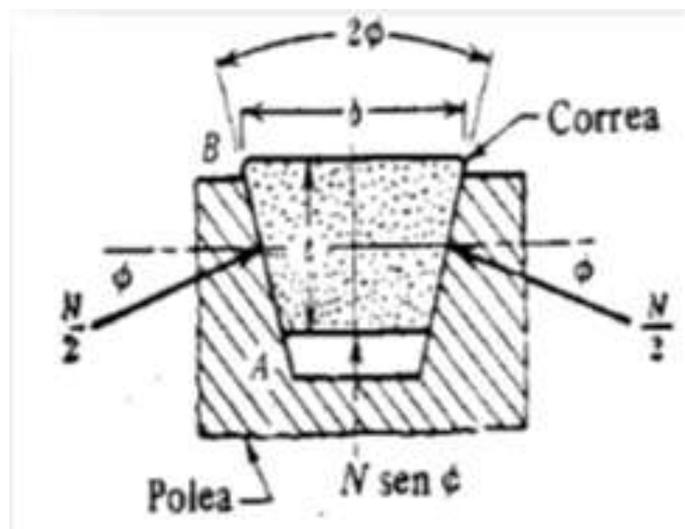


FIGURA 18: Esquema de una correa trapezoidal

Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas.

También a causa de la forma de cuña, las correas trapezoidales funcionan bien con distancias de centros cortas sin ajuste frecuente de la tracción inicial. En el caso de que se rompa una correa de transmisión de correas múltiples, las otras correas restantes deben soportar la carga sin necesidad de paro inmediato. (Faires, s.a.)

En la siguiente figura se muestra una tabla de valores de los parámetros según el perfil de correa:

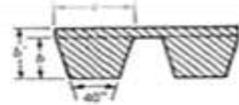


Tabla 17-3 BANDAS V PARA SERVICIO PESADO-CARACTERÍSTICAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL.

Designación	Anchura, <i>a</i> pulg (mm)	Espesor de una banda, <i>b</i> pulg (mm)	Espesor de varias bandas unidas, <i>b'</i> pulg (mm)	Intervalos de potencial por banda hp (kW)	Tamaños típicos de polea estándar pulg (mm)
Serie - pulg.					
A	0.50	0.31	0.41	0.2-5	Desde 2.5 increms. de 0.2
B	0.66	0.41	0.50	0.7-10	Desde 4.8 increms. de 0.2
C	0.88	0.53	0.66	1-21	Desde 7.9 increms. de 0.5
D	1.25	0.75	0.84	2-50	Desde 12.0 increms. de 0.5
E	1.50	0.91	1.03	4-89	Desde 18.0 increms. de 1.0
Serie - SI					
13C	(13)	(8)	(10)	(0.1-3.6)	(Desde 65 increms. de 5)
16C	(16)	(10)	(13)	(0.3-72)	(Desde 115 increms. de 5)
22C	(22)	(13)	(17)	(0.7-15.0)	(Desde 180 increms. de 10)
32C	(32)	(19)	(23)	(1.5-39.0)	(Desde 300 increms. de 20)

Fuente: recopilado parcialmente de ANSI/BMA-1P-20-1977.

FIGURA 19: Perfiles normalizados correa trapezoidal

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, 1985

Para tener mejores resultados una banda trapezoidal debe operar a alta velocidad, 4000 pie/min (1200 m/min) es un valor adecuado. Pueden tenerse dificultades si la correa funciona con velocidades mayores que 5000 pie/min (1500 m/min) o menores que 1000 pie/min (100 m/min). Por consiguiente y cuando sea posible, las poleas deben ser las adecuadas para una velocidad de banda en la proximidad de 4000 pie/min (20 m/s). (Shigley & Mitchell, 1985, pág. 806)

1.9.2.1.2 Constitución

Los componentes indispensables en la construcción de una correa trapezoidal son: material de funda tejido, vulcanizado, A; elementos de tracción B que soportan la carga principal, que algunas veces son de tela y otra de cuerda o cordón; cojín resiliente o material de compresión C que tiene en cuenta la presión lateral; capa de tracción D, capaz de soportar la flexión repetida.

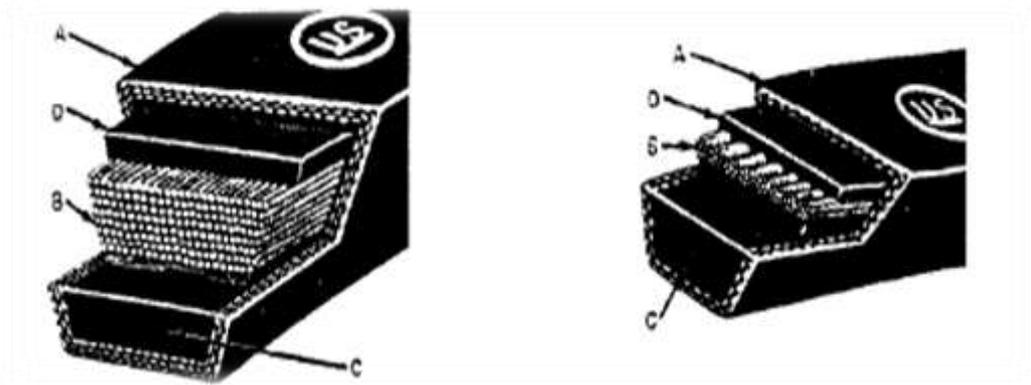


FIGURA 20: Elementos de una correa trapezoidal

Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas

1.9.2.1.2 LONGITUD PRIMITIVA

La sección transversal y la longitud de las bandas trapeciales han sido estandarizadas por el ANSI, considerando unidades inglesas y unidades SI. Las correas para automóvil están en una categoría especial y han sido estandarizadas por el ANSI y la SAE también en ambos sistemas. Las designaciones para estas normas se indican en las tablas de las figuras 22 y 23.



FIGURA 21: Esquema de montaje de una transmisión por correa

Fuente: http://anckaerts.be/resources/img/producten/Model%20V%20belt_3D.jpg

Tabla 17-2 DESIGNACIONES NORMALES PARA BANDAS TRAPECIALES O EN V

Tipo	Sección transversal	Diámetro mínimo de polea*	Norma †
Común para servicio pesado	A	3.0 pulg	ANSI/RMA-IP-20-1977
	B	5.4 pulg	
	C	9.0 pulg	
	D	13.0 pulg	
	E	21.0 pulg	
Común SI para servicio pesado	13C	80 mm	ANSI/RMA-IP-20-1977
	16C	140 mm	
	22C	224 mm	
	32C	355 mm	
Angosta para servicio pesado	3V	2.65 pulg	RMA-IP-22
	5V	7.1 pulg	
	8V	12.3 pulg	
Angosta ranura	3VX	2.2 pulg	
	5VX	4.4 pulg	
Para servicio ligero	2L	0.8 pulg	RMA-IP-23
	3L	1.5 pulg	
	4L	2.5 pulg	
	5L	3.5 pulg	
Automotriz (en pulgadas)	0.25	2.25 pulg	ANSI/SAE J636C
	0.315	2.25 pulg	
	0.380	2.40 pulg	
	0.440	2.75 pulg	
	0.500	3.00 pulg	
	$\frac{11}{16}$	3.00 pulg	
	$\frac{1}{2}$	3.00 pulg	
	$\frac{3}{4}$	3.50 pulg	
	1.0	4.00 pulg	
Automotriz SI	6A	57 mm	ANSI/SAE J636C
	8A	57 mm	
	10A	61 mm	
	11A	70 mm	
	13A	76 mm	
	15A	76 mm	
	17A	76 mm	
	20A	89 mm	
23A	102 mm		

FIGURA 22: Tabla de Diámetro mínimo de poleas para bandas

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, 1985.

TABLA 17.3 LONGITUDES NORMALIZADAS DE CORREAS TRAPEZOIDALES NORTEAMERICANAS CONSTANTES DE POTENCIA [17-18]

El valor D_s min es el diámetro primitivo de la polea menor que debe utilizarse con esta sección. Si se emplea una polea más pequeña, lo probable es que la correa tenga poca duración. L está expresada en pulgadas (y en centímetros).

SECCIÓN A			SECCIÓN B			SECCIÓN C			SECCIÓN D		
D_s min = 3 pulg (7.62 cm)			D_s min = 5.4 pulg (13.71 cm)			D_s min = 9 pulg (22.86 cm)			D_s min = 13 pulg (33 cm)		
Co- rrea núm.	Longitud primitiva pulg	(cm)	Co- rrea núm.	Longitud primitiva pulg	(cm)	Co- rrea núm.	Longitud primitiva pulg	(cm)	Co- rrea núm.	Longitud primitiva pulg	(cm)
A26	27.3	(69.3)	B35	36.8	(93.4)	C51	53.9	(136.9)	D120	123.3	(313.1)
A31	32.3	(82.0)	B38	39.8	(101.1)	C60	62.9	(159.7)	D128	131.3	(333.5)
A35	36.3	(92.2)	B42	43.8	(111.2)	C68	70.9	(180.0)	D144	147.3	(374.1)
A38	39.3	(99.8)	B46	47.8	(121.4)	C75	77.9	(197.8)	D158	161.3	(409.7)
A42	43.3	(109.9)	B51	52.8	(134.1)	C81	83.9	(213.1)	D173	176.3	(447.8)
A46	47.3	(120.1)	B55	56.8	(144.2)	C85	87.9	(223.2)	D180	183.3	(465.5)
A51	52.3	(132.8)	B60	61.8	(156.9)	C90	92.9	(235.9)	D195	198.3	(503.6)
A55	56.3	(143.0)	B68	69.8	(177.2)	C96	98.9	(251.2)	D210	213.3	(541.7)
A60	61.3	(155.7)	B75	76.8	(195.0)	C105	107.9	(274.0)	D240	240.3	(611.6)
A68	69.3	(176.0)	B81	82.8	(210.3)	C112	114.9	(291.8)	D270	270.8	(687.8)
A75	76.3	(193.0)	B85	86.8	(220.4)	C120	122.9	(312.1)	D300	300.8	(764.0)
A80	81.3	(206.5)	B90	91.8	(233.1)	C128	130.9	(332.4)	D330	330.8	(840.2)
A85	86.3	(219.2)	B97	98.8	(250.9)	C144	146.9	(373.1)	D360	360.8	(916.4)
A90	91.3	(231.9)	B105	106.8	(271.2)	C158	160.9	(408.6)	D390	390.8	(992.6)
A96	97.3	(247.1)	B112	113.8	(289.0)	C173	175.9	(446.7)	D420	420.8	(1068.8)
A105	106.3	(270.0)	B120	121.8	(308.3)	C180	182.9	(464.5)	D480	480.8	(1221.2)
A112	113.3	(287.7)	B128	129.8	(329.6)	C195	197.9	(502.6)	D540	540.8	(1373.6)
A120	121.3	(308.1)	B144	145.8	(370.3)	C210	212.9	(540.7)	D600	600.8	(1526.0)
A128	129.3	(328.4)	B158	159.8	(405.8)	C240	240.9	(611.8)	D660	660.8	(1672.4)
			B173	174.8	(444.0)	C270	270.9	(688.0)			
			B180	181.8	(461.7)	C300	300.9	(764.2)			
			B195	196.8	(499.8)	C330	330.9	(840.4)			
			B210	211.8	(537.9)	C360	360.9	(916.6)			
			B240	240.3	(610.3)	C390	390.9	(992.8)			
			B270	270.3	(688.0)	C420	420.9	(1069.0)			
			B300	300.3	(762.7)						

FIGURA 23: Tabla de Longitudes normalizadas de correas trapezoidales

Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas

La longitud de una banda trapecial o en V se obtiene en forma completamente similar a la que se utiliza para determinar la longitud de una correa plana.

ECUACIÓN 1: Longitud primitiva de una banda o correa

$$L_p = 2 C + 1.57(D + d) + (D - d)^2/4C$$

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, 1985.

Donde:

C = distancia entre ejes

D = diámetro de paso de la polea mayor

d = diámetro de paso de la polea menor

Lp = longitud de paso de la banda

Las constantes de la C1 a la C4 depende de la sección transversal de la correa y se tienen para ambas clases de unidades.

Tabla 17-5 CONSTANTES PARA EMPLEAR EN LA ECUACIÓN DE LA POTENCIA NOMINAL DE TRANSMISIONES DE BANDA

Sección transversal	C_1	C_2	C_3	C_4
A	0.8542	1.342	$2.436(10)^{-4}$	0.1703
B	1.506	3.520	$4.193(10)^{-4}$	0.2931
C	2.786	9.788	$7.460(10)^{-4}$	0.5214
D	5.922	34.72	$1.522(10)^{-3}$	1.064
E	8.642	66.32	$2.192(10)^{-3}$	1.532
13C	$3.316(10)^{-2}$	1.088	$1.161(10)^{-8}$	$5.238(10)^{-3}$
16C	$5.185(10)^{-2}$	2.273	$1.759(10)^{-8}$	$7.934(10)^{-3}$
22C	$1.002(10)^{-1}$	7.040	$3.326(10)^{-8}$	$1.500(10)^{-2}$
32C	$2.205(10)^{-1}$	26.62	$7.037(10)^{-8}$	$3.174(10)^{-2}$

FIGURA 24: Tabla de Coeficientes C1 y C2

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, 1985.

1.9.2.1.2 IDENTIFICACIÓN



FIGURA 25: Identificación de correa trapezoidal

Fuente: El autor

Donde:

A = Tipo de correa

45= Referencia de longitud nominal

Las bandas incorporadas en la máquina trituradora son de tipo A – 45, éstas pueden venir incluidas de fábrica.

CAPÍTULO II

2 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA Y SUS COMPONENTES

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se mencionará la selección de la máquina y la selección del motor que lo más probable es emplear un motor recomendado por el fabricante. La selección del motor se lo realiza debido a que la máquina que será empleada en este proyecto proviene de fábrica sin motor.

Además se mencionarán las diferentes características de máquina a ser empleada.

2.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DEL TRABAJADOR

El problema que se viene presentando en el sector agrícola es que para obtener mayor beneficio de abono orgánico proveniente de las cosechas que sirven para los siguientes sembríos, algunos agricultores realizan el corte de las ramas y plantas desde el pasado y muy poco en el presente con instrumentos cortantes, como el machete, de forma manual (Figura 26).



FIGURA 26: Producción de abono orgánico de forma manual2.3 Selección de máquina trituradora

Fuente: El autor

2.3 SELECCIÓN DE MÁQUINA TRITURADORA

La línea de máquinas TRAPP es proveniente de Brasil, lo cual hay una variedad de molinos, picadoras o trituradores de diferentes tamaños y para diferentes industrias.

Como el objetivo es disminuir tiempo, esfuerzo y trabajo para conseguir abono orgánico a partir de las mismas ramas de sembríos, entonces se necesita un triturador que satisfaga las necesidades y resuelva el problema antes mencionado. Entonces se procede a detallar algunas máquinas trituradoras y al final se escoge la más óptima o la más conveniente.

No se ha escogido solamente un triturador como por ejemplo el triturador TRAPP TRP 40 (Figura 27) debido a que no se encuentra en las distribuidoras de máquinas TRAPP en el país; este tipo de modelo se encuentra en la fábrica principal de productos TRAPP en Brasil y no está disponible en Ecuador.



FIGURA 27: Triturador Forrajero TRAPP TRP 40

Fuente: <http://www.trapp.com.br/es/produtos/rural/trituradores-forrajeros/produto/trp-40>

Existen una variedad de máquinas trituradoras, picadoras y molinos como los siguientes modelos: TR 200 (Figura 28), TRF 60 (Figura 29), TRF 70, TRF 400, TRF 600, TRF 650, etc., que cumplen la misma función de triturar pero tienen sus desventajas como por ejemplo incluir motor a gasolina, mayor peso, no disponible en el país, etc.



FIGURA 28: Tritrador de residuos orgánicos TRAPP TR 200

Fuente: <http://www.trapp.com.br/es/produutos/compostaje/trituradores-de-ramas,-truncos-y-residuos-organicos./produto/tr-200>



FIGURA 29: Tritrador Forrajero TRAPP TRF 60

Fuente: <http://www.trapp.com.br/es/produutos/rural/trituradores-forrajeros/produto/trf-60>

El molino triturador TRAPP TRF 300 (Figura 30) fue escogido por la debida razón que es el más empleado en el país, abarca mayor capacidad de material y producción por cada hora y tiene un precio económico. Esta máquina posee dos funciones como son triturar y moler todo tipo de granos en diferentes tamaños excepto la parte de trituración.



FIGURA 30: Triturador Forrajero TRAPP TRF 300

Fuente: <http://www.trapp.com.br/es/produutos/rural/trituradores-forrajeros/produoto/trf-300---super>

A continuación se realiza un cuadro comparativo entre las cuatro máquinas mencionadas anteriormente con sus ventajas y desventajas lo cual se concluye que el molino triturador TRAPP TRF 300 es el ideal para emplear el sistema de control.

TABLA 4: Cuadro comparativo de elección de la máquina.

	Ventajas	Desventajas
TRF 300	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible en el país. • Molino triturador. • Tensión 110 V y 220 V. • Potencia 2 HP y 3 HP. • Económico. • Tipo monofásico y trifásico. • Mayor número de martillos. • Mayor capacidad de material. • Mayor producción por cada hora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de tamices por cada operación. • No contiene motor de fábrica. • Posee bandas de transmisión. • Peso pesado. • Posee tolva.
TRP 40	<ul style="list-style-type: none"> • Solo trituradora. • No posee bandas de transmisión. • Contiene motor de fábrica. • Peso liviano. • No posee tolva. 	<ul style="list-style-type: none"> • No disponible en el país. • Potencia no mayor a 1,5 HP. • Tipo monofásico.
TR 200	<ul style="list-style-type: none"> • Solo trituradora. • Disponible en el país. • Tensión 110 V y 220 V. • Económico. • Tipo monofásico y trifásico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión únicamente a 110 V. • Potencia no mayor a 1,5 HP.
TRF 60	<ul style="list-style-type: none"> • Molino triturador. • No posee bandas de transmisión. • Contiene motor de fábrica. • Peso liviano. 	<ul style="list-style-type: none"> • No disponible en el país. • Potencia no mayor a 1,5 HP. • Tipo monofásico. • Posee tolva.

Fuente: El autor

2.4 SELECCIÓN DEL MOTOR

El motor eléctrico empleado en la máquina molino – triturador se especifica de la siguiente manera:

Motor marca SIEMENS de 3 HP de potencia, trifásico, de 60Hz de frecuencia, de corriente alterna y asincrónica, estos valores son especificados por recomendación del fabricante.



FIGURA 31: Triturador Forrajero TRAPP TRF 300

Fuente: El autor

Además contiene carcasa de aluminio, asincrónico de inducción trifásica y grado de protección IP55 como se especifica en la tabla de datos (placa del motor) en el capítulo 3. El significado de cada dígito se explica en la tabla 3. Bajo costo y alta tecnología. Versatilidad, agilidad en la instalación, facilidad en la operación y bajo costo de mantenimiento.

Utilizados en compresores, bombas, ventiladores, trituradores y máquinas en general.

Los motores de 2 y 4 polos son los más vendidos en el mercado y según la placa que consta en el motor de la máquina mencionada en este proyecto de trabajo de grado es de una rotación aproximada a 3600 rpm (dato proporcionado por el fabricante) (Anexo 2) lo cual se dice que consta de 2 polos (Tabla 2). Se utilizará un tacómetro para la lectura de la rotación del motor.

2.5 LAS CUCHILLAS Y MARTILLOS

A continuación se da a conocer tipos de cuchillas empleadas en máquinas trituradoras.

2.5.1 MULTI-CUT 150

La tecnología patentada de corte: insonorizadas las arandelas de la hoja y la construcción de emparedado con hoja reversible. multi-cut 150 ramifica el material de la rama hasta 35 mm de diámetro.



FIGURA 32: Cuchilla Multi-cut 150

Fuente: (Cabedo)

2.5.2 CUCHILLAS VIKING

Este modelo es ideal para un jardín variado, donde se produce más bien material duro y leñoso: Plantas vivaces, recortes del seto, rosales, arbustos espinosos o ramas de mediano grosor.



FIGURA 33: Cuchillas Viking

Fuente: (Infojardin)

5.2.3 SISTEMA DE CORTE DE 3 CUCHILLAS

La tercera cuchilla corta el centro de la banda perfeccionando el aspecto del corte. La carcasa del equipo de corte se desmonta sin necesidad de herramientas.



FIGURA 34: Sistema de corte de 3 cuchillas

Fuente: (Cabedo, Suministros Industriales y Agrícolas)

En conclusión se optó por la un disco de dos cuchillas que es lo más conveniente para realizar la trituración en la máquina trituradora, que éstas cuchillas ya vienen especificadas de fábrica en un mismo eje conjuntamente con una serie de martillos.

Las cuchillas y martillos que posee esta máquina están sujetas a un mismo eje por el cual giran de la misma manera que gira el motor, es decir, poseen la misma velocidad de transmisión ya que la relación entre la polea del motor y la polea del eje es 1 debido a que son del mismo tamaño y la misma dimensión. (Ver hoja de cálculos capítulo 3).

La transmisión de fuerza se la realiza a través de dos bandas A-45 que las proporciona el fabricante.

La máquina contiene 10 martillos de tipo móvil y 2 cuchillas aplicados con un tratamiento anticorrosivo en todas las piezas sujetas a oxidación. Todas las piezas recibieron tratamiento anticorrosivo y pintura de polvo de poliéster y polimerizado en estufa a 180°C, que le proporciona mayor durabilidad y mejor acabado.

La producción máxima de la máquina es aproximadamente 1000 Kg/h según manual de utilización.



FIGURA 35: Eje conformado por 2 cuchillas y 10 martillos

Fuente: El autor

2.6 LAS PLANTAS Y ÁREA DE INGRESO A LA MÁQUINA

La Trituradora o Picadora de Forraje TRAPP TRF 300 es utilizada para cortar y moler forrajes, semillas, cascaras de cereales, maíz desgranado y en mazorcas, racimos de yuca y en general todo tipo de grano entre 8 y 12 milímetros. También es usada como picadora de ramas, plantas y desechos.

El área de ingreso a la máquina es de forma inclinada, la misma que está realizada de tal forma que presente una forma segura de que el operario no sufra ningún accidente al momento de triturar las plantas. La forma inclinada de ingreso se debe a que con mayor facilidad las plantas caen por acción de la gravedad hacia las cuchillas para ser trituradas. Si el área de ingreso de las plantas hacia la máquina fuera de forma recta lineal, el operario tendría que hacer esfuerzo en empujar el material hacia la trituradora y podría tener accidentes como el corte de la mano. De igual manera los granos y semillas que se quieran moler para la producción de harina pero en este caso no se utilizará dicha función.



FIGURA 36: Área de ingreso en forma inclinada

Fuente: Manual de operación de la trituradora (Anexo 2)



FIGURA 37: Área de ingreso en forma recta o lineal

Fuente: El autor

2.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES TRAPP TRF 300

Transmisión de fuerza a través de 2 correas.

Cuerpo construido con chapa de 4,25mm.

Láminas de corte (cuchilla) de acero anticorrosivo..

Llave interruptora bipolar en los modelos monofásicos y tripolar para los modelos trifásicos, que ofrecen un aislado total e independiente de la posición del enchufe de la tomada.

Temperatura de 40°C y humedad relativa del aire 80%.

También contiene una salida superior del forraje, un pico de alimentación atornillado, un sistema de salida de granos molidos, fijación de las láminas, llave interruptora, disco de corte en acero que garantiza mayor seguridad.

Acompaña 1 tolva para el grano (capacidad de 13 litros), 5 tamices (4 fijas en la caja y 1 tamiz "0" lisa dentro del triturador) 4 cojines.

Longitud de altura de aproximadamente 1,20 m incluida la tolva.

Longitud de ancho de aproximadamente 0,30 cm.

Área máxima de ingreso de material 80 cm².

Dos poleas de 10 cm de diámetro.

Fuente: (TRAPP, TRAPP)

CAPÍTULO III

3 CÁLCULOS DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA Y DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se detallan pequeños cálculos correspondientes a la máquina, que es un molino triturador TRAPP TRF 300. Los cálculos son aproximados a la realidad cuando se tratan de elementos de la parte mecánica (por ejemplo número de bandas). No se realizará muchos cálculos de partes mecánicas porque la máquina ya contiene sus componentes pero si se realizarán cálculos del sistema de control.

En este capítulo se desarrollan cálculos de los elementos de la máquina y del sistema de control basándose en fórmulas y datos proporcionados por diferentes autores de libros y páginas web concluyendo al final con el aporte del autor que es el cálculo del sistema de control por medio de software MATLAB y empleando los diferentes dispositivos para la conexión del tablero de control basado en un diagrama de conexiones.

3.2 MOTOR ELÉCTRICO

3.2.1 DATOS DE LA MÁQUINA MOLINO TRITURADOR Y CÁLCULO DE PRODUCCIÓN APROXIMADA

Producción mínima = 600 Kg/h

Producción máxima = 1000 Kg/h (Véase Anexo 2)

Lo cual indica que entre la producción máxima y mínima existe un factor de sobreproducción de 60% que es lo mismo un 0,6.

A partir de la producción mínima que ejecuta la máquina se tiene:

$$600 \frac{Kg}{h} \cdot 1,6 = 960 \frac{Kg}{h}$$
$$960 \frac{Kg}{h} \cdot \frac{m^3}{250 Kg} = 3,84 \frac{m^3}{h}$$

Esto significa que se tiene un caudal de salida de alrededor de 960 Kg o 3,84 m³ de materia triturada por cada hora de funcionamiento en su velocidad máxima.

A continuación se realiza un cálculo acerca del grado de desmenuzamiento del material a ser triturado que poniendo como ejemplo son ramas de las matas de tomate.

3.2.2 GRADO DE DESMENUZAMIENTO (I)

El grado de desmenuzamiento es la relación existente entre la mayor dimensión lineal del material antes de su subdivisión (H_{\max}), a la menor dimensión lineal del material (H_{\min}), en consecuencia i está representado por:

ECUACIÓN 2: Grado de desmenuzamiento

$$i = \frac{H_{\max}}{H_{\min}}$$

Siendo $H_{\max} = 1,5$ m y $H_{\min} = 0,5$ m se tiene:

Fuente: Características generales del tomate

Grado de desmenuzamiento:

$$i = \frac{1,5}{0,5} = 3$$

(Arpi & Calderón, 2010)

3.2.3 POTENCIA DEL MOTOR

El fabricante de productos TRAPP da unas ciertas especificaciones del molino triturador de serie TRF 300, una de ellas es la potencia del motor, que recomienda utilizar un motor de 2 ó 3 HP con una velocidad máxima de 3600 rpm (figura 38).

En este caso para este proyecto se ha escogido un motor de 3HP debido a que es el más recomendable para máquinas trituradoras, realizará más trabajo, operará por mucho más tiempo con respecto a un motor de 2 HP, tiene más fuerza, más confiabilidad y más torque; ya que la función de la máquina es triturar una cierta cantidad de distintos tipos de ramas y desechos orgánicos, es decir soportará un volumen máximo de hasta el 60% del área total de la entrada de desechos a la máquina.

Además el motor de 3HP ha sido escogido para que satisfaga las necesidades de este proyecto garantizando seguridad al operario, empleando los siguientes criterios de evaluación:

1. Seguridad
2. Facilidad de servicio
3. Facilidad de reemplazo de componentes
4. Facilidad de operación
5. Facilidad de instalación
6. Bajo costo inicial
7. Bajos costos de operación y mantenimiento
8. Pequeño tamaño y peso ligero
9. Silencioso y con poca vibración
10. Apariencia atractiva y adecuada a la aplicación

Según la ilustración que se muestra a continuación el fabricante nos recomienda que la velocidad por la que se transmite en el eje es de 3600 rpm, entonces se tiene:

$$w = \frac{3600 \text{ rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 377 \text{ rad/seg}$$



FIGURA 38: Dato del molino triturador

Fuente: Molinos Trituradores, 2010

Lo que resulta conveniente emplear un motor con una potencia de 3 Hp según lo recomienda el fabricante (Anexo 2) (Figura 32).

3.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR



FIGURA 39: Placa del motor de la máquina

Fuente: El autor

Según datos extraídos de la siguiente tabla contenida en el motor del molino triturador que representa las características de un motor de 3 Hp trifásico se tiene:

TABLA 5: Características del motor

Descripción	Valor	Unidad
Número de fases	3	-
Tensión nominal de operación	220 / 440	V
Régimen de servicio	S1	-
Certificaciones	IEC 34	-
Grado de protección	IP 55	-
Clase de aislamiento	F	-
Temperatura ambiente máxima	40°	C
Frecuencia	60	Hz
Potencia nominal del motor	3	Hp
Velocidad nominal	3450	Rpm
Corriente nominal de operación	9 / 4.5	A
Factor de servicio	1.10	-
Altitud	1000	-
Peso del motor	14.6	Kg
Especificación del rodamiento delantero	6205	-
Especificación del rodamiento trasero	6004	-
Número de serie	ILA7	-
Rendimiento	82.3	%
Factor de potencia	0.79	-
Torque nominal	6.2	N.m
Torque de arranque	16.7	N.m

Fuente: Placa motor 3HP (Figura 33).

3.3 POLEAS DE TRANSMISIÓN

3.3.1 VELOCIDAD LINEAL DE LA BANDA

La máquina molino triturador TRAPP TRF 300 viene incorporado con dos poleas unidas como se muestra en la siguiente gráfica:



FIGURA 40: Poleas de transmisión

Fuente: El autor

El diámetro de la polea contenida en el eje de las cuchillas y martillos tiene una longitud de 10 cm (D1) al igual que la polea contenida en el eje del motor (D2), es decir, $D1 = D2$.

Es evidente que por ser la correa una banda continua la velocidad lineal en cualquiera de sus puntos tiene el mismo módulo. Por tanto si Vel es la velocidad lineal se cumplirá (despreciando el deslizamiento) que:

ECUACIÓN 3: Velocidad Lineal

$$Vel = w * R$$

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

En donde

Vel es la velocidad lineal de la banda

w es la velocidad angular del motor

R es el radio de la polea

Empleando los datos especificados se tiene:

$$\text{Vel} = (377 \text{ rad / seg}) * (0,05 \text{ m})$$

$$\text{Vel} = 18,85 \text{ m/seg}$$

3.3.2 Relación de transmisión

La relación de transmisión viene dado por la ecuación:

ECUACIÓN 4: Relación de Transmisión

$$\text{Re} = \frac{D1}{D2}$$

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

Entonces se tiene que $\text{Re} = \frac{0,1 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} = 1$

3.4 LAS BANDAS DE TRANSMISIÓN

3.4.1 DATOS DE LAS BANDAS PROPORCIONADAS POR EL FABRICANTE

La máquina molino triturador TRAPP TRF 300 viene incorporado con dos bandas trapezoidales en "V" de denominación A – 45, en donde A es el tipo de correa y el número 45 se refiere a la longitud nominal. Esta nomenclatura se la explica en el capítulo 1 en la figura 25 de lo cual se obtiene:



Correas Industriales en "V"
clásicas - forradas

Tipo	Ancho Superior (mm)	Altura (mm)	Angulo
A	13,0	8,0	40
B	17,0	11,0	40
C	22,0	14,0	40
D	32,0	19,0	40
E	38,0	25,0	40

FIGURA 41: Bandas o Correas en "V"

Fuente: (Virtual, s.a.)

3.4.2 LONGITUD DE LA BANDA

La longitud exterior de la banda es de 47 pulgadas (1,194 m) según lo indica la tabla de bandas tipo A, marca Gates en la siguiente figura.

Sección A



Banda No.	Circunferencia Exterior (Pulg.)	Banda No.	Circunferencia Exterior (Pulg.)
A16	18	A65	67
A17	19	A66	68
A18	20	A67	69
A19	21	A68	70
A20	22	A69	71
A21	23	A70	72
A22	24	A71	73
A23	25	A72	74
A24	26	A73	75
A25	27	A74	76
A26	28	A75	77
A27	29	A76	78
A28	30	A77	79
A29	31	A78	80
A30	32	A79	81
A31	33	A80	82
A32	34	A81	83
A33	35	A82	84
A34	36	A83	85
A35	37	A84	86
A36	38	A85	87
A37	39	A86	88
A38	40	A87	89
A39	41	A88	90
A40	42	A89	91
A41	43	A90	92
A42	44	A91	93
A43	45	A92	94
A44	46	A93	95
A45	47	A94	96
A46	48	A95	97
A47	49	A96	98
A48	50	A97	99
A49	51	A98	100
A50	52	A100	102
A51	53	A103	105
A52	54	A105	107
A53	55	A110	112
A54	56	A112	114
A55	57	A115	117
A56	58	A120	122
A57	59	A124	126
A58	60	A128	130
A59	61	A133	135
A60	62	A136	138
A61	63	A144	146
A62	64	A158	160
A63	65	A173	175
A64	66	A180	182

FIGURA 42: Tabla de Longitudes de las bandas tipo A

Fuente: Master de Bandas Industriales, 2009.

3.4.3 COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

El coeficiente de rozamiento μ entre polea y correa está muy estudiado, habiendo tablas como la siguiente que ofrecen valores de μ .

Material del cuerpo rozante	μ_0 (rozamiento de partida)	μ (rozamiento en movimiento)
Acero sobre acero	0'15	0'1
Acero sobre bronce	0'2	0'16
Madera sobre madera	0'65	0'25
Cuero sobre metal	0'6	0'25
Cuero sobre fundición	0'5-0'6	0'28
Cuero sobre madera	0'47	0'27

FIGURA 43: Tabla de Coeficientes de rozamiento

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

En el caso del cuero sobre poleas de acero hay una fórmula empírica que ofrece el valor de μ ligado a la velocidad lineal de la correa.

ECUACIÓN 5: Coeficiente de rozamiento

$$\mu = 0,22 + 0,012 \cdot \text{Vel}$$

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

$$\begin{aligned}\mu &= 0,22 + 0,012 \cdot (18,85 \text{ m/seg}) \\ \mu &= 0,4462\end{aligned}$$

Siendo Vel la velocidad lineal de la banda en m/seg.

3.4.4 FUERZA DE DEFLEXIÓN

La fuerza mínima de deflexión de la banda es de 3,8 LbF y la fuerza máxima de deflexión de la banda es de 5,5 LbF según lo indica la siguiente figura:

Sección Transversal de Banda en V	Diámetro de Polea Pequeña (Pulg.)	Velocidad de Polea Pequeña (r.p.m.)	Relación de Velocidad	Fuerza de Deflexión Recomendada (LbF)			
				Hi-Power II		Tr-Power	
				Min.	Máx.	Min.	Máx.
A AX	3.0	1750	2.0	2.7	3.8	3.8	5.4
	3.2			2.9	4.2	3.9	5.6
	3.4 - 3.6	a	a	3.3	4.8	4.1	5.9
	3.8 - 4.2	3500	4.0	3.8	5.5	4.3	6.3
4.6 - 7.0	4.9			7.1	4.9	7.1	
B BX	4.6	1160	2.0	5.1	7.4	7.1	10.0
	5.0 - 5.2			5.8	8.5	7.3	11.0
	5.4 - 5.6	a	a	6.2	9.1	7.4	11.0
	6.0 - 6.8	1800	4.0	7.1	10.0	7.7	11.0
7.4 - 9.4	8.1			12.0	7.9	12.0	
C CX	7.0	870	2.0	9.1	13.0	12.0	18.0
	7.5			9.7	14.0	12.0	18.0
	8.0 - 8.5	a	a	11.0	16.0	13.0	18.0
	9.0 - 10.5	1800	4.0	12.0	18.0	13.0	19.0
11.0 - 16.0	14.0			21.0	13.0	19.0	
D	12.0 - 13.0	690	2.0	19.0	27.0	-	-
	13.5 - 15.5	a	a	21.0	30.0	-	-
	16.0 - 22.0	1200	4.0	24.0	36.0	-	-
E	21.6 - 24.0	435	1.0	32.0	47.0	-	-
		a	a				
		900	2.0				

FIGURA 44: Tabla de Fuerza de Deflexión de las bandas

Fuente: Master de Bandas Industriales, 2009.

3.4.5 ÁREA DE LA BANDA

Las correas trapeciales, en función de sus dimensiones, se agrupan según la norma UNE 18006-93 en siete tipos básicos según su sección transversal, a saber, Y, Z, A, B, C, D y E.

En la figura siguiente se presentan los valores característicos de los siete tipos de correas comerciales:

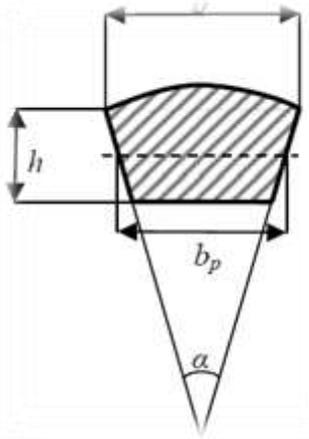


FIGURA 45: Dimensiones de una banda

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

Donde b_p : Ancho primitivo normal. b : Ancho aproximado de la base superior.
 h : Altura aproximada. α : Ángulo de los flancos.

Sección	Y	Z	A	B	C	D	E
b_p (mm)	5,3	8,5	11	14	19	27	32
b (mm)	6	10	13	17	22	32	38
h (mm)	4	6	8	11	14	19	25
α				40°			

FIGURA 46: Tabla de Dimensiones de los tipos de bandas

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

ECUACIÓN 6: Área de una banda

$$A = b_p \cdot h$$

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

Donde:

A es el área de la banda, b_p es el ancho y h la altura.

$$A = (11) \cdot (8) = 88 \text{ mm}^2$$

Además de las dimensiones señaladas para cada tipo de sección, la norma UNE 18006-93 indica los desarrollos primitivos y las tolerancias de fabricación, este

último aspecto es de suma importancia para lograr un trabajo correcto en las transmisiones de correas múltiples.

Las dimensiones de poleas según la Norma UNE 18164-85 son las que se presentan en la figura siguiente:

Sección de garganta	w_p	b_{min}	h_{min}	e	f
Y	5,3	1,6	4,7	8	7
Z	8,5	2	7	12	8
A	11	2,75	8,7	15	10
B	14	3,5	10,8	19	12,5
C	19	4,8	14,3	25,5	17
D	27	8,1	19,9	37	24
E	32	9,6	23,4	44,5	29

FIGURA 47: Tabla de Dimensiones normalizadas de poleas con acanaladuras para correa trapecial.

Fuente: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema05.pdf>

3.4.6 TENSIÓN ESTÁTICA DE LA BANDA

El aumento de la tensión en un ramal hace que disminuya respectivamente la tensión en el otro, mientras que la suma de las tensiones (fuerzas) se mantiene constante.

Esto puede ser expresado como:

ECUACIÓN 7: Fuerza en los ramales de la correa

$$S_1 + S_2 = 2.S_0 \text{ (N)}$$

Fuente: (Prisma, s.a.)

Donde:

S_1 = Tensión en el ramal tensado (N).

S_2 = Tensión en el ramal destensado (N).

S_0 = Tensión estática (N).

Las fuerzas en los ramales de la correa están vinculadas a la fuerza útil aplicada en la polea por las siguientes relaciones:

ECUACIÓN 8: Momento Tensor en una polea

$$M_t = \frac{2 \cdot P}{d} = \frac{2 \cdot S_1}{d} - \frac{2 \cdot S_2}{d} \text{ (N.m)}$$

ECUACIÓN 9: Tensión estática en una polea

$$P = S_1 - S_2 \text{ (N)}$$

Fuente: (Prisma, s.a.)

Donde:

M_t = Momento tensor en una polea con diámetro primitivo d (Nm).

d = Diámetro primitivo de una polea (m)

Empleando convenientemente las ecuaciones 7 y 9 pueden ser obtenidas las siguientes ecuaciones:

ECUACIÓN 10 A: Fuerza en el ramal de la correa

$$S_1 = S_0 + P/2$$

ECUACIÓN 10 B: Fuerza en el ramal de la correa

$$S_2 = S_0 - P/2$$

Fuente: (Prisma, s.a.)

Muchos trabajos prácticos en transmisiones por correas y transportadores de banda se han basado en la dependencia analítica, establecida por Euler (en 1775), entre las tensiones del hilo flexible inextensible e imponderable que se desliza por un cilindro fijo. Esta relación es mostrada en la ecuación 11.

ECUACIÓN 11: Relación de tensiones en una correa

$$\frac{S_1}{S_2} = e^{f \alpha} = m$$

Fuente: (Prisma, s.a.)

Donde:

f = Coeficiente de fricción entre el hilo y la superficie del cilindro. El grado de la aproximación de Euler, depende de la autenticidad de los valores del coeficiente de fricción. La experiencia ha establecido que depende de los materiales de polea y correa, de la temperatura, de la presión específica, de la velocidad del movimiento deslizante y del ángulo de la ranura en la polea.

α = Ángulo de contacto entre polea y correa.

m = Término para simplificar la relación. Es conocido como razón de tensiones.

Sustituyendo las ecuaciones 10 a. y 10 b. en la ecuación 11 y agrupando convenientemente, es posible obtener:

ECUACIÓN 12: Tensión estática de la banda

$$S_0 = \frac{m+1}{m-1} \cdot \frac{P}{2} \text{ (N)}$$

Fuente: (Prisma, s.a.)

De un estudio de las diferentes recomendaciones de los fabricantes pueden ser conocidos los valores de la razón de tensiones m y el coeficiente de fricción f que han empleado para establecer las recomendaciones de tensión estática en las correas S_0 mediante la siguiente tabla.

TABLA 6: Parámetros de las correas según fabricantes

Parámetros	Firmas productoras				
	Blauri	Desch	Lutgert	Gates	Goodyear
m	101	101	6.714	5	5
f	1.469	1.469	0.606	0.5123	0.5123

Fuente: (Prisma, s.a.)

Como el dato de la longitud de la banda es tomada de la figura 36 que proporciona fabricante Gates que satisfacen los cálculos especificados entonces se tiene que $m = 5$, $f = 0,5123$ y $P = 6,67$ N (peso de la banda). Entonces a partir de la ecuación 12 se obtiene:

$$S_0 = \frac{5+1}{5-1} \cdot \frac{6,67}{2}$$

$$S_0 = 5,0025 \text{ N}$$

3.4.7 CANTIDAD DE BANDAS

Basándose en datos experimentales, son empleados coeficientes correctores con el objetivo de mejorar la evaluación de la potencia útil admisible y ajustarla más a las condiciones reales del diseño. Para ello es empleada la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 13: Potencia útil admisible

$$N = N_1 \cdot z \cdot c\alpha \cdot c_L / f_s$$

Fuente: (Prisma, Portal para Investigadores y Profesionales, s.a.)

Donde:

N: Potencia útil admisible (kW).

z : Cantidad de correas.

N₁: Potencia nominal transmisible por correa (kW).

cα: Coeficiente de ángulo de contacto.

c_L: Coeficiente por corrección de la longitud.

f_s: Factor de servicio

El coeficiente cα puede ser evaluado mediante la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 14: Coeficiente de ángulo de contacto 1

$$c\alpha = 1,25 \left(\frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha}} \right)$$

Fuente: (Prisma, Portal para Investigadores y Profesionales, s.a.)

O a su vez:

ECUACIÓN 15: Coeficiente de ángulo de contacto 2

$$C\alpha = 1,25 \left(\frac{m-1}{m} \right)$$

Fuente: (Prisma, Portal para Investigadores y Profesionales, s.a.)

$$C\alpha = 1,25 \left(\frac{e^{(0,5123)(40)} - 1}{e^{(0,5123)(40)}} \right) = 0,9999$$

O a su vez:

$$C\alpha = 1,25 \left(\frac{5-1}{5} \right) = 1$$

El coeficiente c_L es igual a 0,92 según la siguiente figura de tabla de factores de corrección de longitud.

TABLA 17.6 FACTORES DE CORRECCIÓN DE LONGITUD K_L (17-1)

DESIGNACIÓN DE LA LONGITUD NORMALIZADA		SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CORREA				
cm	pulg	A	B	C	D	E
66,0	26	0,81	..	..	..	..
78,7	31	0,84	..	..	..	..
88,9	35	0,87	0,81	..	..	..
96,5	38	0,88	0,83	..	..	..
106,6	42	0,90	0,85	..	..	..
116,8	46	0,92	0,87	..	..	..
129,5	51	0,94	0,89	0,80	..	..
139,7	55	0,96	0,90	..	..	..
152,4	60	0,98	0,92	0,82	..	..
172,7	68	1,00	0,95	0,85	..	..
190,5	75	1,02	0,97	0,87	..	..
203,2	80	1,04	..	..	..	..
205,7	81	..	0,98	0,89	..	..
215,9	85	1,05	0,99	0,90	..	..
228,6	90	1,06	1,00	0,91	..	..
243,8	96	1,08	..	0,92	..	..
246,3	97	..	1,02	..	..	..
266,7	105	1,10	1,04	0,94	..	..
284,5	112	1,11	1,05	0,95	..	..
304,8	120	1,13	1,07	0,97	0,86	..
325,1	128	1,14	1,08	0,98	0,87	..
365,8	144	..	1,11	1,00	0,90	..
401,3	158	..	1,13	1,02	0,92	..
439,4	173	..	1,15	1,04	..	..
457,2	180	..	1,16	1,05	0,94	0,91
495,3	195	..	1,18	1,07	0,96	0,92
533,4	210	..	1,19	1,08	0,96	0,94
609,6	240	..	1,22	1,11	1,00	0,96
685,8	270	..	1,25	1,14	1,03	0,99
762,0	300	..	1,27	1,16	1,05	1,01
838,2	330	..	..	1,19	1,07	1,03
914,4	360	..	..	1,21	1,09	1,05
990,6	390	..	..	1,23	1,11	1,07
1066,8	420	..	..	1,24	1,12	1,09
1219,2	480	..	..	..	1,16	1,12
1371,6	540	..	..	..	1,18	1,14
1524,0	600	..	..	..	1,20	1,17
1676,4	660	..	..	..	1,23	1,19

FIGURA 48: Tabla de Factores de corrección de longitud

Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas, V. M. Faires

El coeficiente $N_1 = 2,8 \text{ Hp} = 2,087 \text{ Kw}$ (Potencia nominal transmisible por correa) según figura de la tabla de potencia transmitida por una correa siguiente:

Velocidad de la Correa en m/s	Sección A 13 x 8 mm	Sección B 17 x 11 mm	Sección C 22 x 14 mm	Sección D 32 x 19 mm	Sección E 38 x 25 mm
4,0	0,8	1,1	2,4	4,7	6,5
5,0	0,9	1,3	3,0	5,5	7,9
6,0	1,0	1,5	3,4	6,7	9,4
7,0	1,2	1,7	3,9	7,9	10,9
8,0	1,4	1,9	4,5	9,0	12,3
9,0	1,6	2,2	5,2	10,0	13,7
10,0	1,8	2,5	5,8	11,0	15,0
11,0	1,9	2,6	6,2	11,8	16,3
12,0	2,0	2,9	6,7	12,6	17,5
13,0	2,2	3,1	7,1	13,0	18,7
14,0	2,3	3,3	7,5	14,2	19,8
15,0	2,5	3,5	7,9	15,0	21,0
16,0	2,6	3,6	8,3	15,5	21,7
17,0	2,6	3,7	8,7	15,9	22,6
18,0	2,7	3,9	9,0	16,3	23,4
19,0	2,8	4,1	9,2	16,6	24,2
20,0	2,9	4,2	9,4	17,0	25,0
21,0	2,9	4,3	9,6	17,3	25,6
22,0	3,0	4,3	9,7	17,5	26,0
23,0	3,0	4,4	9,8	17,7	26,3
24,0	3,1	4,4	9,9	17,9	26,7
25,0	3,1	4,5	10,0	18,0	27,0

FIGURA 49: Tabla de Potencia nominal transmisible por correa

Fuente: Dibujo Mecánico, Barbosa

Entonces empleando todos los datos obtenidos en la ecuación 13 y a su vez despejando z que corresponde al número de bandas que se incorpora en la máquina se tiene:

ECUACIÓN 16: Número de bandas

$$Z = \frac{N \cdot fs}{N_1 \cdot c_{\alpha} \cdot c_L}$$

$$Z = \frac{(2,6886) \cdot (1,10)}{(2,087) \cdot (0,999) \cdot (0,92)} = 1,611$$

Fuente: (Prisma, Portal para Investigadores y Profesionales, s.a.)

Lo que resulta igual a 2 bandas de transmisión lo cual concuerda con datos reales, es decir la máquina viene incorporado con dos bandas de transmisión proporcionadas por el fabricante.

3.5 MODELO MATEMÁTICO Y FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE LA PLANTA

3.5.1 RESISTENCIA EN EL ESTATOR

Como se ha venido aprendiendo durante mucho tiempo y a partir de la ley de Ohm se sabe que la potencia es igual a

ECUACIÓN 17: Fórmula de potencia

$$P = I^2 * R$$

Fuente: (Schaum, 2003)

Entonces con la potencia de 3Hp o 2,237 Kwatts y $I_N = 9$ A (I_N = corriente nominal de la tabla 5) correspondientes a los datos de la máquina empleada se tiene:

$$R = P / I^2$$
$$R = 2237 \text{ watts} / (9 \text{ A})^2$$
$$R = 27,62 \Omega$$

3.5.2 INDUCTANCIA EN EL ESTATOR

El valor de la reactancia inductiva depende tanto de la frecuencia que ataca a la bobina como de la inductancia de la misma. La fórmula será:

ECUACIÓN 18: Intensidad de corriente en el motor

$$I = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} = \frac{V}{\omega \cdot L} = \frac{V}{X_L}$$

Fuente: Geocities

Donde:

I = Intensidad Amperios (A)

V = Tensión Voltios (V)

F = Frecuencia Hertzios (Hz)

L= Coeficiente de autoinducción, (Inductancia)	Henrios (H)
W = Pulsación (velocidad angular)	radianes/seg
X _L = Reactancia inductiva	Ohmios (Ω)

De la ecuación anterior se conoce los valores de todos los parámetros excepto del valor de L por lo que se despeja de la ecuación y se calcula

ECUACIÓN 19: Fórmula de la Inductancia

$$L = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot I} = \frac{V}{w \cdot I}$$

Fuente: Geocities

$$L = \frac{220 \text{ V}}{2 \cdot \pi \cdot (60 \text{ Hz}) \cdot (9 \text{ A})} = \frac{220 \text{ V}}{(377 \text{ rad/seg}) \cdot (9 \text{ A})}$$

$$L = 0,0648 \text{ H}$$

3.5.3 ECUACIÓN DE CIRCUITO RL Y FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

Según Zill & Cullen, 2009: “Para un circuito en serie que sólo contiene un resistor y un inductor, la segunda ley de Kirchoff establece que la suma de la caída de voltaje a través del inductor ($L(di/dt)$) más la caída de voltaje a través del resistor (iR) es igual al voltaje aplicado ($E(t)$) al circuito”.

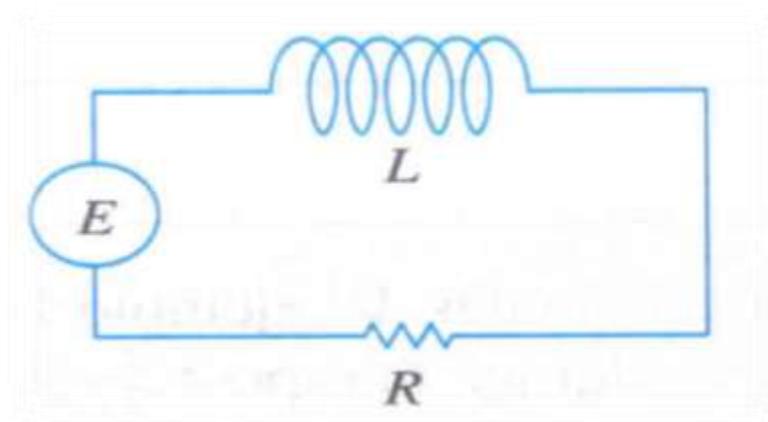


FIGURA 50: Circuito serie RL

Fuente: Ecuaciones Diferenciales, 2009.

Por lo tanto obtenemos la ecuación diferencial lineal para la corriente $i(t)$,

ECUACIÓN 20: Ecuación diferencial lineal para la corriente

$$L \frac{di}{dt}(t) + Ri(t) = E(t)$$

$$\frac{di}{dt}(t) + \frac{Ri}{L}(t) = \frac{E}{L}(t)$$

Fuente: Ecuaciones Diferenciales, 2009.

Donde L y R son constantes conocidas como la inductancia y la Resistencia, respectivamente. La corriente $i(t)$ es la respuesta del sistema.

Para la solución de la ecuación 20 se procede a resolver por el método de la transformada de La Place de una derivada de la siguiente forma y se obtiene la función de transferencia de la planta:

$$\mathcal{L} \left\{ \frac{di}{dt} \right\} + \frac{R}{L} \mathcal{L}\{i\} = \mathcal{L} \left\{ \frac{V}{L} \right\}$$

$$\mathcal{L} \left\{ \frac{di}{dt} \right\} = sI(s) - i(0) = sI(s) - 9$$

Entonces:

$$sI(s) - 9 + \frac{R}{L} I(s) = \frac{V}{L} \frac{1}{s}$$

$$I(s) \left(s + \frac{R}{L} \right) = 9 + \frac{V}{L} \frac{1}{s}$$

$$I(s) = \frac{9}{s + \frac{R}{L}} + \frac{V/L}{s \left(s + \frac{R}{L} \right)}$$

$$I(s) = \frac{9s + V/L}{s \left(s + \frac{R}{L} \right)} = \frac{9s + V/L}{s^2 + \frac{R}{L}s}$$

Reemplazando los valores conocidos se tiene:

$$I(s) = \frac{9s+3393}{s^2 + 426,23s}$$

3.5.4 GRÁFICAS DE LA ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA UTILIZANDO MATLAB

3.5.4.1 GRÁFICA DE RESPUESTA DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

La función de transferencia de la planta que en este caso es del motor está representada por un sistema de segundo orden. En base a los datos, cálculos y análisis realizados durante el proceso en el que se plantea el sistema de control en la máquina y con la ayuda de Matlab se obtiene la gráfica de la respuesta de la función de transferencia de la planta, utilizando función escalón unitario, se muestra a continuación:

```
>> num = [0 9 3393]
```

```
num =
```

```
0    9    3393
```

```
>> den = [1 426.23 0]
```

```
den =
```

```
1.0000 426.2300    0
```

```
>> y = tf (num , den)
```

```
Transfer function:
```

```
9 s + 3393
```

```
-----
```

```
s^2 + 426.2 s
```

```
>> step(y)
```

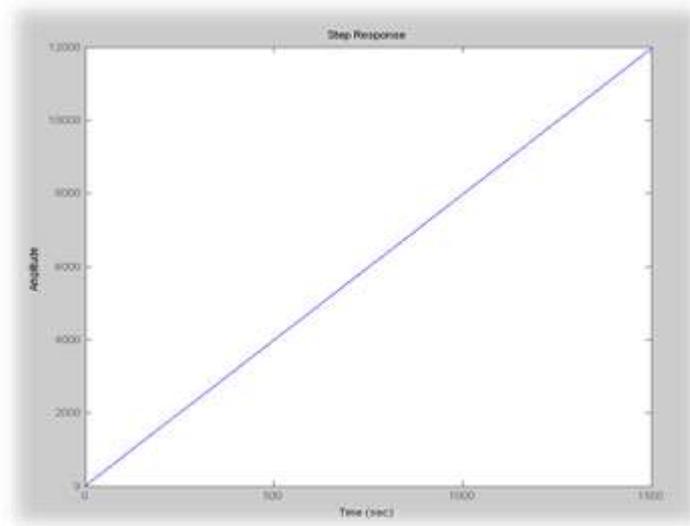


FIGURA 51: Respuesta de la función de transferencia en lazo abierto
Fuente: El autor

>> h = feedback (y , 1)

Transfer function:

$$9 s + 3393$$

$$s^2 + 435.2 s + 3393$$

>> step (h)

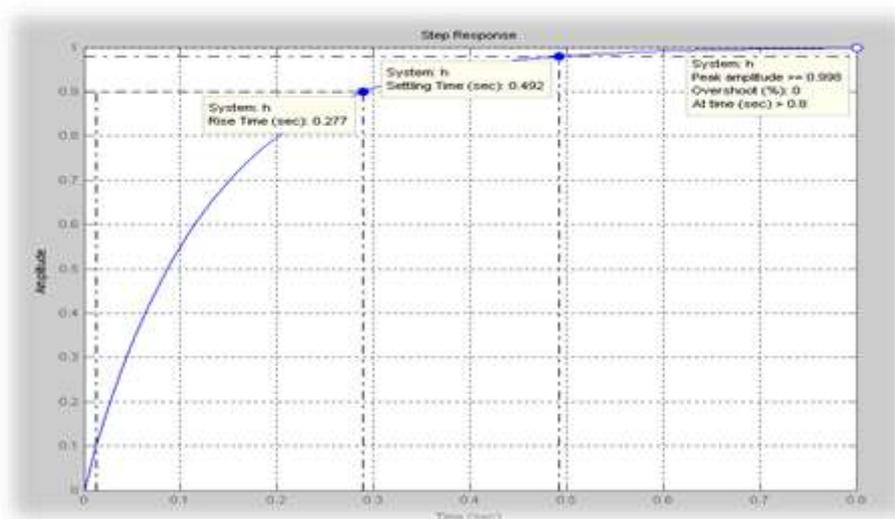


FIGURA 52: Respuesta de la función de transferencia en lazo cerrado
Fuente: El autor

```

>> polos = pole (h)
polos =
-427.2892
-7.9408
>> ceros = tzero (h)
ceros =
-377
>> q= zpk (g)
Zero/pole/gain:
9 (s+377)
-----
(s+427.3) (s+7.941)
>> [w , z] = damp (h)
w =
7.9408
427.2892
z =
1
1

```

Como un sistema de segundo orden correspondiente a la función de transferencia calculada tiene la forma

ECUACIÓN 21: Sistema de Segundo Orden

$$G_c(s) = \frac{k w_n^2}{s^2 + 2\xi w_n s + w_n^2}$$

Fuente: Ingeniería de Control Moderna, 1998.

Entonces el comportamiento dinámico del sistema de segundo orden se describe a continuación en términos de dos parámetros ξ y w_n . Si $0 < \xi < 1$, los polos en

lazo cerrado son complejos conjugados y se encuentran en el semiplano izquierdo del plano s . El sistema, entonces se denomina subamortiguado y la respuesta transitoria es oscilatoria.

Si $\xi = 1$, el sistema se denomina críticamente amortiguado.

Los sistemas sobreamortiguados corresponden a $\xi > 1$. La respuesta transitoria de los sistemas críticamente amortiguados y sobreamortiguados no oscila.

Si $\xi = 0$, la respuesta transitoria no se amortigua. (Ogata, 1998)

(Véase figura 12, Cáp. 1)

Según la respuesta obtenida en Matlab $\xi = 1$ lo cual significa que el sistema es un sistema críticamente amortiguado.

3.5.4.2 LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES

Según Hernández Gaviño, 2010: “El método del lugar geométrico de raíces (en inglés, root locus) es una herramienta que sirve para determinar todas las posibles raíces de una ecuación característica de $1 + G(s)H(s) = 0$ cuando varía algún parámetro (en principio, la ganancia K de un sistema) y se utiliza para conocer el comportamiento total del sistema de lazo cerrado en régimen transitorio.” (Hernández Gaviño, 2010, pág. 255)

Con respecto a la representación analítica de un sistema en configuración de lazo cerrado $T(s)$:

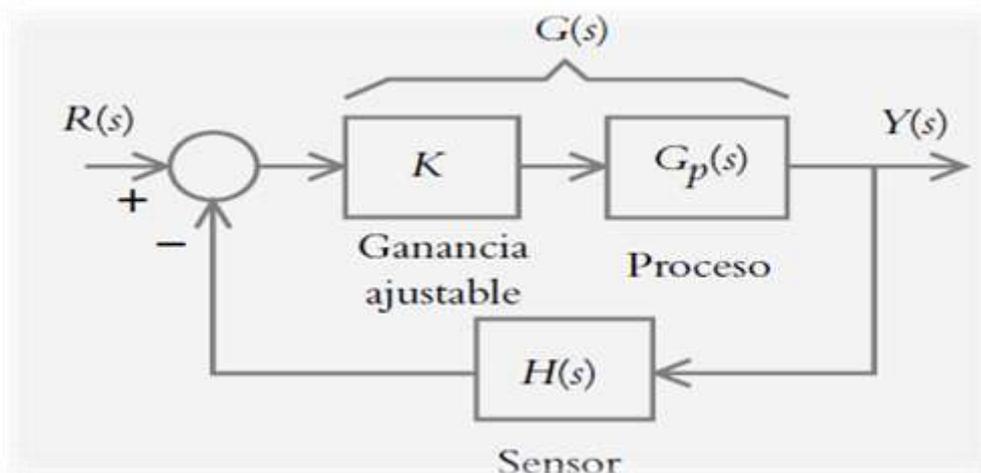


FIGURA 53: Sistema en configuración lazo cerrado

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

ECUACIÓN 22: Función de transferencia. Sistema lazo cerrado

$$T(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$$

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

Cuya ecuación característica es:

ECUACIÓN 23: Ecuación característica. Sistema lazo cerrado

$$1+G(s)H(s) = 0$$

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

En tanto que su función de transferencia de lazo abierto corresponde a:

ECUACIÓN 24: Ecuación característica. Sistema lazo abierto

$$G(s)H(s)$$

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

Las últimas ecuaciones serán la base para presentar el concepto del LGR.

Dada la similitud entre las ecuaciones 22 y 23, que corresponden respectivamente a la ecuación característica $1 + G(s)H(s) = 0$ y a la función de transferencia de lazo abierto $G(s)H(s)$, será posible analizar el comportamiento de sistemas de lazo cerrado a partir de la función de transferencia de lazo abierto, donde la ganancia K se supone implícita en la función de transferencia de trayectoria directa $G(s)$.

Reescribiendo la ecuación 22:

ECUACIÓN 25: Ecuación característica. Sistema lazo cerrado

$$G(s)H(s) = -1$$

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

Que representa un número complejo en notación binómica: $a + jb = -1 + j0$, cuya parte imaginaria es igual a cero. Es bien sabido que todo número complejo admite varias representaciones: polar, exponencial y trigonométrica, por lo que

se procederá a representar a la ecuación 23 en forma polar, cuya interpretación será la de un vector con magnitud r y dirección θ , según se muestra en la figura 48.

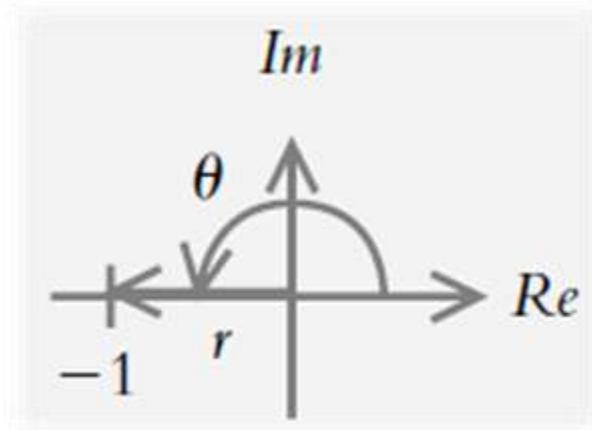


FIGURA 54: Representación de un número complejo

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

Por lo anterior, la representación polar de la ecuación 23 es:

ECUACIÓN 26: Representación polar de la ecuación 23

$$G(s)H(s) = 1 \angle 180^\circ n \text{ para } n \pm 1, \pm 3, \dots, \pm(2n + 1)$$

Fuente: Introducción a los Sistemas de Control, 2010.

La ecuación anterior es de gran relevancia, pues relaciona la ecuación característica $1 + G(s)H(s)$ con $G(s)H(s)$. En la ecuación 25 se observan una expresión de fase y una expresión de magnitud.

Condición de fase: $\angle 180^\circ n$

La clave para determinar todos los posibles lugares geométricos (o polos de lazo cerrado del polinomio característico) está contenida en la condición de fase, ya que cualquier valor de s que satisfaga dicha relación angular será una raíz de la ecuación característica considerada.

Condición de magnitud: 1

Una vez que se han determinado todos los puntos que satisfacen la condición de fase, es posible construir el LGR. La condición de magnitud se utiliza para asignar una escala al lugar geométrico resultante, cuya aplicación directa será la de cuantificar las ganancias requeridas para operar en puntos específicos del LGR con la finalidad de satisfacer las especificaciones de funcionamiento en régimen transitorio.

La relación entre $G(s)H(s)$ y $1 + G(s)H(s)$ es fundamental en el análisis de los sistemas de control. La conclusión de la ecuación 25 es que todo valor de s que satisface la multiplicidad angular dada por la función de transferencia de lazo abierto $G(s)H(s)$, ecuación 23, es una raíz del polinomio característico $1+G(s)H(s)$, ecuación 22, que contiene a los polos de lazo cerrado (o LGR) se parte de la representación en el plano s de los polos y ceros contenidos en $G(s)H(s)$. (Hernández Gaviño, 2010)

Continuando con la programación en Matlab se obtienen las siguientes gráficas correspondientes al lugar geométrico de las raíces, el diagrama de bode y el diagrama de Nyquist.

>> rlocus(h)

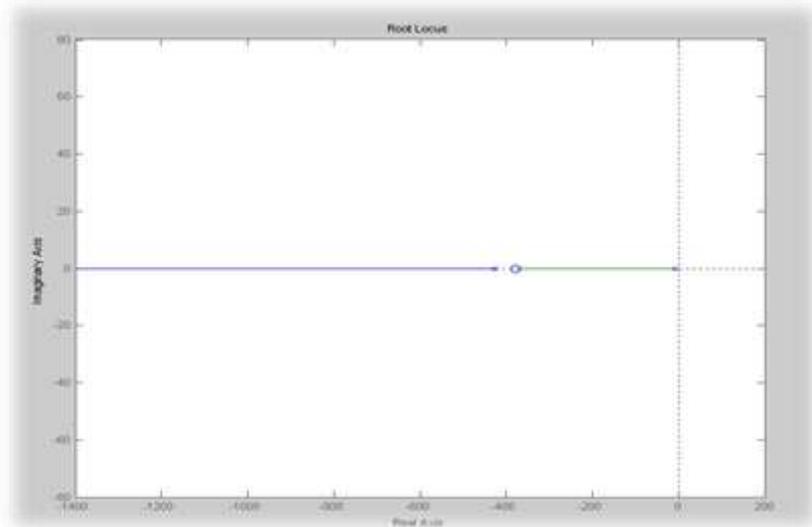


FIGURA 55: Lugar Geométrico de las Raíces

Fuente: El autor

```
>> k=(0:0.1:9);
>> rlocus(h,k)
```

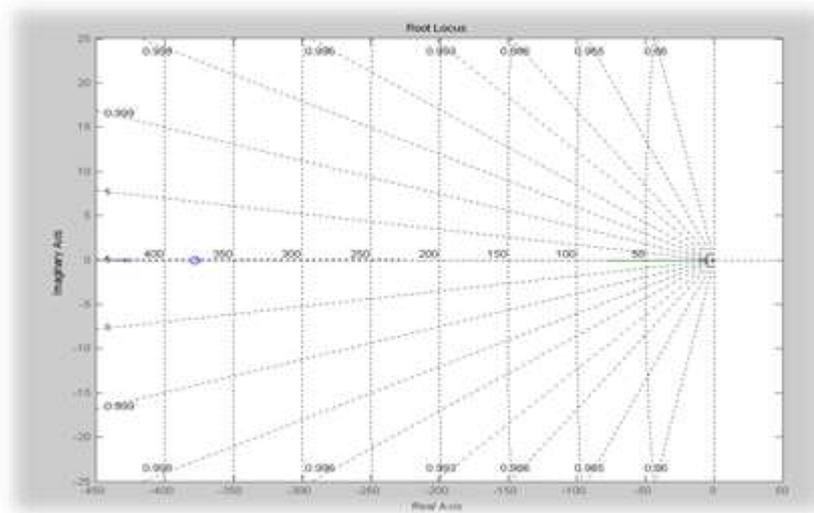


FIGURA 56: Lugar Geométrico de las Raíces con ganancia de 0 a
Fuente: El autor

```
>> bode(h)
```

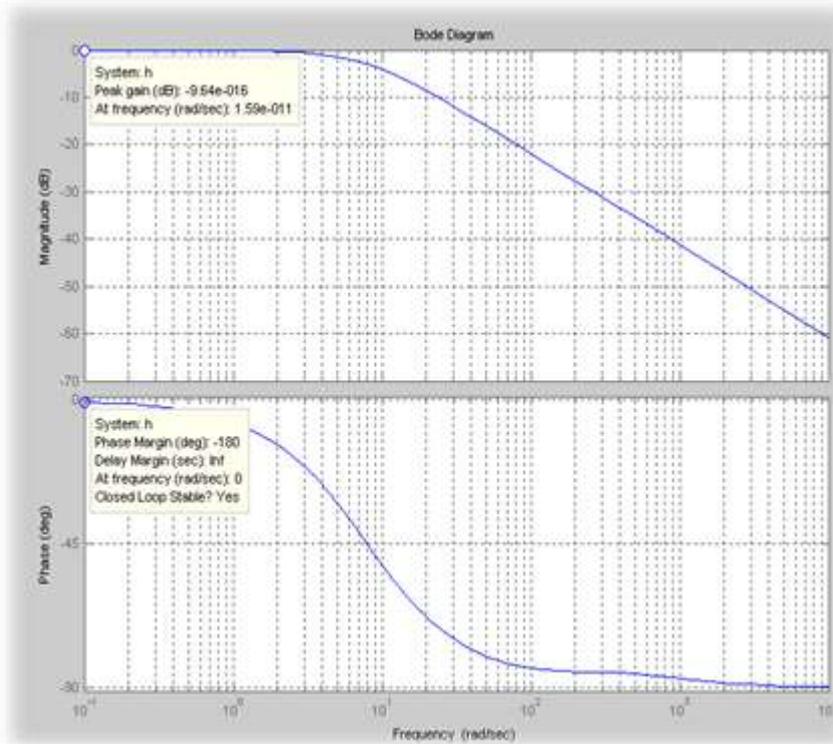


FIGURA 57: Diagrama de Bode del Sistema
Fuente: El autor

>> nyquist(h)

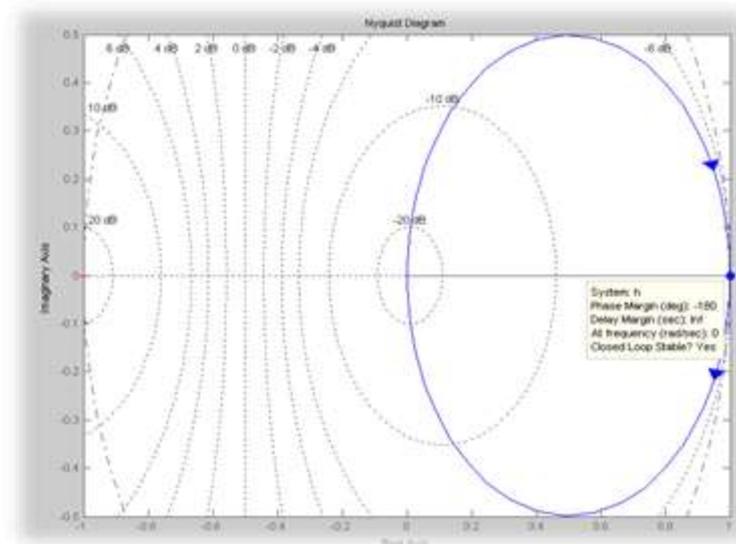


FIGURA 58: Diagrama de Nyquist del Sistema

Fuente: El autor

3.6 COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema de control de la máquina molino – triturador TRAPP TRF 300 consta de un circuito de potencia que por motivos de seguridad y normas está conectado de la siguiente forma: Un interruptor diferencial, seguido de un contactor, un variador de frecuencia y por último éste sale a la conexión al motor trifásico. No se implementa la conexión de un guardamotor debido a que el variador de frecuencia lo contiene.

Como se sabe por medio de análisis y cálculos correspondientes tanto a los elementos de la máquina como al sistema de control especificados en este capítulo coinciden con datos reales y óptimos para un buen funcionamiento de la máquina.

Además como el variador de frecuencia Siemens Micromaster MM440 es programable pues los datos y respuestas que fueron debidamente calculados se los empleará por medio de la programación de este dispositivo, el cual se presenta a continuación una lista de los parámetros más importantes que fueron modificados con su respectivo valor:

TABLA 7: Parámetros del variador de frecuencia

Parámetro	Significado	Valor	Unidad	Especificación
R0000	Visualización	0	-	Visualización de tensión, corriente y frecuencia
R0002	Estado de accionamiento	1	-	Puesta en servicio
P0003	Nivel de acceso	2	-	Nivel extendido
P0004	Filtro parámetro	0	-	Configuración todos los parámetros
P0005	Selección de indicación	21	-	Frecuencia por defecto
P0010	Filtro parámetros para la puesta	0	-	Preparación puesta en servicio
P0100	Europa / América	1	-	Frecuencia 60Hz
R0206	Potencia nominal del convertidor	3	Hp	Potencia del variador
R0207	Corriente nominal del convertidor	11.4	A	Corriente del variador
R0208	Tensión nominal del convertidor	230	V	Voltaje del variador
R0209	Corriente máxima del convertidor	20.8	A	Máxima corriente del motor
P0300	Selección del tipo de motor	1	-	Motor asíncrono
P0304	Tensión nominal del motor	230	V	Voltaje del motor
P0305	Corriente nominal del motor	9	A	Corriente del motor
P0307	Potencia nominal del motor	3	Hp	Potencia del motor
P0309	Rendimiento nominal del motor	82.3	%	Rendimiento del motor
P0310	Frecuencia nominal del motor	60	Hz	Frecuencia del motor
P0311	Velocidad nominal del motor	3600	Rpm	Velocidad del motor
P0335	Refrigeración del motor	0	-	Autoventilado
P0350	Resistencia del estator	0.0404	Ohm	Resistencia
P0700	Selección fuente de órdenes	2	-	Selección por terminal
P0701	Función de la entrada digital 1	1	-	Encendido por interruptor
P0702	Función de la entrada digital 2	15	-	Frecuencia fija

P0703	Función de la entrada digital 3	15	-	Frecuencia fija
P0704	Función de la entrada digital 4	15	-	Frecuencia fija
P0970	Reposición a valores de fábrica	0	-	Deshabilitado
P1000	Selección consigna de frecuencia	3	-	Ajuste por frecuencia fija
P1001	Frecuencia fija 1	0	Hz	Sólo encendido
P1002	Frecuencia fija 2	20	Hz	Motor gira a 1200 rpm
P1003	Frecuencia fija 3	20	Hz	Motor gira 2400 rpm
P1004	Frecuencia fija 4	40	Hz	Motor gira a 3600 rpm
P1080	Frecuencia mínima	0	Hz	Frecuencia mínima del motor
P1082	Frecuencia máxima	60	Hz	Frecuencia máxima del motor
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	5	Seg	Tiempo de deceleración desde la frecuencia máxima hasta el punto muerto

Fuente: Siemens Micromaster 440, lista de parámetros. (Véase Anexo 5)

Para especificación de parámetros y significado de cada uno véase Anexo 5.

Cabe recalcar que las frecuencias fijas se suman para alcanzar la velocidad deseada según lo indica el Anexo 5.

CAPÍTULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se detalla acerca de los elementos que constituyen el circuito de control, es decir, las conexiones que se efectúan en el tablero de control correspondiente al sistema de control de la máquina. Los dispositivos que constituyen el sistema de control se acoplan al enganche de una riel DIN de 35 mm y los cables, que se conectan a los mismos, se encierran en una canaleta plástica ranurada.

4.2 CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Los elementos fueron elegidos según las debidas características a las que se acopla el motor de la máquina como son tensión, corriente y frecuencia que son las más importantes.

4.2.1 INTERRUPTOR DIFERENCIAL

El interruptor automático diferencial es un dispositivo amperométricos de protección que se desconectan cuando el sistema filtra una corriente significativa a la tierra. Calcula la suma de vectores de las líneas de corriente monofásicas o trifásicas y, mientras la suma sea igual a cero, permite que se suministre electricidad; el suministro se interrumpe rápidamente si la suma excede un valor predeterminado según la sensibilidad del dispositivo. (ABB)

En el Mercado actual existen varios dispositivos de seguridad para circuitos como el que se implementa en la máquina pero éste se ha seleccionado por ser eficiente y económico y además porque consta dentro de las normas de seguridad de circuitos electrónicos. El interruptor diferencial RCCB F364 (Figura 53) empleado en el circuito de tablero de control para la máquina TRAPP TRF 300 consta de las siguientes características:

- Proporciona protección contra falla a tierra/corriente de fuga y la función de aislamiento.
- Resistente al fuego, perdura calentamiento anormal y fuerte impacto.
- Desconecta automáticamente el circuito cuando la tierra actual se produce y supera el corriente nominal.
- Independiente de suministro de energía y la tensión de línea, y libre de interferencias.
- Modelo: electro- tipo magnético, de tipo electrónico.
- Corriente nominal (A): 16, 25, 40,63.
- Tensión nominal: 240v (2 polos) / 415v (4 polos).
- Frecuencia nominal: 50 / 60hz.
- Duración de disparo: 0.1s.
- Terminal de conexión: terminal de tornillo, terminal de pilar con la abrazadera.
- Grado de protección: IP20.



FIGURA 59: Interruptor diferencial

Fuente: El autor

4.2.2 CONTACTOR

El contactor es un dispositivo electro-mecánico de mando, que actúa de forma similar a un interruptor, y puede ser gobernado a distancia, a través del electroimán que lleva incorporado. (Nichese)

El contactor lleva como elementos esenciales:

Contactos principales: usados para alimentar el circuito de potencia.

Contactos auxiliares: empleados para alimentar a la propia bobina y a otros dispositivos de mando y lámparas de aviso.

La bobina: es quien realiza la apertura o cierre de los contactos, ya sean los principales o los auxiliares.

Existen varios contactores que cumplen la misma función pero el que se incorpora a la máquina se ha seleccionado según el amperaje al que tiene que soportar el circuito que en este caso es 12A debido a que el variador de frecuencia está señalado a una corriente de 11,7A. El contactor Chint NC1-12 empleado en el circuito de tablero de control para la máquina TRAPP TRF 300 consta de las siguientes características:

- Tamaño: 3P, 4P.
- Modelo: AC-3.
- Corriente térmica nominal (A): 20.
- Corriente de servicio nominal (A): 12.
- Tensión de aislamiento nominal (Vca): 690.
- Ciclos de trabajo (operaciones/hora): 1200.
- Vida eléctrica ($\times 10^3$ operaciones): 1000.
- Vida mecánica ($\times 10^6$ operaciones): 10.



FIGURA 60: Contactor NC1-12

Fuente: (Chint, Enero 2011)

4.2.3 VARIADOR DE FRECUENCIA

Por último acerca del variador de frecuencia empleado en el circuito de conexión, que se muestra en la figura 13, ya se había especificado debidamente en el capítulo 1 con sus respectivos conceptos y características.

Así mismo existen varios variadores que cumplen la misma función pero el que se incorpora a la máquina se ha seleccionado según el amperaje como los demás elementos anteriores al que tiene que soportar el circuito que en este caso es 11,7A. El variador de frecuencia Siemens Micromaster MM440 empleado en el circuito de tablero de control para la máquina TRAPP TRF 300 consta de las siguientes características:

- Equipado con un panel SDP y parámetros ajustados por defecto.
- Los datos nominales del motor (tensión, corriente y frecuencia) son todos compatibles con los datos del convertidor.
- Característica V/f lineal de variación de velocidad en el motor, controlada por un potenciómetro analógico.
- Velocidad máxima 3600 / min con 60 Hz, controlable con un potenciómetro a través de las entradas analógicas del convertidor.
- Tiempo de aceleración / tiempo de desaceleración = 10s.

4.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL TACÓMETRO DIGITAL

- Requerimiento de tensión: DC 8-24 V o AC 6-18 V.
- Rango de medida: 0 – 9999 RPM.
- Rango de error: $\pm 0.5\%$ - 2% rpm
- Puesta a cero: Automático.
- Tiempo de puesta a cero: Alrededor de 10s.
- Frecuencia de actualización: 0.2-0.5S (120-1200RPM), 0.25-0.06S (2400-9999RPM).
- Respuesta de frecuencia: 100 Hz.
- Indicación de medida: (RPM<5000, ± 2), (RPM>5000, ± 3).
- Señal: NPN 3 cables normalmente abierto.
- Display: 5 x 2.5 cm LED rojo.
- Medidas del tacómetro: 78 x 42 x 13 mm.
- Tamaño del panel de visualización: 71 x 38 mm.



FIGURA 61: Tacómetro digital con sensor de proximidad

Fuente: (Banggood)

4.2.5 CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DE PROXIMIDAD

El sensor de proximidad está cumpliendo la misma función de un encoder y lo que hace es enviar pulsos por revolución hacia el tacómetro mediante magnetismo.

- Modelo sensor proximidad: NJK-5002C.
- Detector de objetos: Magnético.
- Rango de detección: 1mm-10 mm.
- Corriente: 20 mA.
- Temperatura de operación: -10 a 60°C.
- Colores de alambres: café (positivo), azul (negativo), negro (señal).
- Medidas del sensor: 37 x 12 x 10 mm.



FIGURA 62: Sensor de proximidad

Fuente: (Banggood)

4.3 DIAGRAMA DE PROCESO

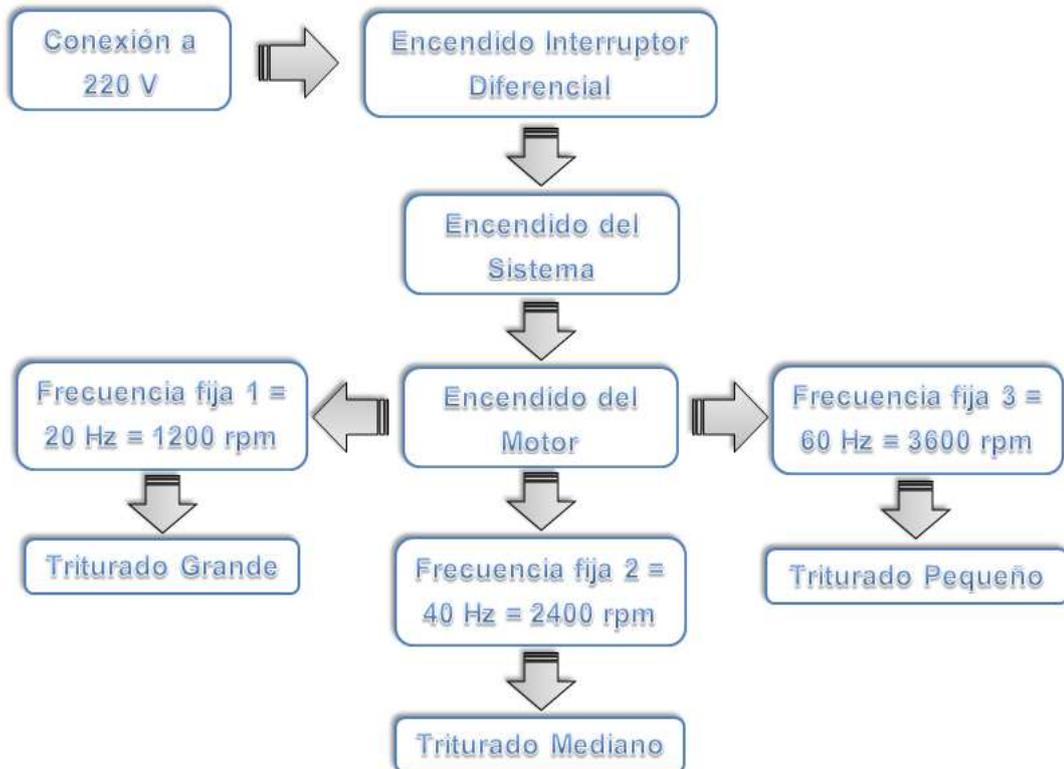


FIGURA 63: Diagrama de proceso de conexión.

Fuente: El autor

4.4 ELABORACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y DE CONTROL



FIGURA 64: Preparación del tablero electrónico

Fuente: El autor



FIGURA 65: Ubicación de elementos

Fuente: El autor



FIGURA 66: Ubicación de canaletas

Fuente: El autor



FIGURA 67: Cableado del tablero electrónico

Fuente: El autor

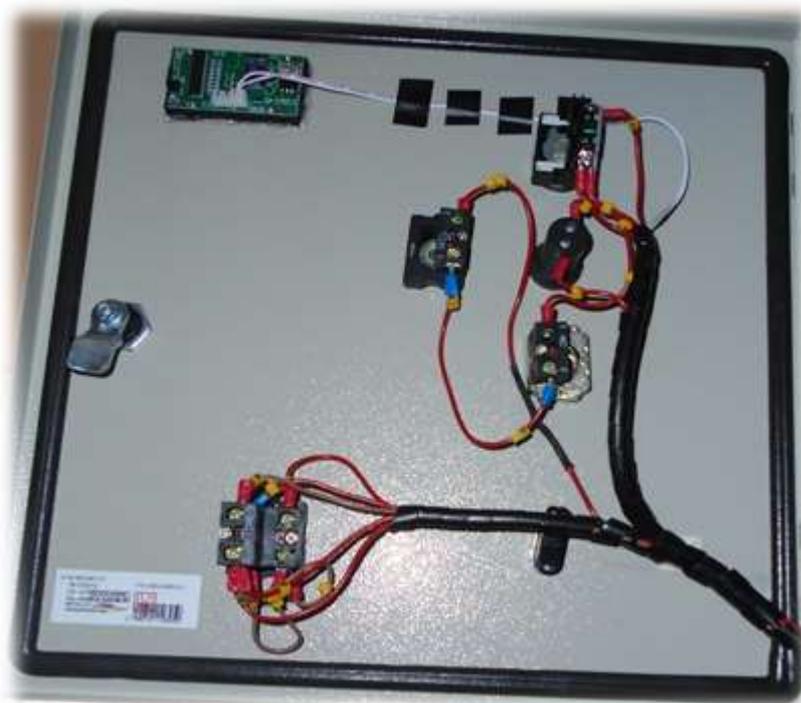


FIGURA 68: Ubicación de pulsadores y selector de posición

Fuente: El autor

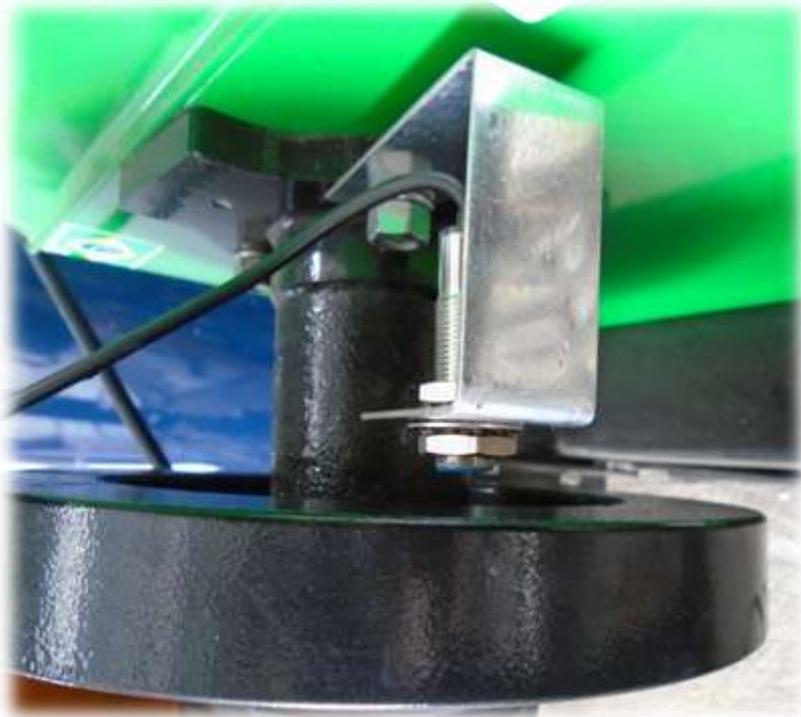


FIGURA 69: Ubicación del sensor de proximidad en la polea de la máquina
Fuente: El autor



FIGURA 70: Montaje total del sistema
Fuente: El autor

CAPÍTULO V

5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 INTRODUCCIÓN

En vista de que se tienen todos los elementos seleccionados y todos los parámetros debidamente calculados y correctamente programados el variador de frecuencia, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento, después de haber terminado con el respectivo ensamblaje de los componentes en el tablero de control y con la correcta conexión basada en los diagramas.

El variador de frecuencia está programado, según las configuraciones del mismo, para tres frecuencias fijas, es decir, el motor tiene tres variaciones de velocidad lo cual se espera tres tipos de tamaño de triturado para la producción de abono.

5.2 PRUEBAS

Luego de haber instalado y realizado las respectivas conexiones de los componentes, se procede a realizar las respectivas pruebas para verificar el funcionamiento del sistema de control. Las pruebas que se proceden a realizarse son las 3 variaciones de velocidad que el variador de frecuencia lo permite en sus 3 pines de entradas digitales que son programadas para los 3 tipos de tamaño de triturado. Las variaciones de velocidad son activadas mediante un selector de 3 posiciones.

Para pruebas y funcionamiento de la máquina se realizó en un sitio en donde existe conexión a 220V, como se trata de una trituradora de plantas, ramas y desechos orgánicos o vegetales se utilizó como muestra de trituración ramas de alfalfa, matas de papa y fréjol; caña de maíz, pasto, ramas de árbol de aguacate, caña de azúcar; y se obtuvieron los siguientes resultados según como se planteó anteriormente para 3 frecuencias fijas.

5.2.1 TRITURACIÓN A FRECUENCIA FIJA 1

La frecuencia fija 1, que corresponde a 20 Hz o lo que es lo mismo 1200 rpm, es activada mediante la posición 1 del selector, la cual cumple la función de presentar un tamaño de triturado grande.



FIGURA 71: Selector en la posición 1

Fuente: El autor



FIGURA 72: Frecuencia 1 mostrada en la pantalla del variador

Fuente: El autor



FIGURA 73: Velocidad 1 mostrada en la pantalla del tacómetro con un rango de error de 2%

Fuente: El autor



FIGURA 74: Trituración de alfalfa en tamaño grande

Fuente: El autor



FIGURA 75: Trituración de matas de fréjol en tamaño grande

Fuente: El autor



FIGURA 76: Trituración de matas de papa en tamaño grande

Fuente: El autor



FIGURA 77: Trituración de caña de maíz en tamaño grande

Fuente: El autor



FIGURA 78: Trituración de pasto en tamaño grande

Fuente: El autor



FIGURA 79: Trituración de ramas de árbol de aguacate en tamaño grande

Fuente: El autor



FIGURA 80: Trituración de caña de azúcar en tamaño grande

Fuente: El autor

La trituración en tamaño grande es esencial para alimento de animales que habitan en fincas, haciendas y campo en general, ya que hacer menos ejercicio en ejercer los alimentos los animales engordan mucho más de lo previsto.

5.2.2 TRITURACIÓN A FRECUENCIA FIJA 2

La frecuencia fija 2, que corresponde a 40 Hz o lo que es lo mismo 2400 rpm, es activada mediante la posición 2 del selector, la cual cumple la función de presentar un tamaño de triturado mediano.

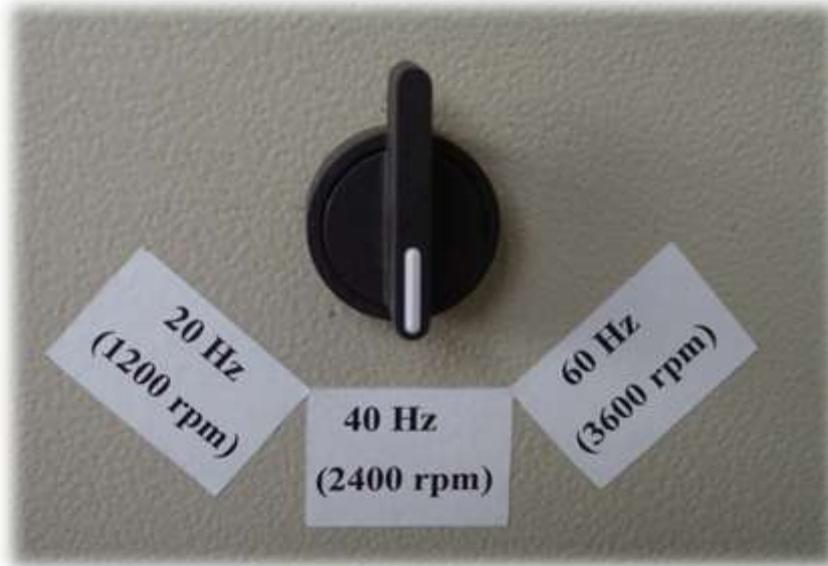


FIGURA 81: Selector en la posición 2

Fuente: El autor



FIGURA 82: Frecuencia 2 mostrada en la pantalla del variador

Fuente: El autor



FIGURA 83: Velocidad 2 mostrada en la pantalla del tacómetro con un rango de error de 2%

Fuente: El autor



FIGURA 84: Trituración de alfalfa en tamaño mediano

Fuente: El autor



FIGURA 85: Trituración de matas de fréjol en tamaño mediano

Fuente: El autor



FIGURA 86: Trituración de matas de papa en tamaño mediano

Fuente: El autor



FIGURA 87: Trituración de caña de maíz en tamaño mediano
Fuente: El autor



FIGURA 88: Trituración de pasto en tamaño mediano
Fuente: El autor



FIGURA 89: Trituración de ramas de aguacate en tamaño mediano

Fuente: El autor



FIGURA 90: Trituración de caña de azúcar en tamaño mediano

Fuente: El autor

La trituration en tamaño mediano es esencial ya sea para alimento de animales pequeños que bien habitan en las casas o en el campo como el cuy por ejemplo, o también es posible emplear el triturado de tamaño mediano como abono orgánico en árboles.

5.2.3 TRITURACIÓN A FRECUENCIA FIJA 3

La frecuencia fija 3, que corresponde a 60 Hz o lo que es lo mismo 3600 rpm, es activada mediante la posición 3 del selector, la cual cumple la función de presentar un tamaño de triturado pequeño.



FIGURA 91: Selector en la posición 3

Fuente: El autor



FIGURA 92: Frecuencia 3 mostrada en la pantalla del variador

Fuente: El autor



FIGURA 93: Velocidad 3 mostrada en la pantalla del tacómetro con un rango de error de 2%

Fuente: El autor



FIGURA 94: Trituración de alfalfa en tamaño pequeño

Fuente: El autor



FIGURA 95: Trituración de matas de fréjol en tamaño pequeño

Fuente: El autor



FIGURA 96: Trituración de matas de papa en tamaño pequeño

Fuente: El autor



FIGURA 97: Trituración de caña de maíz en tamaño pequeño

Fuente: El autor



FIGURA 98: Trituración de pasto en tamaño pequeño

Fuente: El autor



FIGURA 99: Trituración de ramas de aguacate en tamaño pequeño

Fuente: El autor



FIGURA 100: Trituración de caña de azúcar en tamaño pequeño

Fuente: El autor

La trituración en tamaño pequeño o diminuto es esencial también para emplear como abono orgánico en plantas y árboles de diferentes tamaños.

TABLA 8: Cuadro comparativo de optimización de abono entre las diferentes cargas de trituración

Carga	Trituración		
	Tamaño grande	Tamaño mediano	Tamaño pequeño
Alfalfa	Menos óptimo	Más óptimo	Más óptimo
Fréjol	Menos óptimo	Más óptimo	Más óptimo
Papa	Menos óptimo	Más óptimo	Más óptimo
Caña de maíz	Menos óptimo	Menos óptimo	Más óptimo
Pasto	Menos óptimo	Menos óptimo	Más óptimo
Ramas de aguacate	Menos óptimo	Menos óptimo	Más óptimo
Caña de azúcar	Más óptimo	Más óptimo	Más óptimo

Fuente: El autor

5.3 APLICACIÓN

Los diferentes tamaños de trituración que presenta la máquina fueron empleados en el sector agrícola como abono a sembríos de árboles de aguacate.



FIGURA 101: Aplicación de abono en el sector agrícola

Fuente: El autor



FIGURA 102: Abono aplicado en sembríos de árboles de aguacate

Fuente: El autor

5.4 CANTIDAD DE CARGA APLICADA

La cantidad de carga aplicada a la máquina trituradora fue de aproximadamente 500Kg, lo cual fue triturada en 27 minutos.



FIGURA 103: 500Kg de carga triturados en media hora aproximadamente.

Fuente: El autor

5.5 RESULTADOS

A pesar de que las pruebas realizadas han sido empleadas en la sección de trituración de la máquina, se desarrollaron los tipos de tamaño de triturado para las entradas digitales que presenta el variador de frecuencia como frecuencias fijas. Por lo cual resulta ser lo adecuado emplear en el sector agrícola los diferentes tamaños de abono orgánico y así se evita la contaminación del ambiente cuando se realiza la combustión de las ramas y matas después que se efectúa la última cosecha.



FIGURA 104: Ramas de tomate listas para quemarse (Problema)

Fuente: El autor



FIGURA 105: Máquina trituradora de plantas y desechos orgánicos para la producción de abono (Solución)

Fuente: El autor

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El sistema de control empleado en la máquina trituradora TRAPP TRF 300 ha sido de gran ayuda para la optimización y obtención de abono orgánico en el sector agrícola, además de un beneficio y ahorro de dinero para los sectores que se encuentran alejados de la ciudad cuando tienen que comprar otro tipo de abono para sus cultivos.
- Además se conserva el medio ambiente ya que el 100% de las plantas y desechos que iban a ser quemados (problema) ahora se los utiliza para la trituración.
- El motor empleado en la máquina resultó ser el adecuado porque sus características (como por ejemplo potencia, torque, etc.) se asemejan a los resultados obtenidos mediante análisis y cálculos correspondientes por lo que es muy eficiente para trabajar en la máquina trituradora mediante el sistema de control.
- Según la teoría expuesta y resultados de parámetros de las gráficas de la función de transferencia, se concluye que el sistema es críticamente amortiguado. Por lo tanto es un sistema estable que no oscila y por consecuencia no se puede emplear un compensador, es decir, el PID no es aplicable en este tipo de sistema a pesar de que la ecuación de la planta se mantiene como una función de transferencia de segundo orden. Además de que tampoco es necesario su aplicación ya que el tiempo de respuesta es muy corto, equivalente a medio segundo.
- El variador de frecuencia presenta más entradas digitales que pueden ser configuradas para más frecuencias fijas en su programación, pero con las 3 que presenta el variador (frecuencias fijas) es lo adecuado para el funcionamiento del sistema y establece una solución al problema.
- La máquina realiza la función de trituración de plantas y desechos orgánicos cuyo material sea suave o mientras que insertando un material duro como la

madera no abastece porque la madera ocupará más de 60% de la boca de entrada de la máquina.

- Si el material de carga es semiduro, la trituración en las tres velocidades serán las más óptimas para la aplicación de abono en el sector agrícola.
- Hay que tomar en cuenta que la velocidad que se muestra en la pantalla del tacómetro no es la misma que la especificada con el variador de frecuencia debido a que se presenta un margen de error.

6.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable emplear en este tipo de máquinas un motor perfectamente adecuado y preferiblemente como lo recomiendan las normas si en su debido caso las hay, mediante cálculos o en últimos casos como lo recomienda el fabricante.
- Para evitar fallos, daños y consumo de energía es recomendable apagar todo el sistema en general, es decir, motor, contactor e interruptor cuando la máquina no esté en funcionamiento y mantener el tablero de control cerrado con su respectiva llave manteniendo el tablero de control a una distancia un poco alejada de la máquina a dos metros preferiblemente.
- En el momento en que se va a realizar mantenimiento a la máquina, se recomienda hacerlo en un espacio libre y con el tablero desconectado. Realizar mantenimiento preventivo cada fin de semana consecuentemente si la máquina opera 5 días a la semana.
- No es adecuado ingresar el material a triturar en una cantidad mayor que supere los 48 cm² (60%) de área de ingreso a la máquina ni tampoco material duro como la madera ya que se puede obtener un mayor desgaste en la parte de las cuchillas y daños severos en el eje porque el esfuerzo cortante de la máquina no abastece para ese tipo de material.
- Para cualquier obrero que por primera vez va a operar la máquina se recomienda leer su debido manual de usuario antes de realizar alguna operación con la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARIAN. (Enero, 2010). *Industrial, Control & Instrumentación*. Stgo de Chile, Chile: ARIAN.
2. Barbosa Pérez, J. (s.a.). Dibujo Mecánico. En J. Barbosa Pérez, *Dibujo Mecánico* (Cap. 19).
3. Bauske, E. M., Maqueda, K. A., & Márinez Espinoza, A. D. (2008). *Seguridad para trabajadores hispanos de jardinería*. Georgia: University of Georgia.
4. Chapman, S. J. (2005). *Máquinas Eléctricas* (Cuarta Edición ed.). D.F., México: McGraw Hill.
5. Chint. (Enero 2011). *Catálogo técnico - Contactores, relés y arrancadores*. Madrid, España: Chint Electrics.
6. Cobo, R. (s.a.). Variadores de velocidad o Convertidores de frecuencia. *El ABC de la Automatización*, 3.
7. Enriquez Harper, G. (2004). *Control de motores eléctricos*. D.F., México: Limusa.
8. Faires, V. M. (s.a.). *Diseño de Elementos de máquinas* (Cuarta Edición ed.). Barcelona, España: Montaner y Simon.
9. García, J., & Pubill, J. (2005). *Convertidores de Frecuencia*. Barcelona, España: Edcai.
10. Gates. (2009). *Master de Bandas Industriales*. México: Rechnology Company.
11. Granthman, W. J., & Vincent, T. L. (1998). *Sistemas de Control Moderno. Análisis y Diseño*. D.F., México: Limusa.
12. Hernández Gaviño, R. (2010). *Introducción a los Sistemas de Control* (Primera Edición ed.). Juarez, México: Pearson.
13. Lorente Herrera, J. (2007). *Biblioteca de la agricultura*. (Lexus, Ed.) Barcelona, España.
14. Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna* (Tercera Edición ed.). Juarez, México: Pearson Educación.
15. Schaum. (2003). *Circuitos Eléctricos* (Cuarta ed.). México: McGaraw Hill.

16. Schoneck, J. (2002). *Variadores de Velocidad* (Primera edición ed.). Barcelona, España: Schnneider Electric S.A.
17. Shigley, J. E., & Mitchell, L. D. (1985). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (Cuarta edición ed.). México, México: Mc Graw Hill.
18. Shirose, K. (2000). *TPM para Mandos Intermedios de Fábrica* (Segunda edición ed.). Tokyo, Japón: TGM Hoshin.
19. Weg, E. E. (s.a). *Guía Práctico de Capacitación Técnico Comercial*. Jaraguá do Sul, Brasil: Módulo I.
20. Zill, D. G., & Cullen, M. R. (2009). *Ecuaciones Diferenciales* (Séptima Edición ed.). D.F., México: Cengage Learning.
21. Arpi Trujillo, J. E. & Calderón Toral, C. S. (2010). *Diseño de una máquina pelletizadora en base a la disponibilidad de residuos madereros de la ciudad de cuenca para su aprovechamiento energético*. Tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico con Mención en Diseño de máquinas, Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
22. Cajas Arguero, D. B. (2011). *Diseño de un Triturador Pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico*. Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
23. ABB. (s.f.). *Productos y Servicios*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2013, de Interruptores Diferenciales:
<http://www.abb.es/product/es/9AAC100503.aspx>
24. Agrogama. (20 de Septiembre de 2010). *Molinos trituradores*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de Molino Triturador Trapp JTFR 300:
http://www.agrogama.com.co/home/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=5&Itemid=41
25. Améstegui Moreno, M. (Enero 2001). *Apuntes de Control PID*. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
26. Automatismos, E. *Electricidad y Automatismos*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2013, de Fórmulas de motores de corriente alterna:
<http://www.nichese.com/formulas3.html>
27. Automatismos, E. *Automatización Industrial*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2013, de Fórmulas de motores de corriente alterna:
<http://www.nichese.com/formulas3.html>
28. Automatismos, E. y. (s.f.). *El Contactor*. Recuperado el 4 de Enero de 2014, de <http://www.nichese.com/contactor.html>

29. Banggood. (s.f.). *banggood.com*. Recuperado el 16 de Febrero de 2015, de Red LED Tachometer RPM: <http://www.banggood.com/Red-LED-Tachometer-RPM-Speed-Meter-with-Proximity-Switch-Sensor-NPN-p-928692.html>
30. Cabedo. (s.f.). *Suministros Industriales y Agrícolas*. Recuperado el 17 de Abril de 2015, de Biotrituradora eléctrica: http://www.cabedovila.es/biotrituradoras_electricas?id=172&id_producto=242
31. Cabedo. (s.f.). *Suministros Industriales y Agrícolas*. Recuperado el 18 de Abril de 2015, de Viking costacáped: http://www.cabedovila.es/productos.php?id=195&id_producto=352
32. Definición. (s.f.). *Definición.de*. Recuperado el 13 de Febrero de 2015, de <http://definicion.de/tacometro/>
33. Infojardin. (s.f.). *Jadinería*. Recuperado el 17 de Abril de 2015, de Biotrituradora: infojardin.com/showthread.php?t=158865
34. Ingemecánica. (s.d. de s.m. de s.a.). *Correas de Transmisión Cálculo y Diseño*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2013, de Tutorial N° 121: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
35. Prisma, E. *Portal para Investigadores y Profesionales*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2013, de Transmisión por Correas: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/transmisioncorrea/default3.asp
36. Prisma, E. *Portal para Investigadores y Profesionales*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2013, de Transmisión por Correas: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/transmisioncorrea/default5.asp
37. Recovery. (s.f.). *RECOVERY S.A.* Recuperado el 15 de Abril de 2015, de Trituración de plásticos: <http://www.recovery.com.es/portfolio-view/trituracion-de-plasticos/>
38. TRAPP. (s.f.). *TRAPP*. Recuperado el 21 de Octubre de 2013, de TRF-300 Super: <http://www.trapp.com.br/es/produutos/rural/trituradores-forrajeros/produoto/trf-300---super>
39. TRAPP. (s.f.). *TRAPP*. Recuperado el 21 de Agosto de 20014, de TRP 40: <http://www.trapp.com.br/es/produutos/rural/trituradores-forrajeros/produoto/trp-40>
40. TRAPP. (s.f.). *TRAPP*. Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de TR 200: <http://www.trapp.com.br/es/produutos/compostaje/trituradores-de-ramas,-truncos-y-residuos-organicos./produoto/tr-200>

41. TRAPP. (s.f.). *TRAPP*. Recuperado el 21 de Agosto de 2014, de TRF 60:
<http://www.trapp.com.br/es/produtos/rural/trituradores-forrajeros/produto/trf-60>

42. Virtual, T. *Poleas y Mangueras*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2013, de
Correas Industriales en "V":
<http://www.polmangueras.com/index.php?id=2,14,0,0,1,0>.

ANEXOS

ANEXO 1 MANUAL DE USUARIO PARA OPERAR LA MÁQUINA TRITURADORA Y EL SISTEMA DE CONTROL

VESTIMENTA

Durante los meses calurosos se recomienda usar ropa ligera, de algodón y de color claro. Durante los meses fríos se recomienda usar prendas que abriguen, como chaquetas de algodón. La ropa debe permitir facilidad de movimiento; no debe estar demasiado ajustada pues limita moverse, ni demasiado amplia pues podría enredarse en el equipo o máquinas de trabajo.

Es necesario llevar pantalones largos mientras opera equipo motorizado.

Es importante el uso de lentes de seguridad, la protección de oídos y el uso de guantes para una gran cantidad de trabajos.

No utilice cadenas, joyas o ropa que tenga correas o cadenas que cuelguen. Estos artículos se pueden enredar en el equipo. El pelo largo puede ser un riesgo ya que se puede enganchar en la maquinaria; para evitar esto, el pelo se puede peinar en una cola. (Bauske, Maqueda, & Márinez Espinoza, 2008)

MANEJO ADECUADO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Antes de operar el equipo vea si el clima es el adecuado.

El clima es un factor muy importante para decidir las labores a hacer en determinado día. No opere equipo motorizado si hay vientos fuertes, lluvias, tormentas o neblina en el área.

Recoja todo el equipo de protección personal adecuado que vaya a necesitar durante el día. Es posible que tenga que usar protección para ojos, oídos, pantalones largos, botas con casquillo de metal en la punta, sombrero, o casco si tiene realizar trabajos riesgosos.

Mantenga una distancia prudente.

Las cortadoras, sopladoras, corta malezas, podadoras y las bordeadoras pueden lanzar objetos a una gran distancia. Mantenga a peatones, mascotas u objetos delicados a una distancia de 10 metros del lugar de trabajo y operación de una máquina.

Cerciórese que en la zona de trabajo no haya áreas mojadas o charcos.

Esto puede ser muy riesgoso para operar el equipo. Estas situaciones son muy peligrosas al operar equipo motorizado. Riegue las plantas solo cuando lo necesiten, pero no permita que formen charcos o lodo. (Bauske, Maqueda, & Márinez Espinoza, 2008).

Esta recomendación se viene dada debido a que en la Finca en donde se iba a realizar las pruebas e implementación de la máquina trituradora, hubo un accidente con el operario que efectuó una mayor fuerza para empujar las plantas y triturarlas en una trituradora de muestra; por lo tanto a causa de eso el operario se cortó los dedos de manera imprevista. Hay que tener mucho cuidado con eso y operar este tipo de máquinas con higiene y seguridad.

ALIMENTACIÓN

La trituradora sólo debe usarse para triturar ramas, tallos y plantas vegetales además de utilizarse para moler granos, lo cual no se le va a dar mucha utilidad a esta función. Está pensada sólo para una alimentación manual. El material a triturar es arrastrado al interior de la máquina por acción de la gravedad y empujado el eje donde están contenidas las cuchillas.

COMPROBACIÓN DE LAS CUCHILLAS



FIGURA 106: Cuchillas De La Máquina

Fuente: El autor

Diariamente, antes de empezar a trabajar, es preciso realizar una inspección visual para asegurarse de que las cuchillas se encuentran en óptimas condiciones y el eje bien ajustado.

Las cuchillas desgastadas pueden provocar:

- a. Incremento del consumo de energía.
- b. Enrollamiento de ramitas.
- c. Calentamiento del eje y por ende del motor al enrollarse el material.
- d. Sobrecalentamiento de las correas de transmisión.
- f. Disminución de r.p.m.
- g. Desgaste del componente y ruido.

ALIMENTACIÓN Y CONTROL

Asegúrese de que los operarios se encuentran en un suelo firme y libre de obstáculos. Sitúe las ramas pequeñas a triturar en la boca de ingreso y si no caen por acción de la gravedad empújelas hacia las cuchillas con la ayuda de un palo.

Una vez introducido en la máquina, el material es triturado y expulsado en la dirección lateral de la máquina.

Tras alimentar la máquina vaya comprobando la salida de vez en cuando y verificando el tamaño de triturado (dependiendo a cuantas r.p.m. trabaje el motor).

En caso de que la potencia del motor sea demasiado baja (caída de r.p.m.), pare la alimentación durante unos instantes (parada de emergencia) hasta que las r.p.m. vuelvan a la normalidad.

ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Asegúrese de que el cable de alimentación esté conectado a la corriente eléctrica a la tensión de 220 V.

Para el encendido del tablero electrónico realice los siguientes pasos:

1. Active el interruptor que se encuentra dentro del tablero electrónico (interruptor diferencial).



2. Presione el botón verde que es el botón de encendido del sistema que se encuentra en la parte delantera del tablero.



3. Posteriormente a eso asegúrese de que la pantalla del variador de frecuencia se encuentre encendida al igual que la luz roja de encendido.



4. Conecte el cable de alimentación de 110V para encender el tacómetro y asegúrese que en la pantalla muestre el valor 0.0.



5. Una vez realizado este procedimiento active el switch que le permite encender el motor de la máquina.



6. Mueva el selector hacia cualquiera de las posiciones establecidas como frecuencias fijas



Cabe recalcar que no necesariamente hay que escoger el tipo de frecuencia mediante el movimiento del selector sino que mientras el motor esté encendido normalmente, se puede cambiar de frecuencia para que se efectúe el triturado deseado ya sea triturado grande, triturado mediano o triturado pequeño. Pero para mejor manejo seleccione primero la posición de la frecuencia y luego encienda el motor.

APAGADO DE LA MÁQUINA

Para apagar el tablero de control y por consecuente se apagará el motor de la máquina, realice los siguientes pasos contrarios al encendido del tablero de control:

1. Primero desactive el switch y manténgalo en modo OFF.



2. Posteriormente presione el botón rojo de apagado del sistema espere 5 segundos de desactivación y apagado del variador de frecuencia.



3. Por último desactive el interruptor principal que se encuentra dentro del tablero electrónico y desconecte la alimentación a 100V.



Cuando la máquina no esté en funcionamiento asegúrese de que tanto el interruptor con el switch de encendido del motor se mantengan en modo OFF para mayor seguridad y evitar accidentes posteriores. Además mantener el tablero de control electrónico con la tapa cerrada y ajustada con su respectiva llave.



BOTÓN DE PARADA DE EMERGENCIA

A pesar de que el circuito de control está perfectamente diseñado e instalado después de haber realizado sus respectivos cálculos siempre puede existir en el transcurso del tiempo una avería o un daño en este tipo de máquinas.

El botón rojo tipo hongo que se encuentra en la parte delantera del tablero electrónico, significa parada de emergencia y está conectado con la finalidad de no ocasionar daños posteriores que hace que el sistema se apague y cumple la misma función del botón rojo de apagado del sistema pero con la diferencia que se mantiene activado después de haber sido presionado. Hasta que el operario no esté seguro de haber reparado algún daño consecuente el botón de parada de emergencia puede seguir presionado y solo se desactiva girándolo hacia la derecha.



RECOMENDACIONES

- Si la máquina no enciende verifique que el botón de para de emergencia no se encuentre presionado.
- Además revise los fusibles que se encuentren en buen estado.
- Mantenga el tablero de control a una distancia un poco alejada de la máquina.
- No abra la tapa en donde se encuentra el eje mientras esté en funcionamiento.

- Revise el eje y las cuchillas que estén en buen estado antes de encender la máquina.
- Mantenga el tablero de control bajo llave sin permitir que ingresen residuos.
- Procure encender la máquina solamente cuando vaya a trabajar.
- Realice mantenimiento preventivo cada cierto periodo de trabajo.
- No inserte material duro como caña o madera ya que el torque de la máquina no abastece lo suficiente.
- No conecte el tacómetro a la alimentación de 220V ya que solo funciona a 110V.
- Cuando vaya a operar la máquina asegúrese de que estén conectados correctamente los cables a 110V (tacómetro) y 220V (tablero de control).

ANEXO 2 MANUAL DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA TRITURADORA

RECOMENDACIONES IMPORTANTES

Atención!

Lea todas las instrucciones contenidas en este manual antes de operar el equipamiento, siempre observando las indicaciones de seguridad y siguiendo las instrucciones para prevenir accidentes y/o heridas.

Lea y guarde estas instrucciones.

1 - Área de trabajo.

✓ No opere el equipamiento cerca de atmósfera explosiva, ni donde haya líquidos inflamables, gases y/o polvo en suspensión. La instalación eléctrica del equipamiento produce centellas que pueden iniciar la combustión de líquidos inflamables, gases o polvo en suspensión.

✓ Mantenga niños y espectadores alejados. Cuando el equipamiento esté en utilización, todas las personas, especialmente niños, deben permanecer a una distancia segura del área de trabajo. El operador/usuario es responsable por eventuales accidentes que puedan ocurrir.

2 - Seguridad eléctrica.

✓ No exponga el equipamiento a lluvia o humedad. Instale el equipamiento en un lugar seco y protegido de la intemperie. El agua dentro del equipamiento puede dañar los circuitos eléctricos del motor, además de aumentar el riesgo de descarga eléctrica.

✓ Para su seguridad, realice la conexión a tierra del equipamiento. La falta de la conexión a tierra puede resultar en accidentes, choque eléctrico u otros daños personales.

3 - Seguridad personal.

✓ Manténgase alerta, quede atento con lo que está aconteciendo y use el buen sentido cuando esté operando. No opere el equipamiento cuando esté cansado, distraído o bajo la influencia de drogas, bebidas alcohólicas o medicamentos. Un momento de falta de atención puede resultar en un serio riesgo de heridas.

✓ Utilice equipamientos de seguridad. Use siempre las gafas de seguridad. Usando equipamientos de seguridad como guantes, zapatos, protección para los oídos, usted aumenta su seguridad y reduce el riesgo de accidentes.

✓ Vístase de manera adecuada. No use ropas sueltas o joyas.

✓ Prevéngase contra el funcionamiento accidental. Asegúrese de que la llave eléctrica esté en la posición “desconectada” antes de colocar el enchufe en la toma de corriente. Conectar el enchufe en la toma de corriente con la llave eléctrica en la posición “conectada” puede causar un grave accidente.

✓ Remueva cualquier objeto antes de conectar el equipamiento. Una herramienta o cualquier otro objeto preso en las partes móviles del equipamiento pueden resultar en heridas.

4 - Utilización y cuidados.

✓ No fuerce el equipamiento. Utilícelo de forma correcta y para las aplicaciones descritas en este manual, obteniendo así mayor desempeño y seguridad en su trabajo.

✓ No utilice el equipamiento si la llave eléctrica no conecta ni desconecta. El equipamiento no puede ser controlado si la llave eléctrica estuviera dañada. Llave eléctrica con defecto deberá ser reparada inmediatamente.

✓ Desconecte el disyuntor, retire los fusibles o desconecte el enchufe de la toma de corriente antes de realizar cualquier ajuste, cambio de lámina de corte y accesorios. Esas medidas preventivas de seguridad reducen el riesgo de funcionamiento accidental del equipamiento.

✓ No permita que personas no familiarizadas utilicen el equipamiento. El equipamiento puede volverse peligroso en las manos de usuarios no familiarizados con el funcionamiento.

✓ Conserve su equipamiento. Verifique con frecuencia si las partes móviles están fijadas, si algún componente está dañado o cualquier otra condición que pueda afectar su buen funcionamiento. Si hubiere algún problema, haga la reparación antes de usar el equipamiento. Muchos accidentes son causados por la falta de mantenimiento adecuado.

- ✓ Mantenga la lámina de corte afilada y limpia.
- ✓ La lámina de corte continúa en movimiento después de que el equipamiento es desconectado. Por lo tanto, quede atento a eso cuando hiciera cualquier tipo de mantenimiento.
- ✓ Utilice el equipamiento y accesorios de acuerdo con las instrucciones contenidas en este manual, considerando las condiciones de trabajo y el servicio a ser ejecutado. La utilización del equipamiento para operaciones no contenidas en este manual puede resultar en situaciones de peligro.

Nota:

De acuerdo con la norma brasilera NBR 5410, se volvió obligatorio la instalación de un dispositivo de protección a la corriente diferencial-residual (dispositivo DR) en las instalaciones eléctricas residenciales. La función del dispositivo “DR” es proteger al usuario contra los graves riesgos de choque eléctrico (consulte un electricista).

5 - Servicio.

- ✓ Las reparaciones del equipamiento solo deben ser realizadas por profesionales especializados y con piezas originales TRAPP. Use siempre los servicios de los Asistentes Técnicos Autorizados TRAPP.
- TRAPP no se responsabiliza por eventuales accidentes o daños ocurridos debido a la utilización de piezas no originales.

Instrucciones Adicionales de Seguridad y Operación

- ✓ Verifique si el voltaje de la máquina es el mismo de la red eléctrica.
- ✓ Lea atentamente las instrucciones y procure familiarizarse con los controles y el uso adecuado del equipamiento.
- ✓ Recuerde que el operador o usuario es responsable por cualquier accidente o daño, involucrando terceros o sus propiedades.
- ✓ No opere el equipamiento cuando esté descalzo o de sandalias.
- ✓ Mientras esté utilizando el equipamiento, siempre use calzado adecuado y pantalones largos, gafas, guantes y protector auricular.

- ✓ Evite operar el equipamiento en lugar húmedo.
- ✓ Utilice el equipamiento con buena iluminación.
- ✓ Antes de introducir cualquier tipo de forraje, accione el motor e espere que el mismo alcance la rotación máxima.
- ✓ No introduzca nada en el equipamiento con el motor desconectado.
- ✓ No utilice el equipamiento en periodos que ocurren cortes de energía eléctrica.
- ✓ Siempre que realice cualquier limpieza u operación de mantenimiento, asegúrese primero de que el motor esté desconectado, que la lámina esté parada y retire la extensión eléctrica de la toma de corriente eléctrica.
- ✓ Si el equipamiento comienza a vibrar, apáguelo y desconéctelo de la red eléctrica inmediatamente. Verifique pronto la causa de esta vibración, pues esta indica que el equipamiento necesita de ajustes o reparaciones.
- ✓ Verifique el estado del cable de alimentación y nunca lo repare con cinta aislante.
- ✓ Nunca utilice chorro de agua para limpiar el equipamiento, use un paño humedecido y detergente neutro. El agua dentro del equipamiento puede dañar los circuitos eléctricos del motor, además de aumentar el riesgo de descarga eléctrica.
- ✓ Nunca opere el triturador con la tapa abierta o sin protección de la correa.



FIGURA107: No introducir la mano con motor en movimiento

Fuente: El autor

Atención!

Cuando el triturador esté en funcionamiento, no introduzca la mano dentro del embudo del verde y ni por la salida inferior

Atención!

Siempre que realice cualquier limpieza u operación de mantenimiento, asegúrese primero de que el equipamiento esté desconectado y las láminas paradas, pues después de que el equipamiento es desconectado las láminas continúan en movimiento por algunos instantes.

Características Técnicas					
Modelo	Potencia (cv)	Tensión (V)	Rotación (rpm)		Tipo
			50 Hz	60 Hz	
TRP 40	1 - 1,25 - 1,5	110/220	3000	3600	Monofásico
TRF 60	1,25 - 1,5	110/220	3000	3600	Monofásico
		220/380			Trifásico
TRF 70	1,25 - 1,5	110/220	3000	3600	Monofásico
		220/380			Trifásico
TRF 80	1,25 - 1,5	110/220	3000	3600	Monofásico
		220/380			Trifásico
TRF 80M	1,25 - 1,5	110/220	3000	3600	Monofásico
		220/380			Trifásico
TRF 90	1,5 - 2	110/220	3000	3600	Monofásico
		220/380			Trifásico
TRF 300	2	110/220	3000	3600	Monofásico
	2 - 3	220/380			Trifásico
TRF 300F	2	110/220	3000	3600	Monofásico
	2 - 3	220/380			Trifásico
TRF 400	2	110/220	3000	3600	Monofásico
	2 - 3	220/380			Trifásico
TRF 400F	2	110/220	3000	3600	Monofásico
	2 - 3	220/380			Trifásico
Límites de condiciones ambientales:			Temperatura: 40°C Humedad relativa del aire: 80%		

FIGURA 108: Tabla de características técnicas

Fuente: El autor

Características de Producción

Modelo	Tamiz (mm)					
	0,8	2	3	5	12	Lisa
	Material producido (kg/h)					
	Harina	Quirera fina	Quirera fina	Quirera gruesa	"Rolão"	Ración verde
TRP 40	-	-	-	-	-	500/900
TRF 60	-	30/60	80/100	130/180	130/230	
TRF 70	10/15	-	80/100	130/180	130/230	
TRF 80						500/900
TRF 80M	30/60	-	130/250	250/500	150/250	
TRF 90						
TRF 300						600/1000
TRF 300F	50/80	-	150/300	300/650	200/450	
TRF 400						800/1200
TRF 400F	60/90	-	170/330	330/700	250/500	

- Notas: 1) "Rolão" = Resultado de la trituración de la espiga de maíz con paja.
 2) Las cantidades indicadas arriba son solamente valores de referencia, pudiendo variar de acuerdo con la humedad del producto y condiciones de trabajo.
 3) El TRF 60 no posee tamiz de 0,8 mm.

FIGURA109: Tabla de Características de Producción

Fuente: El autor

PRINCIPALES COMPONENTES

Modelos TRF 90 y TRF 300

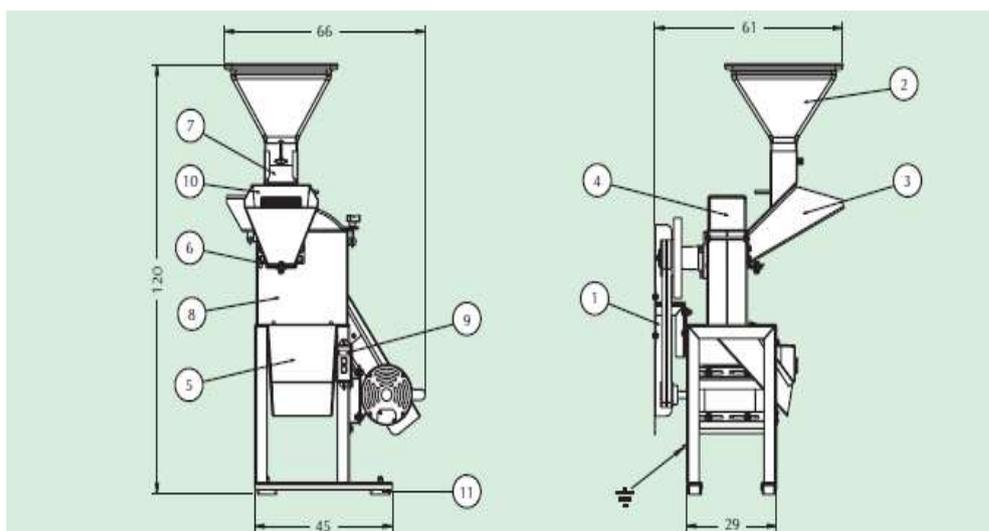


FIGURA110: Componentes Principales

Fuente: El autor

1. Protección de correa
2. Embudo de los granos
3. Embudo del verde
4. Tapa de cierre
5. Salida inferior
6. Contracuchilla
7. Cajón para ajuste de granos
8. Cuerpo
9. Llave interruptora
10. Tapa del embudo del verde
11. Amortiguadores de caucho

INSTALACIÓN DEL MOTOR

✓ Todos los trituradores TRAPP, monofásicos o trifásicos, son montados con motores de doble tensión. Salen de fábrica sin la conexión eléctrica, para que el cliente pueda seleccionar el tipo de conexión, conforme la tensión de su red eléctrica (excepto el TRF 400, que sale de fábrica con tensión de la red eléctrica ya seleccionada).

✓ Esto no acontece para los trituradores TRP 40, TRF 60, TRF 70, TRF 80 y TRF 80M, que son equipados con selector de voltaje para 110 y 220 V.

✓ Para efectuar la correcta conexión, se deben observar los datos indicados en la plaqueta del motor y la numeración impresa en el propio aislamiento de los cables eléctricos.

Atención!

Antes de efectuar cualquier tipo de conexión, asegúrese de que la red eléctrica esté desconectada.

- 1) Asegúrese de que la red eléctrica, donde será instalado el triturador, sea compatible con los datos que constan en la placa del motor.
- 2) Desconecte la red eléctrica para efectuar las conexiones del motor.
- 3) Haga las conexiones presentadas conforme la tensión de la red eléctrica.
- 4) Para proteger la conexión, utilice cinta aislante en las conexiones realizadas.
- 5) Asegúrese de que las conexiones estén bien aisladas.
- 6) Conecte la red eléctrica y verifique la rotación del triturador.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Verificaciones:

Antes de colocar el triturador en operación se debe verificar:

- ✓ Si no hay herramientas u objetos sobre el motor o sobre el equipamiento, principalmente dentro del embudo de los granos o del verde.
- ✓ Si no hay nada trancando el motor.
- ✓ Si el sentido de rotación está correcto.
- ✓ Si la tensión de la red eléctrica coincide con la del triturador.
- ✓ Si no hay personas u objetos próximos a las poleas y correas.
- ✓ Si la tapa del triturador está correctamente cerrada.
- ✓ Si

Nota:

Si el equipamiento está debidamente preparado accione el motor, aguarde hasta alcanzar la rotación máxima e inicie el trabajo.

FUNCIONAMIENTO

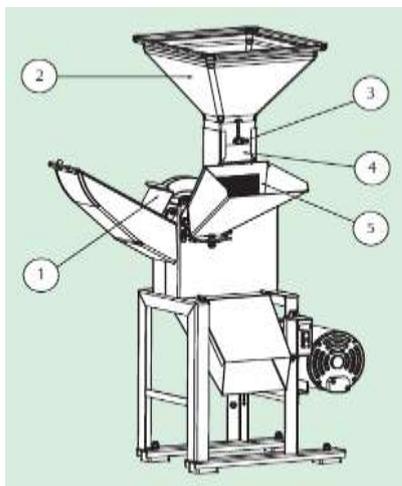


FIGURA 111: Operación Con Granos

Fuente: El autor

Para operar con productos secos (granos):

- ✓ Coloque la tapa para vedar (1)
- ✓ Coloque la tapa del embudo del verde (5).
- ✓ Escoja el tamiz adecuado (diámetros 0,8 - 3 - 5 - 12 mm), pues el producto resultante depende del diámetro del tamiz utilizado.

✓ El producto seco es colocado en el embudo de los granos (2) de donde es encaminado para ser procesado, saliendo el producto final en la parte inferior del triturador.

✓ Tome cuidado para no sobrecargar el motor.

Efectúe el ajuste del cajón de entrada de los granos de manera que entre en el triturador solamente el material que este consiga triturar, de acuerdo con el tipo de tamiz escogido. El ajuste del cajón de entrada de los granos es hecha de la siguiente forma: suelte la mariposa (3) localizada en la parte de abajo del cajón.

Con el regulador (4) suelto, haga el ajuste, halando caso necesite de una abertura mayor o empujando caso necesite de una abertura menor. Después del ajuste apriete la mariposa (3).

FUNCIONAMIENTO

Para operar con productos verdes (forrajes):

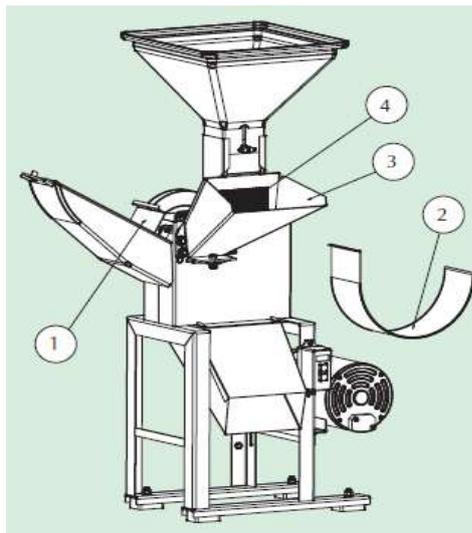


FIGURA 112: Operación con Forrajes

Fuente: El autor

Para operar con productos verdes (forrajes):

✓ Retire la tapa de vedar (1)

✓ Retire la tapa del embudo del verde (4)

✓ Coloque tamiz liso (2), pues la salida será por la parte superior del triturador.

✓ Los productos verdes son colocados en el embudo del verde (3), de donde es encaminado para ser procesado, saliendo por la parte superior del triturador.

Atención!

El motor puede quemarse por sobrecarga, caso se introduzca una cantidad de material excesiva.

Colocación Correcta de los Tamices

Para evitar accidentes con el triturador y mantenerlo en perfectas condiciones de funcionamiento, es necesario observar la colocación correcta de los tamices. Estos deberán ser colocados por detrás de los pasadores guías. Para efectuar la correcta colocación, inicie por el lado curvo del tamiz, y finalice la colocación.

Caso no hubiere un perfecto asentamiento de los tamices, puede ocurrir que sean tocados por las cuchillas y causar serios daños al triturador.

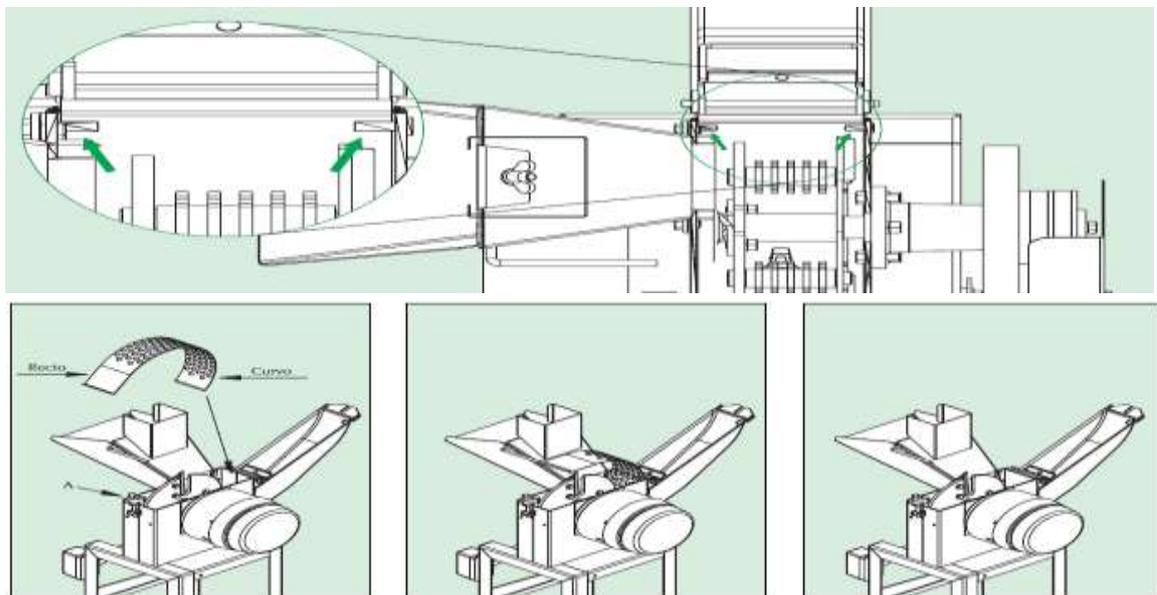


FIGURA 113: Colocación de Tamices

Fuente: El autor

ANEXO 3 MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA TRITURADORA

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se dirige a la prevención de averías y defectos. Las actividades diarias incluyen chequeos del equipo, controles de precisión, hacer una revisión total o parcial en momentos específicos.

Adicionalmente los trabajadores anotan los deterioros que observan en el equipo para saber cómo reparar o reemplazar las piezas gastadas antes de que causen problemas.

Recientes avances tecnológicos en herramientas para inspección y diagnóstico han permitido un mantenimiento del equipo más exacto y fidedigno. La terminología *mantenimiento predictivo* se utiliza para describir las actividades que emplean estas tecnologías avanzadas.

En el desarrollo de equipos nuevos, es en la etapa de diseño cuando hace falta la prevención del mantenimiento. Estas actividades tienen como objetivo hacer el equipo más fiable, más fácil de cuidar y accesible al usuario para que los operarios puedan fácilmente cambiar los utillajes, ajustar y operar la máquina en general. (Shirose, 2000, págs. 14-15)

FUNCIONAMIENTO

La trituradora debe usarse tanto en espacios exteriores como en interiores, no hay ningún problema acerca de la ubicación de la máquina pero lo que si es necesario verificar que tenga un espacio adecuado para la conexión a la energía eléctrica.

Antes de su uso la trituradora debe estar acoplada y bien colocada en terreno firme y estable.

LIMPIEZA

Limpie la máquina cada día, tras usarla. Para llevar a cabo la limpieza, extraiga el tamiz de la trituradora.

Elimine los trozos sueltos y las ramillas y limpie la parte interna de la máquina con todo y eje. Esto contribuirá al mantenimiento de la máquina alargando su vida útil.

CORREA TRAPEZOIDAL

La tensión de la correa trapezoidal debe comprobarse tras las 4 primeras horas de funcionamiento y tensarse si es necesario.

Las correas trapezoidales deben comprobarse una vez por semana. Las correas trapezoidales sólo deben reemplazarse en conjunto. Además, es conveniente asegurarse de que al reemplazarlas, las correas se adapten perfectamente, y de que se han adquirido todas al mismo tiempo.

PARTES DE LA MÁQUINA

Contra cuchilla

Reaprietos periódicos, como el ajuste en la contra cuchilla, son indispensables.

El ajuste es realizado soltando la tuerca hexagonal conforme la figura y desplazando la contracuchilla hasta que las cuchillas pasen a una distancia de aproximadamente 1,5 mm de la contracuchilla.

La contracuchilla debe ser sustituida cuando presente señales de desgaste.

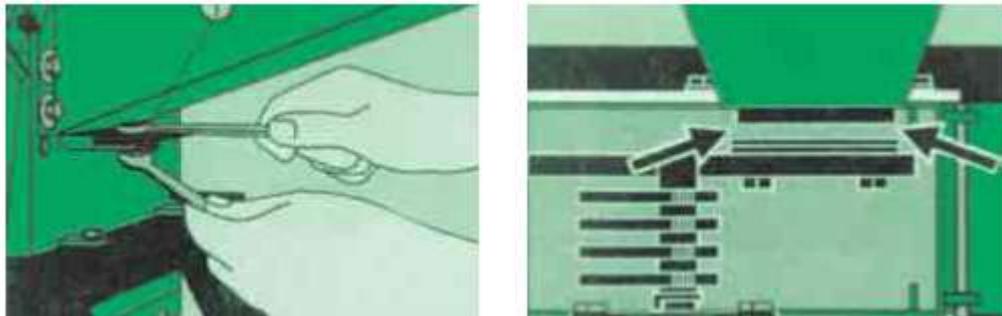


FIGURA 114: Contracuchilla

Fuente: El autor

El afilado de las Cuchillas

Los trituradores TRAPP salen de la fábrica con las cuchillas templadas, con esto, prolongando la vida útil del corte. El afilado de las cuchillas debe ocurrir cuando se note que el filo de corte (arista) esté gasto. Afile apenas el lado indicado de la cuchilla, procurando mantener la inclinación original.

Siempre al afilar, tome cuidado de retirar la misma cantidad de material en cada cuchilla, para no perjudicar el balance del conjunto del eje y causar consecuentemente, vibraciones. Las cuchillas deberán ser sustituidas siempre que no posibiliten más un perfecto afilado.

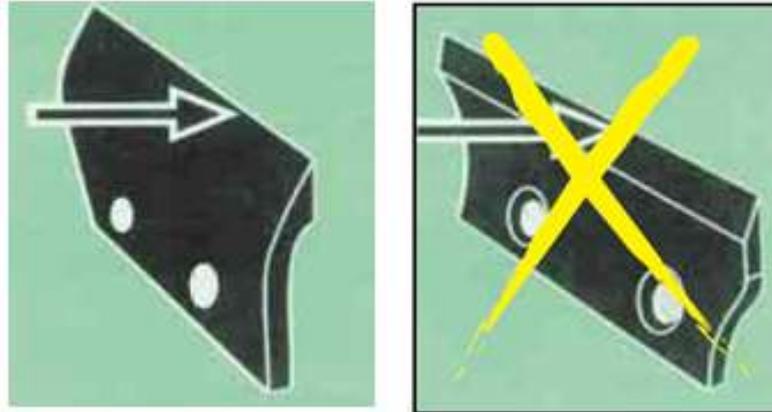


FIGURA 115: Afilado Correcto e Incorrecto de Cuchillas

Fuente: El autor

Las cuchillas están hechas de acero endurecido. Cuando, durante el afilado, la cuchilla se calienta, el filo cortante se endurece y las hace más frágiles, pudiendo causar mellas. Por ello, hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. Use un sistema de afilado suave y adecuado para estos materiales.
2. Use una afiladora sin vibraciones y estable.
3. Afile dirigiendo una fuente de refrigeración directa al punto de afilado (afilado en húmedo).
4. Ajuste el ángulo adecuado de afilado.

Martillos

Los martillos poseen 4 facetas dentadas para ser cambiadas de posición en la medida en que se desgastan.

Para cambiar las facetas o sustituirlas, se deben retirar los contra-pasadores existentes en los ejes (1) y la traba (2), y sacarlos a través del orificio del embudo del verde. Al retirarlos, siempre observe la posición de los anillos separadores y tome el cuidado de no mezclar los juegos de martillos (lados), con el fin de no perjudicar el balance del triturador, provocando vibraciones.

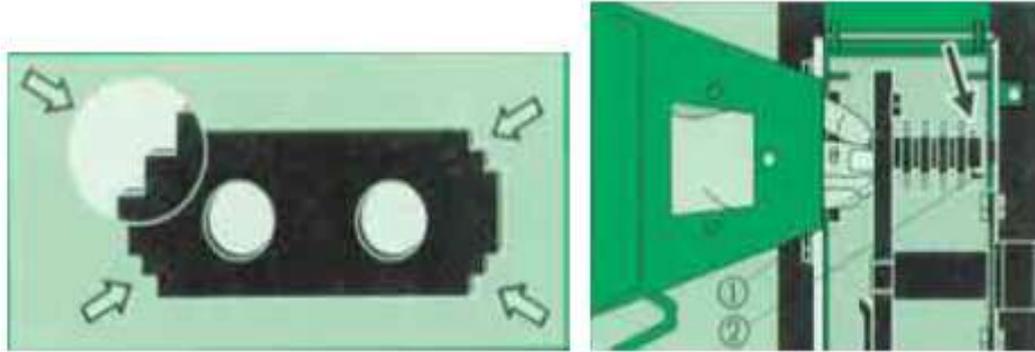


FIGURA 116: Posición de Martillos

Fuente: El autor

Reaprietos

Por ser un equipamiento que sufre constantes vibraciones, promovidas por los impactos de los productos triturados o picados, la tendencia natural es que, con el paso del tiempo, los tornillos se aflojen.

Por eso, debe verificarlos periódicamente y, caso necesario, hacer el reaprieto de los tornillos flojos. Pero se debe tener mucho cuidado para no deformar los tornillos con aprietos exagerados.

SUGERENCIAS ÚTILES

Durante la utilización de este equipo podrán, eventualmente, ocurrir algunas situaciones o problemas, para los cuales le presentamos, a seguir, algunas orientaciones:

Problema	Causa Probable	Solución
Embuchamiento de la Máquina	Alimentación demasiada. Debido a eso, el motor no mantiene la rotación necesaria y el producto se acumula dentro de la máquina (persistiendo el uso, el motor podrá quemarse por sobrecarga).	Apague el equipo y aguarde hasta que el motor pare por completo. Abra la tapa, limpie el exceso de producto dentro de la máquina, cierre la tapa, encienda el motor, aguarde hasta que llegue a la rotación máxima y empiece el trabajo de nuevo, controlando la alimentación de la máquina, de manera que no demande más que la capacidad que el motor pueda soportar.
Baja Producción	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Alimentación insuficiente de la máquina. 2 - Rotación de la máquina más baja que la especificada. 3 - Producto húmedo. 4 - Reglaje de la máquina incompatible con el producto utilizado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Controle la alimentación de manera que sea continua, pero no demasiada, para no causar embuchamiento. 2 - Verifique si el motor adquirido para instalar la máquina (equipos vendidos sin motor) corresponde a lo solicitado (ver etiqueta adhesiva en la máquina). En el caso de que la rotación sea más baja que la especificada, los martillos demorarán más para triturar el producto y con eso la producción es reducida. 3 - Se debe triturar únicamente productos secos. Si los productos están húmedos, las perforaciones de las cribas se obstruirán. 4 - Se debe verificar si la criba utilizada es adecuada al producto a ser obtenido.
Corte Irregular del Producto	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Falta de filo en las cuchillas. 2 - Contracuchilla raída o fuera de reglaje. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Afile las cuchillas conforme indicado en el ítem Mantenimiento - Cuchillas (pág. 31). 2 - Proceda conforme indicado en el ítem Mantenimiento - Contracuchilla (pág. 30).
Deficiencia al Moler Productos Secos	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Martillos raídos o dañados. 2 - Martillos bloqueados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Cambie los lados de los martillos o sustitúyalos por nuevos, procediendo conforme el ítem Mantenimiento - Martillos (pág. 31). 2 - Limpie la máquina siempre que termine de picar productos verdes, principalmente antes de paros prolongados.
Dificultad de Puesta en Marcha del Motor	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Exceso de productos dentro de la máquina. 2 - Caída de tensión en la corriente eléctrica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Al terminar los trabajos, deje siempre la máquina en marcha hasta la salida total de los productos. 2 - Verifique las condiciones de la corriente eléctrica (electricista).

FIGURA 117: Tabla de Sugerencias

Fuente: El autor

ANEXO 4 INSTRUCCIONES DE SERVICIO MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS



1. Descripción

Este es un motor de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión.

1.1 Normas

El motor cumple con la norma IEC 34 y sus equivalentes VDE 0530 y NTC (CONTEC). Adicionalmente hay ejecuciones según los requerimientos de otras normas como la norma NEMA MG 1.

Siemens posee un sistema de aseguramiento de calidad, certificado según norma NTC-ISO 9001, que garantiza que el motor es diseñado, fabricado y probado según las más altas exigencias de norma y del cliente.

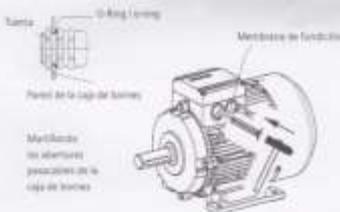
1.2 Grado de protección

El motor tiene un grado de protección IP55 de acuerdo con IEC 34-5, en ejecución estándar.

El grado de protección se indica, para cada motor, en la placa de características. Cuando se retira la membrana de fundición y para garantizar el grado de protección se deben instalar prensaestopos de acuerdo con la siguiente tabla:

Montaje de prensaestopos

Tamaño motor	Prensaestopa
AH 071	M25x1,5
AH 080	M25x1,5
AH 090	M25x1,5
AH 112	M32x1,5
AH 132	M32x1,5
AH 160	M35x1,5



1.3. Forma constructiva

La forma constructiva suministrada, de acuerdo con IEC 34-7, se indica en la placa de características. El motor se puede instalar según lo indicado en cada uno de los siguientes grupos:



Si se desea utilizar el motor en una forma constructiva distinta a la indicada, favor consultar previamente debido a eventuales modificaciones que se requieran según el caso.

2. Montaje

2.1. Almacenamiento

El motor se debe almacenar en un lugar cerrado y libre de humedad hasta el momento de la instalación.

2.2. Instalación

Para la instalación del motor deben tenerse en cuenta, como mínimo, las siguientes recomendaciones:

- El motor debe ser instalado de tal manera que el aire de refrigeración pueda circular libremente.
- El motor debe estar perfectamente alineado con su carga.
- Preferiblemente emplear acoples flexibles.
- La carga debe estar muy bien balanceada para evitar vibraciones anormales.
- Téngase en cuenta que el rotor ha sido equilibrado dinámicamente en la fábrica con la chaveta colocada en el eje.
- Si el montaje es tal que el eje queda en posición vertical, debe garantizarse que el agua no entre al rodamiento superior.
- En caso de accionamiento por correa debe preverse que el motor sea montado sobre rieles tensores o sobre una base desplazable, para poder ajustar la tensión y retensarla cuando sea necesario. Si la correa queda excepcionalmente tensionada, se pueden producir daños en los rodamientos.
- Remover con varnil o similar, la capa de protección contra el óxido aplicada al eje en la fábrica. Debe evitarse que el líquido limpiador penetre en el rodamiento pues lo puede dañar. No use tela de esmeril ni ningún otro abrasivo para la limpieza del eje.
- Para ensamblar el elemento de acople (poleas, rueda dentada, etc.), utilice un dispositivo adecuado de montaje.

En ningún caso golpee el eje ni el elemento acoplado a él, pues se pueden producir daños en los rodamientos.

2.3 Conexión

Para la conexión eléctrica del motor, se recomienda el siguiente procedimiento:

- Si el motor ha estado almacenado por un periodo largo en un lugar húmedo, mida la resistencia de aislamiento del devanado respecto a tierra. Si dicha resistencia resulta menor de 30 MΩ a una temperatura del devanado de 25°C, medida con 500V, o bien, inferior a 1 MΩ a 75°C, medida con 500V, es preciso secar los devanados.
- Compare la tensión de la red con la nominal del motor que se indica en la placa de características. Seleccione los cables de calibres adecuados a la corriente nominal del motor.
- Proteja el motor atendiendo una de las siguientes alternativas:
 - Con guardamotor tipo 3RV, cuya función es proteger el motor contra sobrecarga y cortocircuito por medio de disparadores de sobre-intensidad regulables que se deben graduar exactamente a la intensidad nominal del motor.
 - Mediante interruptores 3MCCB/VF22/ SENTRON 3VL, Contactores 3RT y relés bimetalicos 3RU para obtener protección contra cortocircuito y sobrecarga, permitiendo además control a distancia.
- En lo posible, los cables de alimentación deben llegar a la caja de bornes dentro de tubo flexible de protección, el cual se fijará a ella mediante acople adecuado. Verificar

- que la caja de bornes quede sometida al menor esfuerzo mecánico posible.
- Conecte el motor de acuerdo con el esquema de conexiones que se encuentra adherido a la tapa de la caja de bornes. Al terminar las conexiones coloque nuevamente la tapa y asegúrese de que quede bien cerrada, para garantizar el grado de protección indicado.
- Verifique el sentido de giro del motor.

Lo puede cambiar intercambiando dos de las líneas de alimentación.

3. Mantenimiento

3.1. Advertencia de Seguridad

Antes de efectuar cualquier trabajo sobre el motor, asegúrese de que esté desconectado y que no es posible su reconexión.

3.2 Intervalos de mantenimiento

Es necesario efectuar periódicamente inspecciones para verificar que no haya anomalías que puedan conducir a daños mayores. Como las condiciones de servicio son tan variadas, los periodos de inspección dependen del sitio de instalación, de la frecuencia de maniobras, de la carga, etc.

3.3. Lubricación

Los motores tienen rodamientos rígidos de bolas con dos tapas de protección (tipo 2Z) y prelubricados. Los rodamientos tienen juego interno C3 y su designación está dada en la siguiente tabla:

Tipo	Lado A5	Lado B5
1LA7 071	6203 2Z-C3	6202 2Z-C3
1LA7 080	6004 2Z-C3	6004 2Z-C3
1LA7 090	6205 2Z-C3	6004 2Z-C3
1LA7 112	6206 2Z-C3	6205 2Z-C3
1LA7 132	6208 2Z-C3	6208 2Z-C3
1LA7 160	6209 2Z-C3	6209 2Z-C3
1LA5 180	6210 2Z-C3	6210 2Z-C3
1LA5 200	6212 2Z-C3	6212 2Z-C3
1LA5 225	6213 2Z-C3	6212 2Z-C3

Para montar nuevos rodamientos, en caso de ser necesario, debe tenerse en cuenta su tipo y tamaño. Los rodamientos, se pueden montar a presión mediante dispositivos mecánicos o hidráulicos, o mediante calentamiento en seco.

3.4. Limpieza

En cada inspección debe limpiarse el polvo que se haya acumulado en la superficie externa del motor. Puede usarse para ello aire seco a presión.

3.5. Piezas de repuesto

Al efectuar el pedido de reposición, por favor indique el tipo de motor y el número de fabricación. Información que se encuentra en la carcasa. En la figura anexa se indican las piezas de recambio.

3.6. Disposición final

Al terminar la vida útil del motor tenga en cuenta que:

- Las partes constitutivas hechas de hierro, aluminio, cobre, acero o lamina CR (según el tipo de motor), son 100% reciclables (chatarra)
- Las partes constitutivas hechas de plástico, corresponden al tipo PPS (100% reciclable).
- Las partes constitutivas hechas de caucho sintético pueden enviarse a procesos de vulcanización.

"Trabajemos respetando el medio ambiente".

ANEXO 5 PARÁMETROS ESTABLECIDOS EN EL PANEL DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Modos de puesta en servicio

En la versión estándar, el MICROMASTER 440 cuenta con un SDP (ver Figura 3-2). Este panel permite una aplicación múltiple del convertidor con los preajustes efectuados en fábrica. Si dichos preajustes no se adaptan a las condiciones de su instalación, puede modificarlos con ayuda de los paneles opcionales BOP (ver Figura 3-2) o AOP (ver Figura 3-2). Además, los ajustes de fábrica pueden readaptarse con las herramientas PC-IBN, Drive Monitor o STARTER.

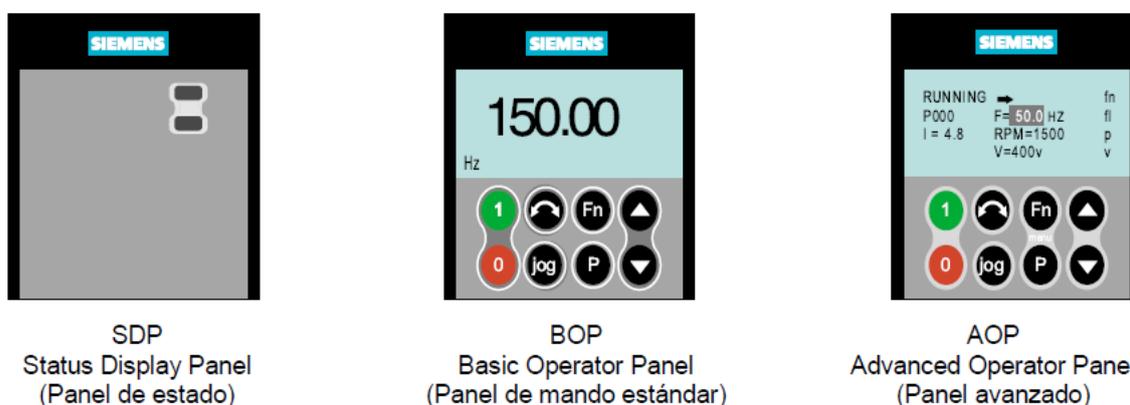


FIGURA 108: Paneles disponibles para los convertidores MICROMASTER 440

Fuente: El autor

ATENCIÓN

Ajuste de frecuencia; el interruptor DIP está ubicado en el panel de control, bajo la Tarjeta de E/S tal y como muestra la Figura 3-3 de abajo. El convertidor se suministra de la forma siguiente:

- Interruptor DIP 2 :
 - ◆ Posición Off:
Ajustes europeos por defecto
(50 Hz, kW etc.)
 - ◆ Posición On:
Ajustes norteamericanos por defecto
(60 Hz, hp etc.)
- Interruptor DIP 1: no para uso del cliente.

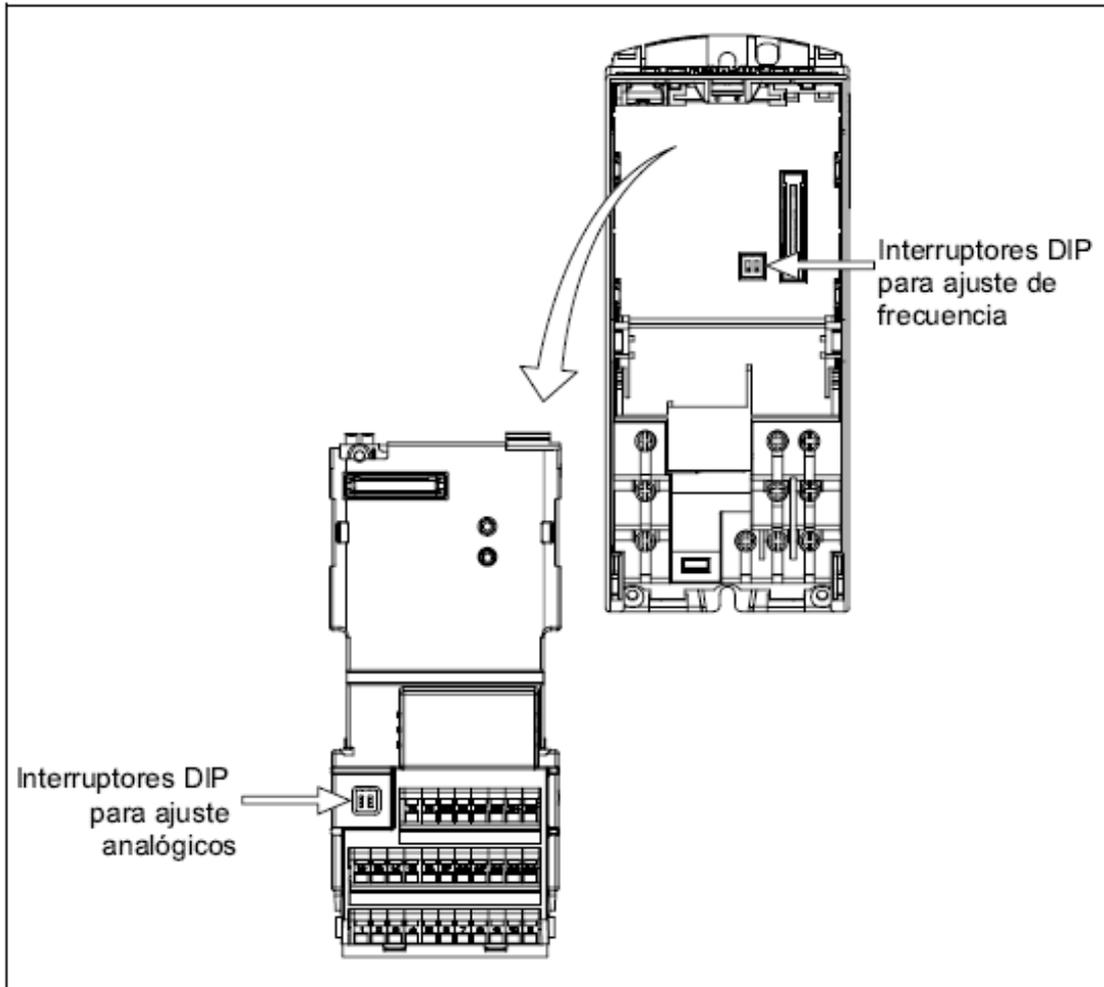


FIGURA 109: Interruptor DIP

Fuente: El autor

Puesta en servicio con el panel SDP

El panel SDP dispone de dos diodos LED frontales que muestran el estado operativo del convertidor.

Al utilizar el SDP, los preajustes del convertidor deben ser compatibles con los siguientes datos del motor:

- _ Potencia nominal del motor
- _ Tensión del motor
- _ Corriente nominal del motor
- _ Frecuencia nominal del motor

(Se recomienda el uso de un motor estándar Siemens).

Además, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- _ Velocidad variable linealmente (U/f), con un potenciómetro analógico.
- _ Velocidad máxima: 3000 r/min a 50 Hz (3600 r/min a 60 Hz); controlada mediante un potenciómetro a través de una entrada analógica del convertidor
- _ Tiempo de aceleración en rampa/tiempo de deceleración en rampa = 10 s.

Los ajustes para aplicaciones complejas deben consultarse en la lista de parámetros. Puesta en servicio con los paneles BOP o AOP.

TABLA 9 Ajustes por defecto para funcionamiento utilizando el panel SDP

	Bornes	Parámetro	Funcionamiento por defecto
Entrada digital 1	5	P0701 = '1'	ON a derechas
Entrada digital 2	6	P0702 = '12'	Invertir
Entrada digital 3	7	P0703 = '9'	Acuse de fallo
Entrada digital 4	8	P0704 = '15'	Frecuencia fijada
Entrada digital 5	16	P0705 = '15'	Frecuencia fijada
Entrada digital 6	17	P0706 = '15'	Frecuencia fijada
Entrada digital 7	Mediante AIN1	P0708 = '0'	Inactiva
Entrada digital 8	Mediante AIN2	P0708 = '0'	Inactiva

Fuente: El autor

Puesta en servicio con el panel BOP

Mediante el panel BOP se pueden modificar los valores de parámetros. Para parametrizar con el panel BOP se debe retirar el SDP y se debe colocar el BOP.

El panel BOP contiene una pantalla de siete segmentos en la que se muestran los números y valores de parámetros, mensajes de alarma y de fallo así como valores de

consigna y valores reales. No es posible el almacenamiento de información de parámetros con el BOP.

La Tabla 3-2 muestra los ajustes por defecto de fábrica para funcionamiento usando el panel BOP.

ATENCIÓN

- Por defecto están bloqueadas las funciones de control del motor del BOP.
- Para controlar el motor mediante el panel BOP, se debe ajustar el parámetro P0700 a 1 y el parámetro P1000 a 1.
- El panel BOP se puede colocar y retirar del convertidor mientras se esté aplicando potencia.
- Si el panel BOP se ha ajustado como control E/S (P0700 = 1), el accionamiento se parará si se retira el panel BOP.

TABLA 10: Ajustes por defecto para funcionamiento mediante panel BOP.

Parámetro	Significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
P0100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, Kw (60 Hz, hp)
P0307	Potencia nominal del motor	Las unidades (Kw o Hp) dependen del ajuste de P0100
P0310	Frecuencia nominal del motor	50 Hz (60 Hz)
P0311	Velocidad nominal del motor	1395 (1680) rpm
P1082	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

Fuente: El autor

Niveles de acceso

Hay tres niveles de acceso disponibles para el usuario: estándar, ampliado y experto. El nivel de acceso se ajusta mediante el parámetro P0003. Para la mayor parte de las aplicaciones bastan los parámetros estándar (P0003 = 1) y ampliados (P0003 = 2).

El número de parámetros que aparecen dentro de cada grupo funcional depende del nivel de acceso ajustado en el parámetro P0003.

Descripción de los parámetros

Nota

Los parámetros de nivel 4 no son visibles con paneles BOP o AOP

r0000	Visualizador accionamiento			Min: -	Nivel:
	Tipo datos: U16	Unidad: -		Def: -	1
	Grupo P: ALWAYS			Máx: -	
	Muestra la visualización seleccionada por el usuario en P0005.				
	Nota:				
	Pulsando el botón "Fn" durante 2 segundos el usuario puede ver los valores de la tensión en el circuito intermedio, la corriente de salida, la frecuencia de salida, la tensión de salida y el ajuste de r0000 elegido (definido en P0005).				
r0002	Estado del accionamiento			Min: -	Nivel:
	Tipo datos: U16	Unidad: -		Def: -	2
	Grupo P: COMMANDS			Máx: -	
	Muestra el est. real del accionamiento				
	Ajustes:				
	0	Modo puesta servicio (P0010 != 0)			
	1	Convertidor listo			
	2	Fallo accionamiento activo			
	3	Conv. amanc. (precarga circ.DC)			
	4	Convertidor funcionando			
	5	Parada (decelerando)			
	Dependencia:				
	El estado 3 sólo se muestra si se está precargando el circuito intermedio y está instalada una tarjeta de comunicaciones alimentada exteriormente.				
P0003	Nivel de acceso de usuario			Min: 0	Nivel:
	EstC: CUT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 1	1
	Grupo P: ALWAYS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 4	
	Define el nivel de acceso a los juegos de parámetros. Para las aplicaciones más simples es suficiente con el ajuste por defecto.				
	Ajustes:				
	0	Lista de parámetros de usuario			
	1	Estándar			
	2	Extendido			
	3	Experto:			
	4	Servicio: Protegido contraseña			
P0004	Filtro de parámetro			Min: 0	Nivel:
	EstC: CUT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 0	1
	Grupo P: ALWAYS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 22	
	Filtra en función de la funcionalidad de los parámetros disponibles para permitir un procedimiento de puesta en servicio más dirigido.				
	Ejemplo:				
	Con P0004 = 22 sólo se visualizan los parámetros del regulador PID.				
	Ajustes:				
	0	Todos los parámetros			
	2	Convertidor			
	3	Motor			
	4	Transductor velocidad			
	5	Technol. aplicación / unidades			
	7	Comandos, I/O binarias			
	8	ADC y DAC			
	10	Canal de consigna / RFG			
	12	Características convertidor			
	13	Control de motor			
	20	Comunicación			
	21	Alarmas/avisos/monitorización			
	22	Tecnología regulador (p.e. PID)			
	Dependencia:				
	Parámetros marcados Puesta en servicio rápida: Si el parámetros sólo puede ser ajustado cuando P0010 = 1 (Puesta en servicio rápida).				
	Nota:				
	Es posible arrancar el convertidor con cualquier ajuste de P004.				

P0005[3]	Selección de la indicación				Min: 2	Nivel: 2
	EstC: CUT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 21		
	Grupo P: FUNC	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 2294		

Selecciona la visualización para el parámetro r0000 (Visualización accionamiento).

Ajustes:

- 21 Frecuencia real
- 25 Tensión de salida
- 26 Tensión circuito intermedio
- 27 Corriente de salida

Indice:

- P0005[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
- P0005[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
- P0005[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Nota:

Estos ajustes sólo se refieren a números de parámetro de sólo lectura (rxxxx).

P0010	Filtro paráms para puesta serv.				Min: 0	Nivel: 1
	EstC: CT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 0		
	Grupo P: ALWAYS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 30		

Filtros de parámetros para que sólo puedan seleccionarse los parámetros relacionados con un grupo funcional.

Ajustes:

- 0 Preparado
- 1 Guía básica
- 2 Convertidor
- 29 Descarga
- 30 Ajustes de fábrica

Dependencia:

Poner a 0 para que el convertidor arranque.

P0003 (Nivel de acceso de usuario) determina también el nivel de acceso a parámetros.

Nota:

Si P3900 no es 0 (0 es el valor por defecto), el parámetro se resetea automáticamente a 0.

P0100	Europa / America del Norte				Min: 0	Nivel: 1
	EstC: C	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 0		
	Grupo P: QUICK	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Si	Máx: 2		

Determina si los ajustes de potencia (p.e. potencia nominal de la placa) se expresan en [kW] o [hp].

Los ajustes por defecto para la frecuencia nominal de la placa de características (P0310) y la frecuencia máxima del motor (P1082) se ajustan aquí automáticamente, además de la consigna de frecuencia (P2000).

Ajustes:

- 0 Europa [kW], 50 Hz
- 1 Norte América [hp], 60 Hz
- 2 Norte América [kW], 60 Hz

Dependencia:

El ajuste de los 2 interruptores DIP bajo la tarjeta I/O determina la validez de los ajustes 0 y 1 para P0100 de acuerdo a la tabla siguiente:

DIP 2 setting	Meaning		P0100 setting	Meaning
OFF	[kW], frequency default 50 [Hz]	overwrites	1	[hp], frequency default 60 [Hz]
ON	[hp], frequency default 60 [Hz]	overwrites	0	[kW], frequency default 50 [Hz]

Primera parada del convertidor (p.e. deshabilitación de todos los pulsos) antes del cambio de este parámetro.

P0010 = 1 (modo puesta en servicio) habilita que los cambios sean hechos.

Cambiando P0100 se borran todos los parámetros nominales del motor así como otros parámetros que dependen de los parámetros nominales del motor (consultar P0340 - calculo de los parámetros del motor).

Nota:

P0100 ajustado a 2 (=> [kW], frecuencia por defecto 60 [Hz]) no es sobrescrito por los ajustes de los 2 interruptores DIP (consultar tabla siguiente).

r0206	Potencia nominal conv. [kW]/[hp]	Min: -	Nivel:
	Tipo datos: Float Unidad: -	Def: -	2
Grupo P: INVERTER			

Muestra la potencia nominal del motor desde el convertidor.

Dependencia:

El valor se muestra en [kW] o [hp] dependiendo del ajuste de P0100 (operación para Europa / Norte América).

r0207	Corriente nominal convertidor	Min: -	Nivel:
	Tipo datos: Float Unidad: A	Def: -	2
Grupo P: INVERTER			

Muestra la máxima intensidad de salida del convertidor.

r0208	Tensión nominal del convertidor	Min: -	Nivel:
	Tipo datos: U32 Unidad: V	Def: -	2
Grupo P: INVERTER			

Muestra la tensión de alimentación nominal AC del convertidor.

Valores:

r0208 = 230 : 200 - 240 V +/- 10 %

r0208 = 400 : 380 - 480 V +/- 10 %

r0208 = 575 : 500 - 600 V +/- 10 %

r0209	Corriente máxima del convertidor	Min: -	Nivel:
	Tipo datos: Float Unidad: A	Def: -	2
Grupo P: INVERTER			

Muestra la máxima intensidad de salida del convertidor.

P0300[3]	Selección del tipo de motor	Min: 1	Nivel:
	EstC: C Tipo datos: U16 Unidad: -	Def: 1	2
Grupo P: MOTOR Activo: Tras Conf. Puesta serv. Si		Máx: 2	

Selecciona el tipo del motor

Este parámetro es necesario durante la puesta en servicio para seleccionar el tipo de motor y optimizar el rendimiento del convertidor. La mayor parte de los motores son de tipo asíncrono; en caso de duda, utilice la fórmula siguiente. (frecuencia nominal del motor (P0310) * 60) / velocidad nominal del motor (P0311)

Si el resultado es un número entero, el motor es de tipo síncrono.

Ajustes:

1 Motor rotativo asíncrono

2 Motor rotativo síncrono

Indice:

P0300[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)

P0300[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)

P0300[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Modificable sólo cuando P0010 = 1 (puesta en servicio rápida).

Si se selecciona motor síncrono, dejarán de estar disponible las siguientes funciones:

Factor de potencia (P0308)

Rendimiento del motor (P0309)

Tiempo magnetización (P0346 (Nivel 3))

Tiempo desmagnetización (P0347 (Nivel 3))

Rearranque al vuelo (P1200, P1202 (Nivel 3), P1203 (Nivel 3))

Frenado DC (P1230 (Nivel 3), P1232, P1233)

Compensación deslizamiento (P1335)

Límite deslizamiento (P1336)

Intensidad magnetización motor (P0320 (Nivel 3))

P0309[3]	Rendimiento nominal del motor			Min: 0.0	Nivel: 2
	EstC: C	Tipo datos: Float	Unidad: %	Def: 0.0	
	Grupo P: MOTOR	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Sí	Máx: 99.9	

Rendimiento nominal del motor en [%] de la placa de características.

Indice:

P0309[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
P0309[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
P0309[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Modificable sólo cuando P0010 = 1 (puesta en servicio rápida).

Visible sólo cuando P0100 = 1, (p.e. potencia motor introducida en [hp]).

El ajuste a 0 motiva el cálculo interno del valor (consultar r0332).

Nota:

100 % = superconductor

Detalles:

Consultar diagrama en P0304 (placa características)

P0310[3]	Frecuencia nominal del motor			Min: 12.00	Nivel: 1
	EstC: C	Tipo datos: Float	Unidad: Hz	Def: 50.00	
	Grupo P: MOTOR	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Sí	Máx: 650.00	

Frecuencia nominal motor [Hz] de la placa de características.

Indice:

P0310[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
P0310[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
P0310[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Modificable sólo cuando P0010 = 1 (puesta en servicio rápida).

Se vuelve a calcular el número de pares de polos si se cambia el parámetro.

Detalles:

Consultar diagrama en P0304 (placa características)

P0311[3]	Velocidad nominal del motor			Min: 0	Nivel: 1
	EstC: C	Tipo datos: U16	Unidad: 1/min	Def: 0	
	Grupo P: MOTOR	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Sí	Máx: 40000	

Velocidad nominal motor [rpm] de la placa de características.

Indice:

P0311[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
P0311[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
P0311[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Modificable sólo cuando P0010 = 1 (puesta en servicio rápida).

El ajuste a 0 motiva el cálculo interno del valor.

Requerido para el control vectorial y el control V/f con regulador de velocidad.

La compensación del deslizamiento en control V/f necesita la velocidad nominal del motor para trabajar correctamente.

Se vuelve a calcular el número de pares de polos si se cambia el parámetro.

Detalles:

Consultar diagrama en P0304 (placa características)

Potencia nominal del motor [kW/hp] de la placa de características.

Indice:

P0307[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
P0307[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
P0307[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Si P0100 = 1 ([kW], frecuencia por defecto 50 Hz), valor estará en [hp] - consultar diagrama P0304 (placa características).

Modificable sólo cuando P0010 = 1 (puesta en servicio rápida).

P0335[3]	Refrigeración del motor			Min: 0	Nivel: 2
	EstC: CT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 0	
	Grupo P: MOTOR	Activo: Tras Conf.	Puesta serv.: Sí	Máx: 3	

Selecciona el sistema de refrigeración utilizado.

Ajustes:

- 0 Autoventilado
- 1 Ventilación forzada
- 2 Auto-vent. y ventilador interno
- 3 Auto-vent. y ventilador interno

Indice:

- P0335[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
- P0335[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
- P0335[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Nota:

Los motores de las series 1LA1 y 1LA8 tienen un ventilador interno. Este ventilador interno no debe ser confundido con el ventilador del extremo del eje del motor.

P0350[3]	Resistencia estator, fase-a-fase			Min: 0.00001	Nivel: 2
	EstC: CUT	Tipo datos: Float	Unidad: Ohm	Def: 4.0	
	Grupo P: MOTOR	Activo: Inmediat.	Puesta serv.: No	Máx: 2000.0	

Valor de la resistencia del estátor en [Ohms] para el motor conectado (de línea a línea). El valor del parámetro incluye la resistencia del cable.

Hay tres formas de determinar el valor de este parámetro:

1. Cálculo utilizando P0340 = 1 (datos introducidos desde la placa de características) o P3900 = 1,2 o 3 (fin de la puesta en servicio rápida)
2. Medida utilizando P1910 = 1 (identificación datos del motor - el valor de la resistencia del estator se reescribe)
3. La medida se realiza manualmente utilizando un Ohmmetro.

Indice:

- P0350[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
- P0350[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
- P0350[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Nota:

Con la medida línea a línea, el valor puede parecer demasiado superior (hasta 2 veces superior) al esperado.

El valor introducido en P0350 (resistencia estátor) es el obtenido por el último metodo utilizado.

P0700[3]	Selección fuente de ordenes			Min: 0	Nivel: 1
	EstC: CT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 2	
	Grupo P: COMMANDS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv.: Sí	Máx: 6	

Selecciona la fuente para la orden digital.

Ajustes:

- 0 Ajuste por defecto de fábrica
- 1 BOP / AOP (teclado)
- 2 Terminal
- 4 USS en conexión BOP
- 5 USS en conexión COM
- 6 CB en conexión COM

Indice:

- P0700[0] : 1er. Juego datos comando(CDS)
- P0700[1] : 2do. Juego datos comando(CDS)
- P0700[2] : 3er. Juego datos comando(CDS)

Nota:

Cambiando este parámetro se resetean (por defecto) todos los ajustes del punto seleccionado. Por ejemplo: Cambiando de 1 a 2 se resetean todas las entradas digitales de los ajustes por defecto.

P0701[3]	Función de la entrada digital 1			Min: 0	Nivel: 2
	EstC: CT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 1	
	Grupo P: COMMANDS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 99	

Selecciona la función de la entrada digital 1.

Ajustes:

- 0 Entrada digital deshabilitada
- 1 ON/OFF1
- 2 ON inverso /OFF1
- 3 OFF2 - parada natural
- 4 OFF3 - deceleración rápida
- 9 Acuse de fallo
- 10 JOG derechas
- 11 JOG izquierda
- 12 Inversión
- 13 MOP subida (incremento frec.)
- 14 MOP bajada (decremento frec.)
- 15 Frec. fija (selección directa)
- 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA)
- 17 Frec. fija (sel. bin. + MARCHA)
- 25 Act. freno inyecc.corr.continua
- 29 Fallo externo
- 33 Deshabil. cna. frec. adicional
- 99 Habil. parametrización BICO

Indice:

- P0701[0] : 1er. Juego datos comando(CDS)
- P0701[1] : 2do. Juego datos comando(CDS)
- P0701[2] : 3er. Juego datos comando(CDS)

Dependencia:

Ajustando 99 (habilita parametrización BICO) requiere P0700 (origen orden) o P3900 (fin de la puesta en servicio rápida) = 1, 2 o P0970 (reset fábrica) = 1 para conseguir el reset.

Nota:

Ajuste 99 (BICO) sólo para usuarios expertos.

P0702[3]	Función de la entrada digital 2			Min: 0	Nivel: 2
	EstC: CT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 12	
	Grupo P: COMMANDS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 99	

Selecciona la función de la entrada digital 2.

Ajustes:

- 0 Entrada digital deshabilitada
- 1 ON/OFF1
- 2 ON inverso /OFF1
- 3 OFF2 - parada natural
- 4 OFF3 - deceleración rápida
- 9 Acuse de fallo
- 10 JOG derechas
- 11 JOG izquierda
- 12 Inversión
- 13 MOP subida (incremento frec.)
- 14 MOP bajada (decremento frec.)
- 15 Frec. fija (selección directa)
- 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA)
- 17 Frec. fija (sel. bin. + MARCHA)
- 25 Act. freno inyecc.corr.continua
- 29 Fallo externo
- 33 Deshabil. cna. frec. adicional
- 99 Habil. parametrización BICO

Indice:

- P0702[0] : 1er. Juego datos comando(CDS)
- P0702[1] : 2do. Juego datos comando(CDS)
- P0702[2] : 3er. Juego datos comando(CDS)

Detalles:

Consultar P0701 (función de la entrada digital 1).

P0703[3]	Función de la entrada digital 3	Min: 0	Nivel:
EstC: CT	Tipo datos: U16	Def: 9	2
Grupo P: COMMANDS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No Máx: 99	

Selecciona la función para la entrada digital 3.

Ajustes:

- 0 Entrada digital deshabilitada
- 1 ON/OFF1
- 2 ON inverso /OFF1
- 3 OFF2 - parada natural
- 4 OFF3 - deceleración rápida
- 9 Acuse de fallo
- 10 JOG derechas
- 11 JOG izquierda
- 12 Inversión
- 13 MOP subida (incremento frec.)
- 14 MOP bajada (decremento frec.)
- 15 Frec. fija (selección directa)
- 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA)
- 17 Frec. fija (sel. bin. + MARCHA)
- 25 Act. freno inyecc.corr.continua
- 29 Fallo externo
- 33 Deshabil. cna. frec. adicional
- 99 Habil. parametrización BICO

Indice:

- P0703[0] : 1er. Juego datos comando(CDS)
- P0703[1] : 2do. Juego datos comando(CDS)
- P0703[2] : 3er. Juego datos comando(CDS)

Detalles:

Consultar P0701 (función de la entrada digital 1).

P0704[3]	Función de la entrada digital 4	Min: 0	Nivel:
EstC: CT	Tipo datos: U16	Def: 15	2
Grupo P: COMMANDS	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No Máx: 99	

Selecciona la función para la entrada digital 4.

Ajustes:

- 0 Entrada digital deshabilitada
- 1 ON/OFF1
- 2 ON inverso /OFF1
- 3 OFF2 - parada natural
- 4 OFF3 - deceleración rápida
- 9 Acuse de fallo
- 10 JOG derechas
- 11 JOG izquierda
- 12 Inversión
- 13 MOP subida (incremento frec.)
- 14 MOP bajada (decremento frec.)
- 15 Frec. fija (selección directa)
- 16 Frec. fija (sel. dir. + MARCHA)
- 17 Frec. fija (sel. bin. + MARCHA)
- 25 Act. freno inyecc.corr.continua
- 29 Fallo externo
- 33 Deshabil. cna. frec. adicional
- 99 Habil. parametrización BICO

Indice:

- P0704[0] : 1er. Juego datos comando(CDS)
- P0704[1] : 2do. Juego datos comando(CDS)
- P0704[2] : 3er. Juego datos comando(CDS)

Detalles:

Consultar P0701 (función de la entrada digital 1).

P0970	Reposición a valores de fabrica			Min: 0	Nivel: 1
	EstC: C	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 0	
	Grupo P: PAR_RESET	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. No	Máx: 1	

P0970 = 1 resetea todos los parámetros a sus valores por defecto.

Ajustes:

- 0 Deshabilitado
- 1 Borrado parámetros

Dependencia:

Primer ajuste P0010 = 30 (ajuste de fábrica)

Parada convertidor (p.e. deshabilitación todos los pulsos) previo a que se puedan resetear a los parámetros por defecto.

Nota:

Los parámetros siguientes conservan sus valores después de un reset de fábrica: P0918 (dirección CB), P2010 (velocidad USS) y P2011 (dirección USS)

P1000[3]	Selecc. consigna de frecuencia			Min: 0	Nivel: 1
	EstC: CT	Tipo datos: U16	Unidad: -	Def: 2	
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Sí	Máx: 77	

Selecciona la fuente de consigna de frecuencia. En la tabla de posibles ajustes de abajo, la consigna principal se selecciona desde el dígito menos significativo (p.e., 0 a 6) y cualquier consigna adicional desde el dígito más significativo (i.e., x0 a través de x6).

Ejemplo:

Ajustando a 12 se selecciona la consigna principal (2) derivada de la entrada analógica con la consigna adicional (1) tomada desde el potenciómetro.

Ajustes:

- 1 Consigna motor potenciómetro Entrada analogica 2 (ADC 2)
- 3 Consigna frecuencia fija
- 4 USS en enlace BOP
- 5 USS en enlace COM
- 6 CM en enlace COM

Otros ajustes incluyendo una consigna adicional pueden seleccionarse utilizando la tabla anterior.

Ajustes:

- 0 No main setpoint
- 2 Analog setpoint
- 4 USS on BOP link
- 5 USS on COM link
- 6 CB on COM link
- 7 Analog setpoint 2
- 20 No main setp. + Analog setp.
- 22 Analog setpoint + Analog setp.
- 24 USS on BOPlink + Analog setp.
- 25 USS on COMlink + Analog setp.
- 26 CB on COMlink + Analog setp.
- 27 Analog setp. 2 + Analog setp.
- 40 No main setp. + USS on BOPlink
- 42 Analog setpoint + USS on BOPlink
- 44 USS on BOPlink + USS on BOPlink
- 45 USS on COMlink + USS on BOPlink
- 46 CB on COMlink + USS on BOPlink
- 47 Analog setp. 2 + USS on BOPlink
- 50 No main setp. + USS on COMlink
- 52 Analog setpoint + USS on COMlink
- 54 USS on BOPlink + USS on COMlink
- 55 USS on COMlink + USS on COMlink
- 56 CB on COMlink + USS on COMlink
- 57 Analog setp. 2 + USS on COMlink
- 60 No main setp. + CB on COMlink
- 62 Analog setpoint + CB on COMlink
- 64 USS on BOPlink + CB on COMlink
- 65 USS on COMlink + CB on COMlink
- 66 CB on COMlink + CB on COMlink
- 67 Analog setp. 2 + CB on COMlink
- 70 No main setp. + Analog setp. 2
- 72 Analog setpoint + Analog setp. 2
- 74 USS on BOPlink + Analog setp. 2
- 75 USS on COMlink + Analog setp. 2
- 76 CB on COMlink + Analog setp. 2
- 77 Analog setp. 2 + Analog setp. 2

Indice:

- P1000[0] : 1er. Juego datos comando(CDS)
- P1000[1] : 2do. Juego datos comando(CDS)
- P1000[2] : 3er. Juego datos comando(CDS)

Nota:

Los dígitos individuales indican la consigna principal que no tienen consigna adicional.

P1001[3]	Frecuencia fija 1			Min: -650.00	Nivel: 2
	EstC: CUT	Tipo datos: Float	Unidad: Hz	Def: 0.00	
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Inmediat.	Puesta serv. No	Máx: 650.00	

Define la consigna de la frecuencia fija 1.

Hay 3 tipos de frecuencia fijas:

1. Selección de dirección
2. Selección de dirección + orden ON
3. Selección código binario + orden ON

1. Selección dirección (P0701 - P0706 = 15) En este modo de trabajo 1 entrada digital selecciona 1 frecuencia fija. Si varias entradas se activan conjuntamente, las frecuencias seleccionadas se suman. P.e.: FF1 + FF2 + FF3 + FF4 + FF5 + FF6.
2. Selección dirección + orden ON (P0701 - P0706 = 16) La selección de la frecuencia fija combina las frecuencias fijas con el orden ON. En este modo de trabajo la entrada digital 1 selecciona la frecuencia fija 1. Si varias entradas se activan conjuntamente, la frecuencia seleccionada se suma. P.e.: FF1 + FF2 + FF3 + FF4 + FF5 + FF6.
3. Selección de código binario + orden ON (P0701 - P0706 = 17) Hasta 16 frecuencias fijas pueden ser seleccionada utilizando este método. Las frecuencias fijas se seleccionan de acuerdo a la tabla siguiente:

		DIN4	DIN3	DIN2	DIN1
	OFF	Inactive	Inactive	Inactive	Inactive
P1001	FF1	Inactive	Inactive	Inactive	Active
P1002	FF2	Inactive	Inactive	Active	Inactive
P1003	FF3	Inactive	Inactive	Active	Active
P1004	FF4	Inactive	Active	Inactive	Inactive
P1005	FF5	Inactive	Active	Inactive	Active
P1006	FF6	Inactive	Active	Active	Inactive
P1007	FF7	Inactive	Active	Active	Active
P1008	FF8	Active	Inactive	Inactive	Inactive
P1009	FF9	Active	Inactive	Inactive	Active
P1022	FF10	Active	Inactive	Active	Inactive
P1011	FF11	Active	Inactive	Active	Active
P1012	FF12	Active	Active	Inactive	Inactive
P1013	FF13	Active	Active	Inactive	Active
P1014	FF14	Active	Active	Active	Inactive
P1015	FF15	Active	Active	Active	Active

Indice:

- P1001[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)
- P1001[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)
- P1001[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Selecciona la operación a frecuencia fija (utilizando P1000).

El convertidor necesita una orden de ON para arrancar en el caso de selección directa (P0701 - P0706 = 15)

Nota:

Las frecuencias fijas pueden seleccionarse utilizando las entradas digitales

P1002[3]	Frecuencia fija 2				Min: -650.00	Nivel:
	EstC: CUT	Tipo datos: Float	Unidad: Hz		Def: 5.00	2
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Inmediat.	Puesta serv. No		Máx: 650.00	

Define la consigna de frecuencia fija 2.

Indice:

P1135[3]	Tiempo deceleración OFF3				Min: 0.00	Nivel:
	EstC: CUT	Tipo datos: Float	Unidad: s		Def: 5.00	2
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Sí		Máx: 650.00	

Define el tiempo de deceleración desde la frecuencia máxima hasta el punto muerto para una orden OFF3.

Indice:

P1135[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)

P1135[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)

P1135[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Nota:

Este tiempo puede ser excedido si el VDC_max. se alcanza el nivel.

P1003[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Detalles:

Consultar parámetro P1001 (frecuencia fija 1).

P1004[3]	Frecuencia fija 4				Min: -650.00	Nivel:
	EstC: CUT	Tipo datos: Float	Unidad: Hz		Def: 15.00	2
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Inmediat.	Puesta serv. No		Máx: 650.00	

Define la consigna de frecuencia fija 4.

Indice:

P1004[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)

P1004[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)

P1004[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Detalles:

P1080[3]	Frecuencia mínima				Min: 0.00	Nivel:
	EstC: CUT	Tipo datos: Float	Unidad: Hz		Def: 0.00	1
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Inmediat.	Puesta serv. Sí		Máx: 650.00	

Ajusta la frecuencia mínima del motor [Hz] a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia.

Indice:

P1080[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)

P1080[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)

P1080[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Nota:

El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antihoraria.

Bajo ciertas condiciones (p.e. aceleración, limitación intensidad), el motor puede arrancar por debajo de la frecuencia mínima.

P1082[3]	Frecuencia máx.				Min: 0.00	Nivel:
	EstC: CT	Tipo datos: Float	Unidad: Hz		Def: 50.00	1
	Grupo P: SETPOINT	Activo: Tras Conf.	Puesta serv. Sí		Máx: 650.00	

Ajusta la frecuencia de motor máxima [Hz] a la cual el motor funcionará independientemente de la consigna de frecuencia.

Indice:

P1082[0] : 1er. Juego datos accionam.(DDS)

P1082[1] : 2do. Juego datos accionam.(DDS)

P1082[2] : 3er. Juego datos accionam.(DDS)

Dependencia:

Limitada internamente a 200 Hz o 5 * frecuencia nominal del motor (P0305) cuando P1300 >= 20 (modo de control = control vectorial). El valor se muestra en el r0209 (frecuencia máxima)

Nota:

El ajuste de este valor es válido para ambos sentidos de rotación horaria y antihoraria.

La máxima frecuencia de salida del convertidor puede ser sobrepasada si se activa algo de lo siguiente:

Slip compensation = $f_{max} + f_{slipcomp\ max}$

or

Flying restart = $f_{max} + f_{slipnom}$

Nota:

Velocidad motor máxima está sujeta a la limitaciones mecánicas.

ANEXO 6 ANÁLISIS ECONÓMICO

Costo de materiales

Costo de la máquina

El molino – triturador TRAPP TRF 300 tiene un costo de 1200 USD (mil doscientos dólares americanos) el cual contiene:

- Un eje en el que constan dos cuchillas, 10 martillos móviles y una polea de 10 cm de diámetro.
- 2 correas de transmisión tipo trapezoidales o en “V” A – 45.
- Una polea suelta que se acopla al eje del motor de 10 cm de diámetro.
- Una tolva con una capacidad de hasta 13 litros.
- 5 tamices (4 para el molido y una lisa para el triturado).
- 1 kit manual.

Motor eléctrico

TABLA 11: Costo de motor eléctrico

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Motor trifásico 3.0HP 3375RPM 220/440V	1	255.00	255.00
Cable Sucre 12x4	3m	3.61	10.83
Subtotal 1			265.83

Fuente: El autor

Variador de frecuencia

TABLA 12: Costo de Variador de Frecuencia

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Panel programación standar MM420/440 Siemens	1	43.00	43.00
Variador de frecuencia Micromaster 440 3HP 220V	1	570.00	570.00
Subtotal 2			613.00

Fuente: El autor

Circuito de fuerza y de control (Tablero eléctrico)

TABLA 13: Costo de tablero electrónico y sus componentes

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Gabinete 40x40x20	1	45.75	45.75
Canaleta plástica ranurada	1	4.92	4.92
Riel DIN	1	3.35	3.35
Prensa estopa	2	0.58	1.16
Barra borneras 20 ^a	1	1.32	1.32
Remaches	15	0.1	1.5
Interruptor diferencial CAMSCO	1	23.94	23.94
Portafusibles	2	4	8
Fusibles	2	1.5	3
Contactador AC-1Chint 12A 220V	1	16.52	16.52
Luz piloto	1	2.67	2.67
Pulsador NA	1	15	15
Pulsador NC	1	15	15
Cable flexible 18AWG	8m	0.32	2.56
Cable flexible 12AWG	5m	0.6	3.00
Selector Chint 3 posiciones	1	8.50	8.50
Etiquetas	72	0.1	7.2
Terminal pin 18AWG	40	0.12	4.8
Terminal pin 12AWG	45	0.12	5.4
Interruptor ojo de cangrejo	1	1.12	1.12
Cable sucre 12x2	3m	1.83	5.49
Plaquetas	3	0.2	0.6
Amarras	3	0.1	0.3
Espaguete	2	0.1	0.2
Tacómetro digital display rojo	1	100	100
Encoder o sensor de proximidad	1	150	150
Subtotal 3			431.30

Fuente: El autor

Costo total de materiales = Máquina trituradora + Subtotal 1 + Subtotal 2 + Subtotal 3

Costo total de materiales = \$ 2510.13

TABLA 14: Costo de elaboración

OPERACIÓN	TIEMPO (minutos)	COSTO (USD/min)	TOTAL
Taladro manual	15	0.1	1.5
Sierra manual	20	0.2	4
Remachadora	10	0.1	1
Amolado	2	0.1	0.2
Atornillado	40	0.1	4
Utilización de herramientas (peladora de cables, pinza, cuchilla, etc.)	240	0.1	24
Amoladora	10	0.4	4
Subtotal 4			38.7

Fuente: El autor

Costo de elaboración: \$ 38.7

Costo total de fabricación = Costo total de materiales + Costo de elaboración

Costo total de fabricación = \$ 2548.83

Costos de investigación y papelería

TABLA 15: Costos de investigación y papelería

DESCRIPCIÓN	VALOR
Internet	100
Viajes	25
Impresiones borradores	150
Impresiones empastados	75

Fuente: El autor

Costo total de investigación y papelería = \$ 350

Costo total de la realización del trabajo de grado (CT)

CT = Costo total de fabricación + Costo total de investigación y papelería

CT = \$ 2898.83

Tiempo de recuperación del capital

Un saco de abono orgánico que contiene una masa de 80 lb equivalentes a 36,363 Kg tiene un precio de alrededor de 6 USD (seis dólares estadounidenses) en el mercado.

La producción máxima de la máquina molino – triturador TRAPP TRF 300 es de 1000 Kg / h (mil kilogramos por cada hora). La máquina funcionará durante aproximadamente 3 horas al día, lo cual significa que se obtendrá 3000 Kg.

De los 3000 Kg la mitad será empleado para abono en el sector y la otra mitad para posible venta de abono orgánico hacia los demás sectores. Lo que significa que 1500 Kg serán empleados para recuperación de capital.

A partir de los 1500 Kg se obtendrá alrededor de 42 sacos, es decir se obtendrá un capital de 252 USD. Si se logra vender esta cantidad mensualmente resulta que el costo total de fabricación = \$ 2548,83 serán recuperados en 10 meses aproximadamente.

**ANEXO 7 PLANOS DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTROL Y
ARQUITECTURA DEL TABLERO**