

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS

**MEJORAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL PARA EL
FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE LA TRITURADORA
DE PIEDRA MARCA MINYU CON POTENCIA DE 500 KW CON
UN VOLUMEN DE PRODUCCION DE 200 TPH, LOCALIZADA EN
LA CIUDAD DE CHAGUARPAMBA, PROVINCIA DE LOJA.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO EN
ELECTROMECHANICA**

HECTOR ARMANDO JACOME ZAMBRANO
hajz111984@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS EDUARDO POSSO JATIVA
possojativa@hotmail.com

Quito, Abril, 2014

DECLARACIÓN

Yo, Héctor Armando Jácome Zambrano, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Héctor Armando Jácome Zambrano
C.C. 1719323402

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. **HÉCTOR ARMANDO JÁCOME ZAMBRANO**, bajo mi supervisión.

Ing. CARLOS POSSO JÁTIVA
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por guiarme día a día y permitirme cumplir con mis metas y anhelos, y darme la fortaleza espiritual necesaria que me permite desarrollar cada día mejor como ser humano.

Al Ing. Carlos Posso, por compartir su conocimiento, asesorar y direccionar, lo cual ha hecho posible la culminación de la presente investigación.

Héctor A. Jácome Z.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios a mis padres, hermana y mi novia por su apoyo y cariño incondicional, quienes son el pilar fundamental de mi vida, y supieron guiarme con humildad y sencillez por el camino del esfuerzo y la superación.

Quienes fomentaron bases primordiales y me enseñaron que las cosas se las obtiene con esfuerzo y trabajo, y que de esta manera se pueden alcanzar y cumplir con sueños y metas, personales y profesionales.

Héctor Jácome Z.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

HISTORIA Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE TRITURACIÓN DE PIEDRA	1
DEFINICIONES GENERALES.....	1
TRITURACIÓN	1
TRITURADORA.....	1
1.1 HISTORIA	1
1.2 TIPO DE TRITURADORAS	8
1.2.1 TRITURADORA DE MANDÍBULA	8
1.2.2 TRITURADORA DE CONO	11
1.2.2.1 TRITURADORA DE CONO RESORTE	13
1.2.2.2 TRITURADORA DE CONO HIDRÁULICA.....	14
1.2.3 TRITURADORA DE IMPACTO O DE TIPO EUROPEO	15
1.2.3.1 TRITURADORA DE IMPACTO HIDRÁULICA	17
1.2.3.2 TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL	18
1.2.3.3 TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL CON CÁMARA PROFUNDA	19
1.2.3.4 TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE HORIZONTAL.....	20
1.2.4 TRITURADORA DE RODILLOS.....	21
1.3 PROCESO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA	22
1.3.1 ETAPA PRIMARIA.....	23
ALIMENTADOR VIBRATORIO	23
1.3.2 ETAPA SECUNDARIA.....	24
1.3.3 ETAPA TERCIARIA.....	24
ZARANDA VIBRATORIA (CRIBA).....	25
1.1 UBICACIÓN DE LA TRITURADORA DE PIEDRA MARCA MINYU.....	26

CAPITULO II

DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	28
INTRODUCCIÓN.....	28

2.1	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL.....	30
	RELÉ AUXILIAR.....	30
	CONTACTOR.....	31
	RELÉ TÉRMICO.....	33
	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC).....	34
	BREAKERS.....	35
	BREAKER DE CAJA MOLDEADA.....	35
	BREAKER MAGNÉTICO TÉRMICO.....	36
	LUZ PILOTO.....	37
	PULSADORES.....	38
	AISLADORES.....	39
	BARRA DE COBRE.....	40
	BORNERAS DE CONTROL.....	41
	TRANSFORMADOR DE CONTROL.....	42
	ARRANCADOR SUAVE.....	42
2.1.1	SOFTWARE DE DIMENSIONAMIENTO Y PARAMETRIZACIÓN DE LOS ARRANCADORES.....	43
	VARIADOR DE VELOCIDAD.....	51
2.2	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.....	54
2.3	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA PRIMARIA.....	59
2.4	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA SECUNDARIA.....	63
2.5	DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA TERCIARIA.....	66
	REACTANCIA.....	70
	FUSIBLE ULTRA RAPIDO.....	71
2.6	DISEÑO DE LA CONSOLA.....	72

CAPITULO III

PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE Y DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL. 75

3.1	MANEJO DEL SOFTWARE DEL PLC.....	75
-----	----------------------------------	----

3.1.1	CARACTERISTICAS DEL PLC LOGO Y SU PROGRAMACIÓN	76
3.1.1.1	HARDWARE REQUERIDO	77
3.1.1.2	PROGRAMACIÓN DEL PLC LOGO! 230RC.....	77
3.1.1.3	CREACIÓN DE UN NUEVO PROGRAMA DEL PLC LOGO! 230RC	77
3.1.1.4	PROGRAMACIÓN DEL PLC LOGO! 230 RC DE FORMA MANUAL	86
3.2	PROGRAMACIÓN DEL ARRANCADOR SUAVE WEG SSW03	89
3.3	PROGRAMACIÓN DEL ARRANCADOR SUAVE WEG SSW04	93
3.4	PROGRAMACIÓN DEL ARRANCADOR SUAVE WEG SSW05	97
3.5	PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA WEG CFW09	101
3.6	DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL.....	109
3.6.1	ARRANQUE DE LOS MOTORES DE LA TRITURADORA.....	110
3.6.2	DETALLE DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA PARA LA TRITURADORA DE PIEDRA MARCA MINYU.....	113
3.6.2.1	FUNCIONAMIENTO MANUAL	114

CAPITULO IV

	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y FUERZA.....	116
4.1	DISEÑO DE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL.....	121
4.2	DISEÑO DE LOS DIAGRAMAS DE FUERZA.....	149
4.3	DISEÑO DE LA TABLA DE FIJACIÓN.....	154

CAPITULO V

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
5.1	CONCLUSIONES.....	156
5.2	RECOMENDACIONES.....	157

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. 1: Trituración con mazos realizadas por personas.	2
Figura 1. 2: Principio de martinete usado en el año 1830 para triturar.	3
Figura 1. 3: Trituradora de mandíbula tipo Blake.	3
Figura 1. 4: Trituradora giratoria modern.	4
Figura 1. 5: Trituradora giratoria Telsmith.	5
Figura 1. 6: Trituradora de martillo.	6
Figura 1. 7: Trituradora giratoria de 72 pulgadas de apertura.	7
Figura 1. 8: Rodillos trituradores de baja velocidad.	7
Figura 1. 9: Tipos de trituradora de mandíbula.	9
Figura 1. 10: Trituradora de mandíbula de doble efecto.	11
Figura 1. 11: Sección de una trituradora giratoria.	13
Figura 1. 12: Trituradora de cono resorte.	14
Figura 1. 13: Trituradora de cono hidráulica.	15
Figura 1. 14: Trituradora de impacto, partes constitutivas.	16
Figura 1. 15: Trituradora de impacto hidráulica.	17
Figura 1. 16: Trituradora de impacto de eje vertical.	18
Figura 1. 17: Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda.	19
Figura 1. 18: Trituradora de impacto de eje horizontal.	21
Figura 1. 19: Trituradora de rodillos.	22
Figura 1. 20: Extracción de la piedra de río.	22
Figura 1. 21: Alimentador vibratorio.	24
Figura 1. 22: Criba vibratoria.	25
Figura 1. 23: Esquema de instalación de la trituradora de piedra.	26
Figura 1. 24: Ubicación de las máquinas de la trituradora de piedra.	27

CAPITULO II

Figura 2. 1: Fotos del modelo de los tableros utilizados en el proyecto.	30
Figura 2. 2: Relé auxiliar o de mando.	31
Figura 2. 3: Contactor utilizado en el diseño de los tableros de control.	32
Figura 2. 4: Relé térmico usado en el diseño de control.	33
Figura 2. 5: Logo! 230RC con módulo de expansión utilizado en el tablero de control.	35

Figura 2. 6: Breaker de caja moldeada utilizado en los tableros de control para proteger los motores.....	36
Figura 2. 7: Breaker magnético térmico utilizado para el comando del sistema de control.....	37
Figura 2. 8: Varios colores de luz piloto usados a nivel industrial.....	38
Figura 2. 9: Pulsadores de montaje saliente simple y doble y tipo hongo.....	39
Figura 2. 10: Aisladores utilizados para colocar las barras de cobre.....	40
Figura 2. 11: Barra de cobre utiliza en el armado del sistema de fuerza de los tableros.	41
Figura 2. 12: Bornera de conexión utilizada en el diseño de control eléctrico.	41
Figura 2. 13: Transformador utilizado para control industrial.....	42
Figura 2. 14: Ingreso al software de dimensionamiento WEG.....	44
Figura 2. 15: Ingreso y especificaciones del software de dimensionamiento WEG.	45
Figura 2. 16: Ingreso de los datos del motor en el software de dimensionamiento WEG.	46
Figura 2. 17: Ingreso de otros datos del motor necesarios para el dimensionamiento WEG.....	47
Figura 2. 18: Ingreso de los parámetros de torque del motor.	48
Figura 2. 19: Ingreso de los valores de los datos de aplicación del motor al software.	49
Figura 2. 20: Ingreso de los valores de los datos generales en el software de dimensionamiento.....	50
Figura 2. 21: Resultado obtenido en el dimensionamiento de los arrancadores.....	51
Figura 2. 22: Modelo un variador de frecuencia WEG (CFW09)	52
Figura 2. 23: Plano de montaje tablero de control.....	55
Figura 2. 24: Canaleta y riel din a utilizar en los tableros de control.....	55
Figura 2. 25: Arrancadores suaves y breakers de caja moldeada utilizados en el diseño.....	56
Figura 2. 26: Barra de cobre perforada con su respectivo aislador.	57
Figura 2. 27: PLC, breakers de control relé auxiliar y borneras de control que van en el tablero.	57
Figura 2. 28: Transformador utilizado para control industrial.....	58
Figura 2. 29: Pulsadores y luces piloto a utilizar. Todos de 22 mm.	58
Figura 2. 30: Esquema de ubicación de las botoneras y luces piloto del tablero de control.....	59
Figura 2. 31: Plano de montaje tablero de la trituradora primaria (Muela).	60
Figura 2. 32: Arrancador suave SSW03, contactor con relé termico y breakes de caja moldeada usados en este tablero de control.....	61

Figura 2. 33: Relé auxiliar de 3 polos y borneras de control.....	62
Figura 2. 34: Esquema del montaje de los pulsadores en la puerta del tablero trituradora primaria.	63
Figura 2. 35: Plano de montaje del tablero de la trituradora de secundaria (Cono).	64
Figura 2. 36: Esquema de montaje de los pulsadores en la puerta del tablero de la trituradora secundaria.....	66
Figura 2. 37: Plano de montaje para el tablero de la trituradora terciaria.	67
Figura 2. 38: Plano de montaje del variador para la trituradora terciaria.	68
Figura 2. 39: Inductancias y fusibles ultra rápidos.....	69
Figura 2. 40: Esquema de montaje de los pulsadores y luces piloto de la trituradora terciaria.....	72
Figura 2. 41: Plano montaje de la consola de mando a distancia.....	73
Figura 2. 42: Plano montaje de los pulsadores de la consola de mando a distancia. ..	73
Figura 2. 43: Aparatos de medición, pulsadores y luces piloto en la consola de mando a distancia.	74

CAPITULO III

Figura 3. 1: Vista general del PLC LOGO! 230RC.	75
Figura 3. 2: PLC con su expansión DM8 230R.	76
Figura 3. 3: Se muestra como ingresar con LOGO! Soft Comfort V7.0	78
Figura 3. 4: Ventana donde se muestra para colocar nombre al programa del LOGO.79	
Figura 3. 5: Pantalla del software listo para comenzar a programar.....	80
Figura 3. 6: Herramientas básicas para programar.	81
Figura 3.7: Añadir comentario al comando entrada (I).	82
Figura 3.8: Vista en pantalla del nombre de la entrada (I).	82
Figura 3. 9: Conexión de una entrada "I" con un bloque y una salida "Q".	83
Figura 3. 10: Insertar y editar una función especial.....	84
Figura 3. 11: Vista de simulación del programa realizado.	85
Figura 3. 12: Visualización de cómo guardar y transferir el programa.	85
Figura 3. 13: Pantalla de NO PROGRAM en el LOGO! 230RC.....	86
Figura 3. 14: Indicación que se puede programar en el LOGO! 230RC.	86
Figura 3. 15: Indicación para ingresar a EDIT en el LOGO! 230RC.	87
Figura 3. 16: Indicación de la salida digital Q1 y el desplazamiento del cursor.	87
Figura 3. 17: Indicación de las funciones del LOGO! 230RC.	88
Figura 3. 18: Indicación de ingreso de la entrada digital I1 en el LOGO! 230RC.....	88
Figura 3. 19: Método de ingreso de un temporizador en el LOGO! 230RC.	89

Figura 3. 20: Indicación de LOGO! 230RC en funcionamiento.....	89
Figura 3. 21: Descripción del display del Soft Starter SSW03.....	90
Figura 3. 22: Descripción del display del Soft Starter SSW 04.....	94
Figura 3. 23: Descripción del Soft Starter SSW05.....	98
Figura 3. 24: Potenciómetro de ajuste de tensión inicial.	99
Figura 3. 25: Potenciómetro de la rampa de aceleración.	99
Figura 3. 26: Potenciómetro del ajuste de la corriente del motor.....	100
Figura 3. 27: Descripción del HMI del Soft Starter SSW05.....	100
Figura 3. 28: Partes constitutivas del variador de frecuencia WEG CFW09.	102
Figura 3. 29: Descripción del interfaz HMI del variador de frecuencia CFW09 WEG.	103
Figura 3. 30: Secuencia de arranque de los motores de la trituradora de piedra.....	111
Figura 3. 31: Secuencia de arranque de los motores de la trituradora de piedra.....	112
Figura 3. 32: Tableros de control de la trituradora de piedra marca MINYU.	114

CAPITULO IV

Figura 4.1: Diagrama de conexión de los transformadores de control.....	122
Figura 4.2: Diagrama de conexión de las entradas (I) del PLC.	123
Figura 4.3: Diagrama de conexión de las entradas (I) del PLC continuación.	124
Figura 4.4: Diagrama de conexión de las entradas (I) del PLC continuación.	125
Figura 4.5: Diagrama de conexión de las entradas (I) del PLC y sensores exteriores.	126
Figura 4.6: Diagrama de conexión de las salidas (Q) del PLC.	127
Figura 4.7: Diagrama de conexión de las salidas (Q) del PLC continuación.	128
Figura 4.8: Diagrama de conexión de las luces piloto.	130
Figura 4.9: Diagrama de conexión de las luces piloto continuación.	131
Figura 4.10: Diagrama de control de arranque directo.	132
Figura 4.11: Diagrama de conexión señal de habilitación arrancadores suaves SSW 05.	134
Figura 4.12: Diagrama de la señal digital de habilitación de los arrancadores suaves SSW 03 y SSW 04.....	135
Figura 4.13: Diagrama de control alimentación electrónica arrancadores suaves.	136
Figura 4.14: Diagrama de control alimentación electrónica arrancadores suaves.	137
Figura 4.15: Diagrama de control de la tarjeta electrónica del variador de frecuencia CFW 09.	139

Figura 4.16: Diagrama de control de los pulsadores y sensores utilizados en el variador de frecuencia CFW 09.	140
Figura 4.17: Diagrama de control del arranque de la lubricadora y luces de señalización del variador.	141
Figura 4.18: Diagrama de control de los pulsadores de la consola de mando a distancia.	143
Figura 4.19: Diagrama de control de los pulsadores de la consola de mando a distancia parte 2.	144
Figura 4.20: Diagrama de control de los pulsadores de la consola de mando a distancia parte 3.	145
Figura 4.21: Diagrama de control de los pulsadores de la consola de mando a distancia parte 4.	146
Figura 4.22: Diagrama de control de las luces de señalización de la consola de mando a distancia.	147
Figura 4.23: Diagrama de control de las luces de señalización de la consola de mando a distancia parte 2.	148
Figura 4.24: Diagrama de fuerza de la trituradora de piedra.	150
Figura 4.25: Diagrama de fuerza de la trituradora de piedra.	151
Figura 4.26: Diagrama de fuerza de la trituradora de piedra.	152
Figura 4.27: Diagrama de fuerza de la trituradora de piedra.	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Datos de placa del motor de la trituradora primaria (trituradora de mandíbula).....	91
Tabla 3.2: Datos de placa del motor de la trituradora secundaria (trituradora cónica). 91	
Tabla 3.3: Datos de placa del motor de la zaranda.	97
Tabla 3.4: Datos de placa del motor del Alimentador Vibratorio.	97
Tabla 3.5: Datos de placa de motor de bandas transportadoras.	98
Tabla 3.6: Datos de placa del motor de la trituradora terciaria (trituradora de eje vertical).	104
Tabla 3.7: Datos técnicos del generador a diesel de la trituradora de piedra.	109
Tabla 4.1: Detalle de las entradas (I) y salidas (Q) del LOGO! 230 RC.....	117
Tabla 4. 2: Ejemplo de tabla de fijación del arranque directo de la figura 4.10.	155

ANEXOS

- ANEXO 1:** Características técnicas del relé auxiliar.
- ANEXO 2:** Características técnicas del contactor y relé térmico.
- ANEXO 3:** Características del técnicas LOGO! 230 RC.
- ANEXO 4:** Características técnicas de los breakers.
- ANEXO 5:** Características técnicas de los pulsadores y luces piloto.
- ANEXO 6:** Características técnicas de los aisladores.
- ANEXO 7:** Tabla de las características técnicas de la barras de cobre.
- ANEXO 8:** Características técnicas de los bornes de conexión.
- ANEXO 9:** Características técnicas del transformador de control.
- ANEXO 10:** Curvas obtenidas del dimensionamiento de los soft - starters.
- ANEXO 11:** Planos mecánicos de los tableros eléctricos de control.
- ANEXO 12:** Características técnicas de las reactancias.
- ANEXO 13:** Características técnicas de los fusibles ultra rápidos.
- ANEXO 14:** Parámetros de programación de los soft - starters.
- ANEXO 15:** Catálogo de los cables de cobre AWG.
- ANEXO 16:** Catálogo de características técnicas de los motores WEG.

RESUMEN

El presente trabajo se divide en 5 capítulos, en los cuales se puede observar todo el proceso que se debe seguir para obtener el mejoramiento de los tableros eléctricos para ser implementados en diferentes áreas en este caso la trituradora de piedra.

En el capítulo 1 se presenta una breve historia de las trituradoras de piedra y como evolucionaron con el transcurrir de los años, los tipos de trituradoras de piedra que se utilizan para obtener el producto final, así como también las etapas por las cuales se procesa la piedra y por último la ubicación de la trituradora de piedra.

En el capítulo 2 se presenta el diseño de los tableros de control utilizados en la trituradora de piedra para el arranque de los motores trifásicos, se explica en breves párrafos como se seleccionan los elementos de control, también como son reemplazados los contactores por variadores y arrancadores suaves, se muestra como van montados los elementos de control a utilizar en los diferentes tableros eléctricos de control utilizando diagramas de montaje y se describe paso a paso como armar el tablero y anclar los diferentes elementos.

En el capítulo 3 se da a conocer aspectos relacionados con la utilización del PLC desde su inicio hasta la forma en la que se debe crear y guardar un programa de lenguaje del PLC, además se describe como se debe programar un arrancador suave y un variador de frecuencia utilizados para el arranque de los diferentes motores que contiene la trituradora y se detalla el funcionamiento de la trituradora de piedra mediante la utilización de los arrancadores suaves, variador de velocidad y el PLC con su programa de funcionamiento y las condiciones de arranque que se debe seguir para que los motores funcionen.

En el capítulo 4 se presenta el diseño de los diagramas de control y fuerza de los tableros eléctricos de control mejorados con los nuevos elementos utilizados así como también de una tabla de fijación de cables muy utilizados por los técnicos expertos en armar tableros de control, también se muestran los

diagramas de control de una consola de mando a distancia que es utilizada por el operador de la trituradora.

Finalmente, en el capítulo 5 se presenta las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto las cuales deben ser puestas en práctica para no tener inconvenientes en el ensamblaje de los tableros de control.

PRESENTACIÓN

Los tableros eléctricos de control que se presentan en este proyecto fueron instalados en una mina de trituración de piedra, ubicada en el cantón Chaguarpamba que pertenece a la provincia de Loja, estos tableros fueron utilizados para el comando de los motores de la trituración de piedra por la empresa Hidrobo Estrada encargados de realizar el arreglo de la vía entre Velacruz – Rio Pindo, con hormigón armado.

Estos tableros eléctricos de control fueron armados, ubicados e instalados hace aproximadamente 4 años, y de esa experiencia obtuve los datos para poder realizar el capítulo II del presente proyecto, los datos de cómo ensamblar y cablear un tablero de control eléctrico no existen o no se encuentran en los libros.

Este trabajo va dirigido a técnicos que desean aprender a cablear un tablero eléctrico de control, en base a planos de montaje, diagramas de control y fuerza y también da a conocer cómo utilizar una tabla de fijación de cables la cual es muy útil en este tipo de tableros.

Con los planos realizados en este proyecto se nos facilita la localización de fallas, o para la realización de mantenimiento de los tableros para alargar la vida útil de los equipos instalados en los tableros eléctricos de control.

CAPÍTULO I

HISTORIA Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE TRITURACIÓN DE PIEDRA

DEFINICIONES GENERALES

TRITURACIÓN

La trituración es el nombre de los diferentes métodos de procesamiento de materiales.

El triturado es también el nombre del proceso para reducir el tamaño de las partículas de un material por medio de la molienda.¹

TRITURADORA

Es un dispositivo o máquina diseñada para disminuir el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza, para romper y reducir el material o materia prima en una serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas.

La trituración de los materiales se realiza en tres etapas: Primaria, secundaria y terciaria. Las rocas pueden pasar a través de un máximo de cuatro trituradoras para lograr el tamaño deseado. Cuando una roca pasa a través de una trituradora su tamaño se reduce; una expresión que se refiere como la relación de reducción.²

1.1 HISTORIA³

Trituración y rotura de roca, oro y minerales es una de las industrias más antiguas realizadas por el hombre. La primera conocida fue aplastante por parte de “nativo” de mineral o sobre los minerales requiriendo algunas rupturas de aglomerados.

¹ <http://www.monografias.com/trabajos69/trituracion-mineral/trituracion-mineral.shtml>

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Trituradora>

³ <http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/Crushing>

La mano aplastante era impracticable consistía en elevar una pesada roca por medio de hombres o animales con una cuerda y se dejaba caer, sobre la roca que va a ser aplastada.



Figura 1. 1: Trituración con mazos realizadas por personas.

Fuente: www.wikipedia.com

Desde el comienzo de la década de 1800 cuando se llevó a cabo la trituración, esta trituración se la realizaba por medio de cientos de hombres y mujeres, estas personas equipadas con mazos realizaban dicha trituración. Observar figura 1.1.

La primera máquina de trituración fue diseñada en 1830, en EE.UU. Constaba de elementos rústicos los cuales incorporaban el principio de martinete posteriormente usada en la fábrica de sellos, cuya historia está íntimamente ligada a la de la época dorada de la minería de América. Ver figura 1.2.

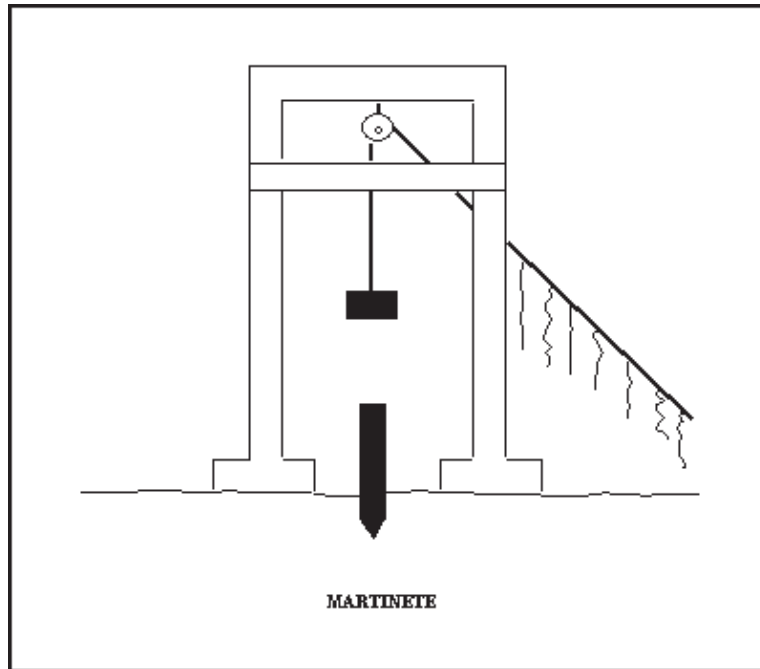


Figura 1. 2: Principio de martinete usado en el año 1830 para triturar.

Fuente: http://www.tristeyazul.com/hinvestigacion/martinete_lefranc.gif

Eli Whitney Blake inventó el primer interruptor mecánico de la trituración de roca. Blake adoptó un principio mecánico conocido por todos los estudiantes de la mecánica, su idea era buena se demuestra por el hecho de que el tipo trituradora de mandíbula Blake es hoy la norma por la cual todas las trituradoras de mandíbulas son usados, ver figura 1.3.

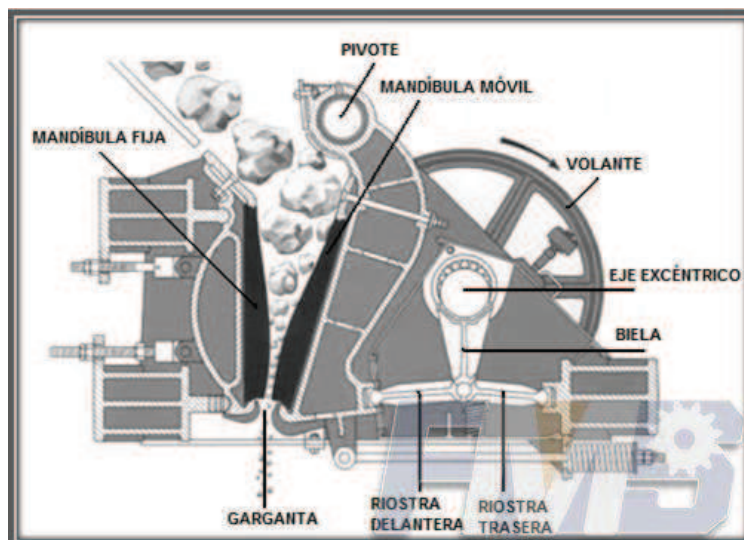


Figura 1. 3: Tritradora de mandíbula tipo Blake.

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/wiki/Trituradoras-de-mand%C3%ADbulas-doble-efecto.html>

En 1881, Philters W. Gates obtuvo una patente sobre una máquina que incluye en su diseño todas las características esenciales de la trituradora giratoria módem. Ver figura 1.4.

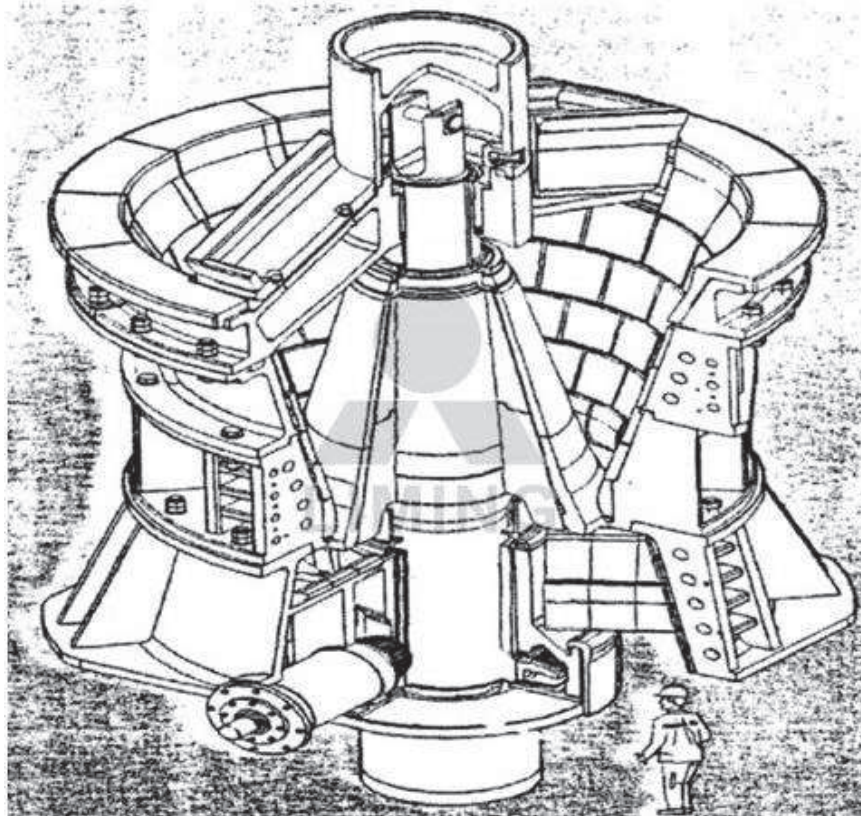


Figura 1. 4: Trituradora giratoria modem.

Fuente: www.trituradoas-de-piedra.com

Thomas L. Smith y Paul W. Post, los propietarios originales de lo que hoy es Telsmith, supo en 1906, que la producción de automóviles cada vez era más generalizada, y con la legislación para mejorar las condiciones del camino, se puso en marcha uno de los mayores fabricantes de trituradoras de todo el mundo. La trituradora producida por Smith y Post fue el Symons fue "Shaft Pilar" (trituradora giratoria), de este tipo de trituradoras se vendieron 50 unidades.

Con la demanda de menor agregado, Telsmith decidió que otro tipo de máquina, la trituradora terciaria, era necesaria para reducir aún más las rocas a $\frac{1}{2}$ pulgada, Smith Engineering desarrolló una trituradora de cono llamada

tritadora de reducción, así como el Cono Telsmith, Intercone y quizás una de las trituradoras más exitosos de la historia. Ver figura 1.5.



Figura 1. 5: Trituradora giratoria Telsmith.

Fuente: www.telsmith.com

Las trituradoras giratorias tipo Gates se hacían cada vez más grande con el tiempo, su segunda máquina tenía 18 pulgadas de abertura de alojamiento y para 1910, la trituradora giratoria tenía una abertura de recepción tan grande como 48 pulgadas.

El molino de martillos, ver figura 1.6., trituradora que apareció por primera vez en 1920 y se utilizó para romper la piedra por la fuerza del impacto. La maquina en forma de caja constaba de un eje en el centro, que rotaba con martillos montados y un conjunto de rejillas. La premisa del molino de martillo era romper la piedra por medio de la alta velocidad del impacto. Los molinos de martillo evolucionaron en su mayoría entre 1920 y 1950, cuando se incluyeron impactadores a la lista, desapareciendo las rejillas antes utilizadas.

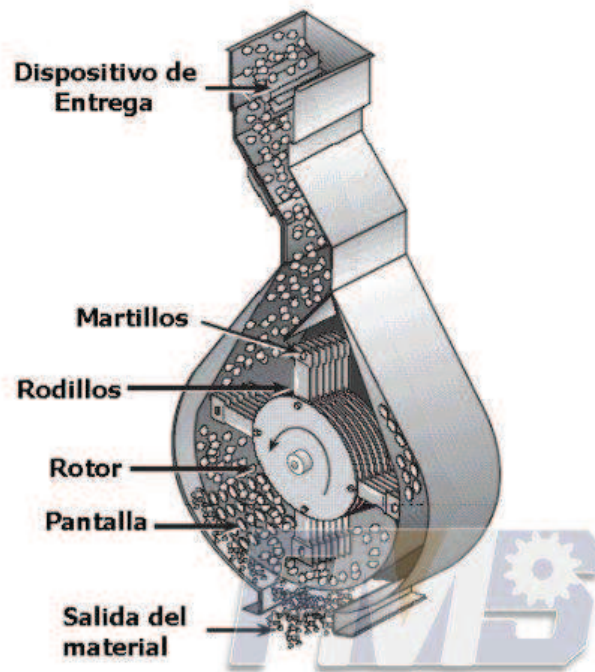


Figura 1. 6: Trituradora de martillo

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/wiki/Molino-de-martillos-segunda-mano.html>

Una de las más grandes trituradoras fue un modelo elaborado por Taylor Engineering en 1919. Tenía una abertura de 60 pulgadas de recepción y se mantuvo en el primer puesto hasta que la misma empresa elaboró la trituradora giratoria de 72 pulgadas en 1969. Observar la figura 1.7.

Esta trituradora giratoria de 72 pulgadas sirvió como máquina grande y única en el mundo en ese tamaño hasta el año 2001, cuando este equipo fue reducido con el fin de realizar minería subterránea.



Figura 1. 7: Trituradora giratoria de 72 pulgadas de apertura.

Fuente: www.taylor-engineering.com

El mayor desarrollo en las trituradoras desde la revolución del tamaño de Taylor fue el nacimiento de baja velocidad y las máquinas trituradoras con medidores de rodillos trituradores, observar figura 1.8, adecuadas para materiales blandos y medios.

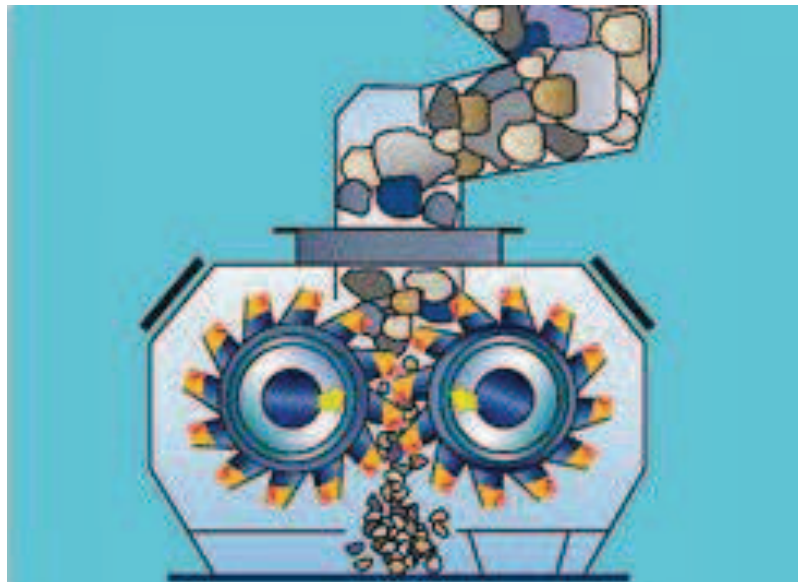


Figura 1. 8: Rodillos trituradores de baja velocidad.

Fuente: <http://www.betek.de/media/images/produktprogramm/brechen-mischen/walzenbrecher.jpg>

En la década de 1980, las trituradoras con medidores de baja velocidad se introdujeron. Esto representa uno de los acontecimientos fundamentales para las trituradoras primarias en tres cuartas partes del siglo.

1.2 TIPO DE TRITURADORAS⁴

Las trituradoras se emplean especialmente en la construcción o en minería, para romper rocas y reducirlas a un tamaño aún más pequeño.

Algunas de las trituradoras estacionarias son:

- ❖ Trituradora de mandíbula.
- ❖ Trituradora de cono.
 - Trituradora de cono resorte.
 - Trituradora de cono hidráulica.
- ❖ Trituradora de impacto o de tipo europeo.
 - Trituradora de impacto hidráulica.
 - Trituradora de impacto de eje vertical.
 - Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda.
 - Trituradora de impacto de eje horizontal.
- ❖ Trituradora de rodillos.

1.2.1 TRITURADORA DE MANDÍBULA⁵

Constan de dos placas de hierro instaladas de tal manera que una de ellas se mantiene fija y la otra tiene un movimiento de vaivén de acercamiento y alejamiento a la placa fija, durante el cual se logra fragmentar el material que entra al espacio comprendido entre las dos placas (cámara de trituración). El nombre de estas trituradoras viene del hecho de que la ubicación y el

⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Trituradora>

⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Trituradora>

movimiento de las placas se asemejan a las mandíbulas de un animal, por eso, la placa fija suele llamarse mandíbula fija y la otra placa, mandíbula móvil.

Hay tres tipos de trituradoras de mandíbulas de acuerdo con el lugar que ha sido fijada la placa móvil; ver figura 1.9, y son las siguientes:

- ✓ Trituradora tipo Blake, fijada en el punto más alto.
- ✓ Trituradora tipo Dodge, fijada en el punto más bajo.
- ✓ Trituradora tipo Universal, fijada en el punto medio.

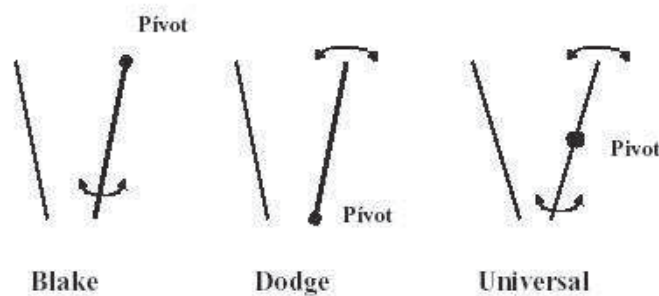


Figura 1. 9: Tipos de trituradora de mandíbula

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos69/trituracion-mineral/trituracion-mineral.shtml>

El tamaño de estas trituradoras se designa indicando las dimensiones de la abertura de alimentación y el ancho de la boca de alimentación medidas en pulgadas o milímetros.

Un triturador tipo Blake de doble efecto (double toggle), se describe como: El movimiento de vaivén de la mandíbula móvil es accionado por el movimiento vertical (ascendente y descendente) de una biela la cual está articulada a un eje excéntrico por su parte superior y a dos riostras por la parte inferior, estando la riostra⁶ posterior articulada a un punto de apoyo ubicado en la parte de atrás de la máquina y la riostra delantera articulada a la parte inferior de la mandíbula móvil, en estas condiciones, esta última pieza tiene un recorrido

⁶ **Riostra:** Pieza que se coloca atravesada en un almacén para que no ceda hacia los lados

desde un punto de máxima abertura de descarga hasta un punto de mínima abertura de descarga.

Debido a éste movimiento de vaivén de la mandíbula móvil, las partículas que entran al espacio comprendido entre ambas mandíbulas se fragmentan, debido principalmente a fuerzas de compresión.

Estas máquinas trabajan en condiciones extremadamente duras y por tanto son de construcción robusta. El marco o bastidor principal está hecho de hierro fundido o acero. Las mandíbulas están hechas de acero fundido y están recubiertos por placas reemplazables de acero al manganeso, u otras aleaciones, fijadas a las mandíbulas a través de pernos. La superficie de estos forros puede ser lisa, corrugada o acanalada longitudinalmente, este último es bastante utilizado para tratar materiales duros. Las otras paredes internas de la cámara de trituración también pueden estar revestidas de forros de acero al manganeso, para evitar el desgaste de estas partes. El ángulo formado entre las mandíbulas, normalmente es menor a 26° , para aprisionar las partículas y no dejar que estas resbalen a la parte superior.

El tamaño de estas maquinas puede variar desde 125 x 150 mm hasta 1600 x 2100 mm. Pueden triturar partículas desde 1,2 m. de tamaño aproximadamente, a razón de 700 a 800 TPH. La velocidad de la maquina, varia inversamente con el tamaño y usualmente esta en el rango de 100 a 400 rpm. El radio de reducción promedio es de 7:1, pero puede variar desde 4:1 hasta 9:1, la potencia consumida puede variar hasta 400 HP, para el caso de las maquinas grandes. Ver figura 1.10.

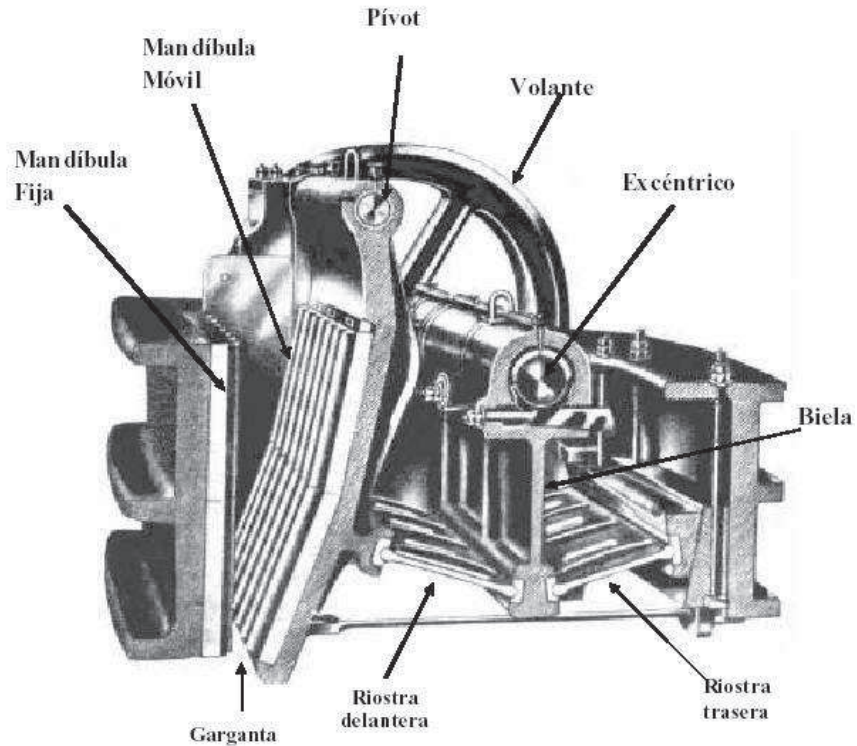


Figura 1. 10: Trituradora de mandíbula de doble efecto

Fuente: <http://www.trituradoras-machacadora.mx/blog/trituradora-de-mandibula-de-doble-efecto-trituradora-de-mandibula-de-simple-efecto.html>

En las trituradoras de simple efecto (single toggle) la mandíbula móvil está suspendida del eje excéntrico, el cual permite un diseño más compacto y liviano en comparación a las trituradoras de doble efecto. Debido a la posición del eje excéntrico, la mandíbula móvil tiene un movimiento elíptico, lo que hace que estas máquinas tengan una mayor capacidad, pero tienen un mayor desgaste en los forros. Asimismo, el eje excéntrico está sometido a mayores esfuerzos mecánicos y los costos de mantenimiento son mayores.

1.2.2 TRITURADORA DE CONO.⁷

Consisten en un eje vertical largo articulado por la parte superior a un punto llamado cojinete en forma de araña y por la parte inferior a un excéntrico. Este eje lleva consigo un cono triturador. Todo este conjunto se halla ubicado dentro de un cóncavo o cono fijo exterior. El conjunto, eje y cono triturador se halla

⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Trituradora>

suspendido del cojinete en forma de araña y puede girar libremente (85 – 150 rpm), de manera que en su movimiento rotatorio va aprisionado a las partículas que entran a la cámara de trituración (espacio comprendido entre el cono triturador y el cóncavo) fragmentándolas continuamente por compresión. La acción de esta trituradora puede compararse con la acción de varias trituradoras de mandíbulas colocadas en círculo. El tamaño de estas máquinas se designa por las dimensiones de las aberturas de alimentación y el diámetro de la cabeza.

El perfil vertical del cono triturador tiene forma de una campana. Todas las trituradoras tienen un mecanismo de seguridad o protección, para el caso en que el material extremadamente duro entre a la cámara de trituración y dañe alguna pieza del mismo. Este mecanismo consiste en una válvula que se abre cuando existe un sobre esfuerzo, haciendo que el conjunto eje y cono triturador desciendan permitiendo la descarga del material duro (generalmente herramientas o piezas de hierro). Este mismo mecanismo permite la regulación de la abertura de descarga del triturador, ver figura 1.11 en cual detalla las partes de la trituradora de cono.

El tamaño de estas trituradoras puede variar desde 760 x 1400 mm hasta 21326 x 3300 mm, con capacidades de hasta 3000 TPH.

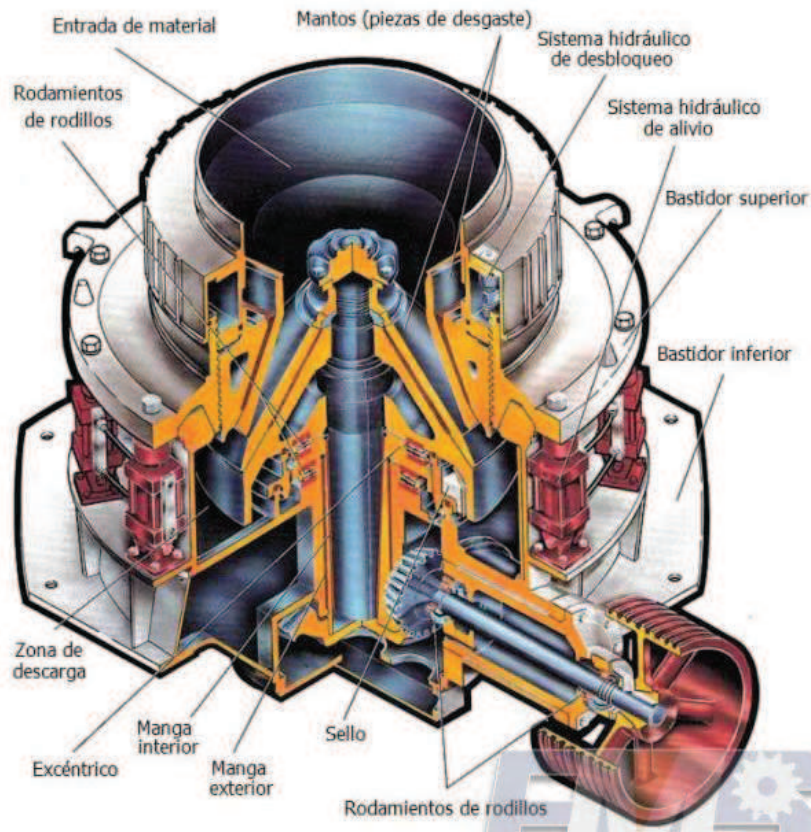


Figura 1. 11: Sección de una trituradora giratoria

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-de-cono-Serie-HP.html>

1.2.2.1 TRITURADORA DE CONO RESORTE.⁸

Los trituradores de cono resorte se utilizan para trituración de material mediano, semi-duro y extremadamente duro, con una elevada exigencia de fragmentación, observar figura 1.12.

La trituradora de cono tiene las siguientes características:

- ❖ Estructura estable.
- ❖ Alto rendimiento.
- ❖ Fácil ajuste.
- ❖ Uso económico.

Los trituradores de cono son proyectados especialmente para todas las aplicaciones de trituración primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. El tipo

⁸ <http://www.slideshare.net/ltldliming/trituradora-de-cono-resorte-10705312>

de cámara de trituración depende del tamaño de la alimentación y la finura del producto final.

El tipo estándar de estas trituradoras se aplica a trituración mediana, el tipo de medio de esta trituradora se aplica a mediana o finura de trituración y el tipo de cabeza corta se aplica al material fino que entrega esta trituradora (producto final de trituración).



Figura 1. 12: Trituradora de cono resorte

Fuente: <http://www.dsmac.es/v3/products/crushing-equipments/pys-symons-cone-crusher.html>

1.2.2.2 TRITURADORA DE CONO HIDRÁULICA.⁹

La trituradora de cono hidráulica es un producto eficiente y de nivel mundialmente avanzado. Se trata de una perfecta combinación de la velocidad de triturar, la excentricidad lineal (longitud de golpes) y un diseño de potentes cavidades de trituración, ver figura 1.13.

La trituradora de cono hidráulica es el equipo idóneo usado en las fábricas de minerales y la trituración de minerales, estas trituradoras son productos recientes para sustituir las trituradoras de cono resorte y también a las trituradoras comunes de impacto en el sector de construcción.

⁹ <http://www.slideshare.net/ltldiming/trituradora-de-cono-hidraulica-10705303>

La trituradora de cono hidráulica se usa ampliamente en el sector de la minería y las fábricas de cemento. También se utilizan para la trituración mediana y fina de todas las rocas y minerales a una presión por debajo de 350 MPa, por ejemplo: minerales de hierro, minerales de metales no ferrosos, basaltos, granitos, calizas, gravas, guijarros, etc.



Figura 1. 13: Trituradora de cono hidráulica

Fuente:<http://www.lordzcrusher.com/Common/Upload/2012/06/14/201206140158405397.jpg>

1.2.3 TRITURADORA DE IMPACTO O DE TIPO EUROPEO¹⁰

La trituradora de impacto se compone principalmente de chasis, rotor, la transmisión del rotor y las placas de impacto. Las trituradoras de impacto son mecánicas, utilizadas para triturar los materiales usando la energía de impacto.

¹⁰ <http://www.taringa.net/posts/info/12623837/Trituradora-de-impacto.html>

Los materiales entran en la cámara de trituración desde la boca de alimentación. El rotor gira a alta velocidad cuando la máquina trabaja. Los materiales serán despedazados por el impacto con el martillo del rotor, y serán tirados a la placa de impacto. Así repite el proceso y los materiales serán triturados repetidamente. Los productos finales serán descargados hasta que completen la granularidad necesitada. Para cambiar la granularidad y la forma de los productos finales, se puede ajustar la grieta entre la placa de impacto y el rotor. Ver figura 1.14.

Los productos finales obtenidos por estas trituradoras son de forma de cubo, sin tensión y grietas. Puede romper diversos materiales gruesos, medianos y pequeños (granito, caliza, hormigón, etc.) con tamaños de hasta 500 mm y resistencia a la compresión de hasta 350Mpa.

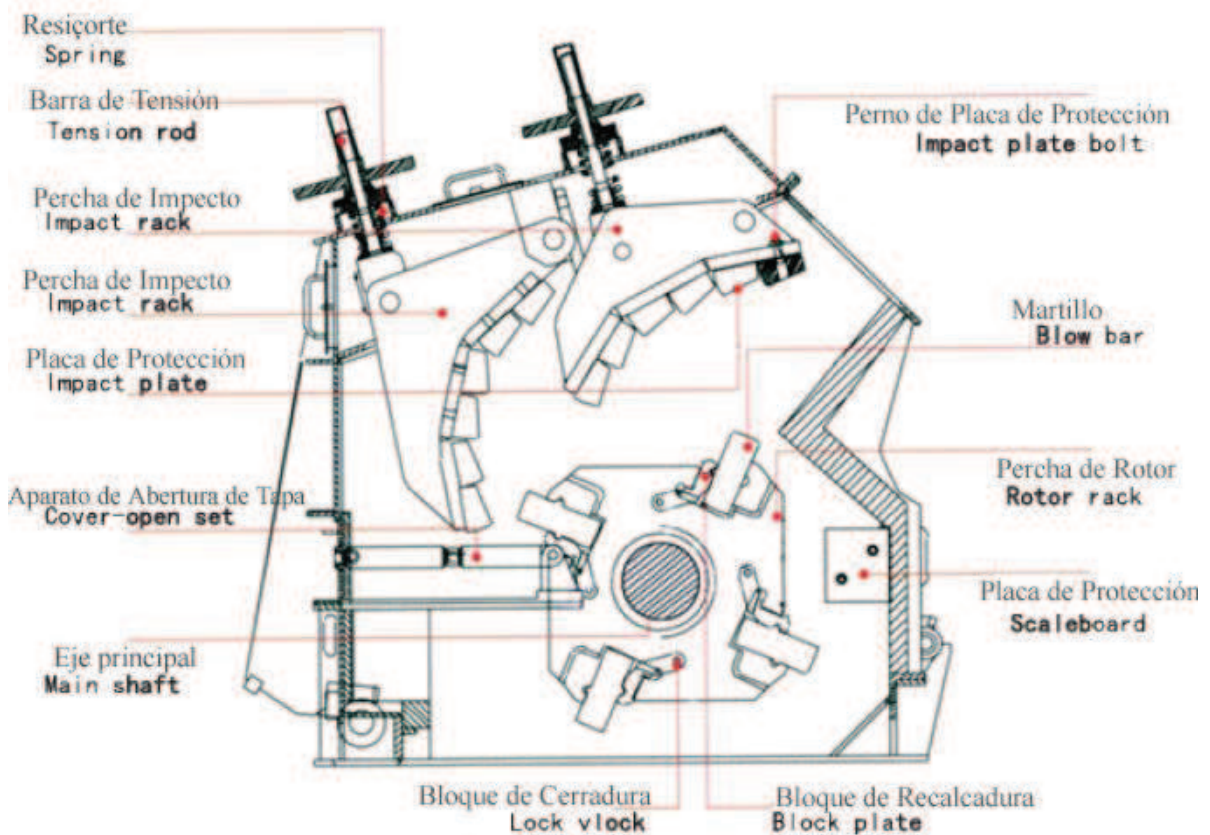


Figura 1. 14: Trituradora de impacto, partes constitutivas.

Fuente: www.xsmtrituradora.org

1.2.3.1 TRITURADORA DE IMPACTO HIDRÁULICA.¹¹

La trituradora de impacto hidráulica cuenta con las ventajas que su mantenimiento es sencillo. Tiene larga vida y es de menor costo por cada tonelada triturada.

La trituradora de impacto hidráulico es adecuada para triturar los materiales blandos y los minerales de dureza media.

Estas trituradoras son ampliamente utilizadas en una variedad de metalurgia, la minería, cemento, productos químicos, material refractario, cerámica y otros sectores industriales, también en la construcción de carreteras, obras hidráulicas, construcción de piedra, el procesamiento de arena etc. Observar figura 1.15.



Figura 1. 15: Trituradora de impacto hidráulica

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/Trituradora-Fija/Trituradora-de-Impacto-serie-PFW.html>

¹¹ <http://www.taringa.net/posts/info/12623837/Trituradora-de-impacto.html>

1.2.3.2 TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL.¹²

La alimentación de material es por gravedad desde la parte superior y la evacuación de material es por fuerza centrífuga. Los pedazos son lanzados por el rotor contra las partes metálicas de la máquina en lo que se denomina trituración roca - metal. Debido al intenso roce con la placa o cubierta del disco lanzador y sus guías se produce una gran abrasión.

La verdadera importancia de las trituradoras de impacto de eje vertical es que han dado lugar a otro tipo de máquinas en los que la trituración se hace roca contra roca, reduciendo así enormemente el desgaste de las parte metálicas. Se acumula roca en unas repisas junto a la zona de impacto y esta roca choca contra la roca lanzada por el rotor. La velocidad de lanzamiento ha de ser elevada (60-70 m/s) para conseguir relaciones de reducción razonables. Estas máquinas en trituración consumen una gran cantidad de energía, por lo que se las emplea como correctores de forma de los granos que como trituradoras. Observar figura 1.16.

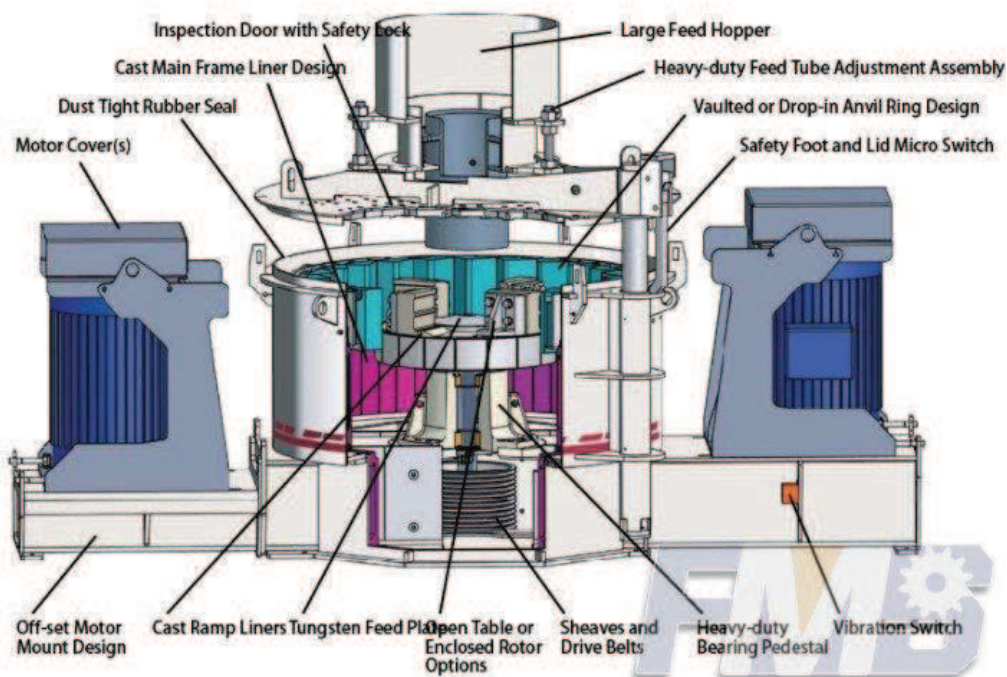


Figura 1. 16: Trituradora de impacto de eje vertical

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/noticias/533.html>

¹² <http://www.slideshare.net/ldliming/trituradoras-de-impacto-de-eje-vertical-pcl-10705323>

1.2.3.3 TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE VERTICAL CON CÁMARA PROFUNDA.¹³

Este tipo de trituradoras junta tres modos de trituración, siendo equipos nucleares de la industria en la obtención de arenas fabricadas. Los rotores de las trituradoras de impacto de eje vertical con cámara profunda son diseños optimizados. La cantidad de material que entra es 30% más que la de las trituradoras tradicionales. Las placas protectoras circulares adoptan un diseño nuevo, que aumenta la vida en un 48% más que las anteriores. Estas trituradoras vienen con sub-martillos, que evitan el desgaste a la placa vertical.

Las trituradoras de impacto de eje vertical con cámara profunda se aplican ampliamente en la producción de cemento, materiales refractarios, materiales abrasivos de vidrio, agregados de construcción, arenas y las industrias de minas metálicas y no metálicas, la metalurgia, etc. También se aplican en las trituraciones medianas y finas de materiales de varias durezas como minerales de hierro, metales no ferrosos, corindón, bauxita, cuarzo, perlita, basalto, etc. Ver figura 1.17.



Figura 1. 17: Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda

Fuente: http://www.infocomercial.com/p/trituradora-de-impacto-eje-vertical-tipo-vsi-5x-_j36997.php

¹³ <http://www.kefidcrusher.com.ly/es/product/crusher/es-Deep-Rotor-VSI-Crusher.html>

1.2.3.4 TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE HORIZONTAL.¹⁴

Se suelen utilizar trituradores de uno o dos rotores, que consisten en tambores de acero recubiertos de placas de desgaste que son reemplazables. Los rotores giran dentro de una carcasa, esta carcasa lleva una serie de placas o barrotos cuya posición puede ser ajustada al valor requerido del producto final a obtener, observar figura 1.18.

La regulación de las placas es la distancia mínima entre la parte exterior de las barras del rotor y las placas o barras de choque. Los trozos de roca que caen sobre el rotor son alcanzados por las barras del rotor, que los lanzan contra las barras de choque donde se produce la rotura por impacto y los fragmentados vuelven a caer sobre el rotor para volver a ser lanzados.

Estas trituradoras se pueden utilizar con descarga libre por gravedad o cerrada por una rejilla, en descarga libre el control del tamaño del material se realiza por la variación de la regulación de los tornillos. Las placas o barras de choque van sujetas a la carcasa por muelles que les permiten ceder en caso de que entren partículas no triturables.

El desgaste es uno de los factores limitantes, las barras impulsoras se han diseñado para que mantengan al máximo sus características frente al desgaste y también para que sean reversibles. Se construyen normalmente de aleaciones con cromo y molibdeno. Las placas de recubrimiento son modulares para permitir un fácil intercambio.

¹⁴ http://www.slideshare.net/ltldliming/de-tipo-europeo-trituradora-de-impacto?from_search=13

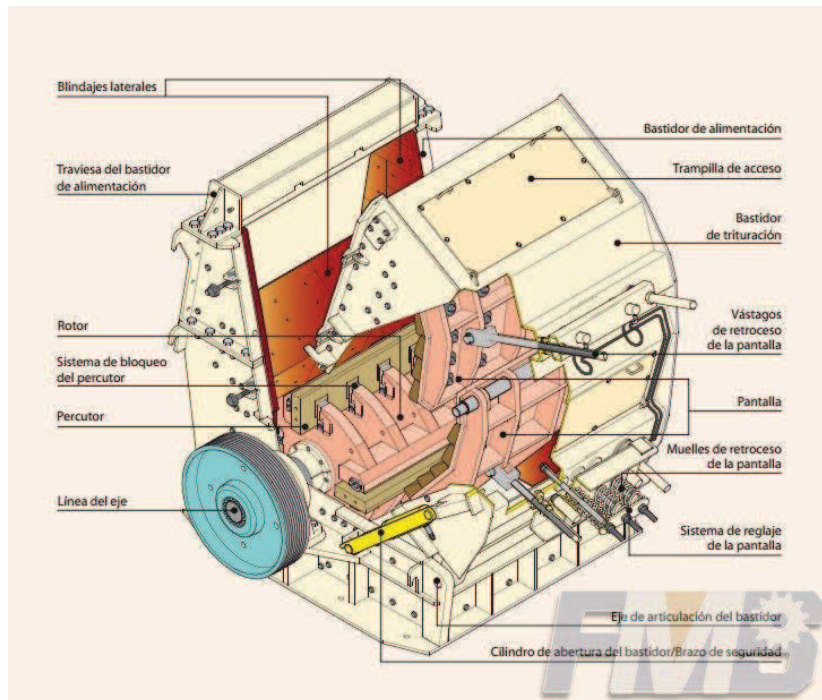


Figura 1. 18: Trituradora de impacto de eje horizontal.

Fuente: <http://trituradoras-de-roca.com/wiki/Trituradores-de-impacto-de-eje-horizontal.html>

1.2.4 TRITURADORA DE RODILLOS.¹⁵

El modo de operación es muy simple. Consiste en dos rodillos horizontales los cuales giran en direcciones opuestas. El eje de una de ellas está sujeto a un sistema de resortes que permite la ampliación de la apertura de descarga en caso de ingreso de partículas duras. La superficie de ambos rodillos está cubierta por forros cilíndricos de acero al manganeso, para evitar el excesivo desgaste. La superficie puede ser liza para trituración fina y corrugada o dentada para trituración gruesa. Ver figura 1.19.

¹⁵ <http://blog.trituradoras-de-roca.com/principio-de-funcionamiento-de-trituradora-de-rodillos/>



Figura 1. 19: Trituradora de rodillos.

Fuente: http://vehiculo.mercadolibre.com.ar/MLA-447182965-trituradora-de-cascote-a-rodillo-_JM

1.3 PROCESO DE TRITURACIÓN DE PIEDRA

Para proceder con la trituración de la piedra primero se la debe extraer sea por medio de explotación de una montaña, mina, etc. O por medio de extracción de un río siendo este el método más usado en nuestro país. Observar figura 1.20.



Figura 1. 20: Extracción de la piedra de río.

Fuente: Trituradoras-de-roca.com

Con la extracción de piedra de río mediante una retroexcavadora, se la coloca en volquetas las cuales trasladan la materia prima (piedra de río) hacia la planta de trituración en donde es procesada obteniendo material para crear el asfalto u hormigón armado usado en la construcción de carreteras.

La línea completa de trituración de piedras se forma principalmente de alimentador vibratorio, trituradora de mandíbula, trituradora de impacto, trituradora de cono, criba vibrante (zaranda), control centralizado eléctrico y la fuente de alimentación entregada por un generador de electricidad que funciona a diesel.

El proceso de trituración de piedra de río comprende de tres etapas que son las siguientes:

1.3.1 ETAPA PRIMARIA¹⁶

El triturador primario reduce la piedra a 1 ½" de diámetro. En esta etapa la trituradora que se ocupa es la trituradora de mandíbula y un alimentador vibratorio.

ALIMENTADOR VIBRATORIO¹⁷

Consiste en una estructura vibratoria, resorte, vibrador, dispositivo vibratorio del motor y el motor eléctrico. El vibrador está hecho de dos ejes excéntricos fijos y engranajes, y estos deben ser empujados de acuerdo con las indicaciones. Impulsados por el motor, los dos ejes excéntricos comienzan a rotar para producir una enorme potencia lineal que hace vibrar al alimentador.

A través de la vibración, los materiales se deslizan en el embudo, avanzando hacia la trituradora primaria. Cuando los materiales cruzan el tamiz, los materiales pequeños se caen, realizando el efecto cribado. Observar figura

¹⁶ Manual de trituración y cribado METSO
<http://www.trituradoras-machacadora.mx/blog/proyecto-planta-procesadora-de-piedra-chancada-3.html>

¹⁷ <http://www.taringa.net/posts/info/12623888/Alimentador-vibratorio.html>

1.21. Este alimentador vibratorio es el encargado de aportar material a la trituradora primaria (trituradora de mandíbula).



Figura 1. 21: Alimentador vibratorio.

Fuente: <http://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-construccion/vibradores-hormigon/alimentador-vibratorio-7354>

1.3.2 ETAPA SECUNDARIA

En esta etapa el tamaño del material se reduce a 3/8" de diámetro, y la trituradora que se utiliza son las trituradoras de cono.

1.3.3 ETAPA TERCIARIA

El material logra llegar finalmente a 1/2", en esta etapa generalmente se ocupa trituradora de impactado de eje vertical.

El material es transportado de trituradora a trituradora por medio de bandas transportadoras, y es clasificado por medio de una zaranda vibratoria (criba).

ZARANDA VIBRATORIA (CRIBA)¹⁸

Consiste de una cinta triangular, el motor hace girar rápidamente el bloque excéntrico, el cual consigue gran fuerza centrífuga, que a su vez excita la caja de filtro para hacer el movimiento circular. Por el nivel o niveles de la caja pasan los materiales, en la cubierta inclinada llega el material y por la vibración de la zaranda caen los materiales finos hasta el tamiz realizando de esta forma la clasificación del producto final. Ver figura 1.22.

La zaranda clasifica el material (producto final) entregándonos piedra de diámetro 3/8", 1/2" y arena todo esto lo realiza las mallas colocadas en esta máquina, el producto obtenido se lo utiliza para hacer asfalto y hormigón, estos materiales usados en la construcción de carreteras.



Figura 1. 22: Criba vibratoria.

Fuente: http://adolfogonzaleschaves.classiopen.com.ar/avisos/criba-vibradorazarandas-vibratorias_3325/1-picture_1231727746822

A continuación se muestra un grafico de cómo va instalada una trituradora de piedra la distribución de las trituradoras primaria, secundaria y terciaria así como también como se obtiene el producto final. Ver figura 1.23.

¹⁸ <http://es.scribd.com/doc/99021599/Zaranda-o-Criba-Vibratoria>

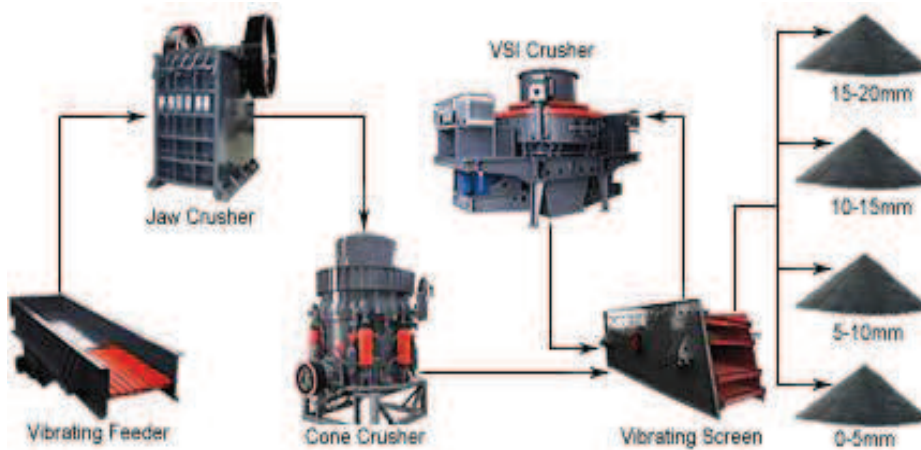


Figura 1. 23: Esquema de instalación de la trituradora de piedra.

Fuente: http://www.jawcrusher.fr/es/solution/trituradora_de_basalto.html

1.1 UBICACIÓN DE LA TRITURADORA DE PIEDRA MARCA MINYU.

La trituradora de piedra marca Minyu se ubicada a 6 Km de la ciudad de Chaguarpamba, en la provincia de Loja.

El Cantón Chaguarpamba, está ubicado al noreste de la provincia de Loja limita: al Norte con la provincia de El Oro, al Sur con el Cantón Olmedo, al Este con el Cantón Puyango y al Oeste con el Cantón Paltas.

La obtención del material para esta trituradora ubicada a un costado de la carretera que une a la ciudad de Chaguarpamba con la ciudad de Olmedo, será por medio de explotación de la montaña para obtener las piedras a ser trituradoras.

En la siguiente figura 1.24 se puede observar una panorámica de la distribución de las máquinas de la trituradora de piedra marca Minyu.



Figura 1. 24: Ubicación de las máquinas de la trituradora de piedra.

Fuente: <http://www.hidroboestrada.com/paginas/recursos.htm>

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

INTRODUCCIÓN

Existen tableros de control industrial que son armados sin planos de montaje y sin diagramas de control dando problemas cuando presentan fallas difíciles de encontrar. En este capítulo se detalla cómo mejorar los tableros de control con planos de montaje y diagramas de control, así es fácil y cómodo encontrar alguna falla o daño de un elemento para reemplazar o corregir dicho problema.

Dentro del proceso de triturado de piedra es fundamental el control eléctrico, donde los tableros con elementos importantes como contactores, arrancadores suaves, variadores de velocidad y elementos secundarios como luces pilotos, pulsadores, relés auxiliares permitirán al operador de trituración manejar el proceso de trituración de piedra de una manera fácil y sencilla.

Estos tableros serán los encargados de controlar a los motores de la trituradora de piedra, los tableros deben ir en un cuarto con todos lo necesario para su funcionamiento por ejemplo: si es de clima cálido el ambiente de trabajo de los tableros eléctricos, estos deberán estar acondicionados por un aire acondicionado para evitar que los conductores eléctricos y demás elementos se sobrecaliente debiendo estos trabajar a una temperatura de ambiente especificada por el fabricante.

El diseño del tablero eléctrico de control debe ser ajustado para la operación de arranque de trabajo de los motores de la trituradora, con el objetivo de no detener el proceso de trituración de la piedra durante 12 horas continuas de trabajo.

Para nuestro proyecto de diseñaran 5 tableros de control eléctrico con sus respectivos elementos tanto principales como secundarios y una consola donde se colocara pulsadores y luces piloto para un mando a distancia desde una

cabina para un operador de trituradora. En la figura 2.1 se muestra un diseño de los tableros a utilizar en nuestro proyecto.





Figura 2. 1: Fotos del modelo de los tableros utilizados en el proyecto.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

2.1 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL

La selección de los elementos de control para el proceso de triturado se los elige conforme a nuestro diseño en los planos eléctricos de control, ajustándose a los requerimientos de implementación de una manera fácil, cómoda y segura.

Los elementos que van a intervenir como lo son relés auxiliares, relés térmicos, plc, borneras de control, barras de cobre, arrancadores suaves, variadores de velocidad, breakers, luces de indicación, pulsadores, contactores, transformadores, los cuales se los detalla a continuación con su respectiva característica.

RELÉ AUXILIAR¹⁹

Es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se

¹⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Ver figura 2.2.

Este relé es necesario en nuestro diseño por la cantidad de contactos que tiene y ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

El relé que se va a utilizar en el diseño de los diagramas de control son de marca camco código MK3P-1, ver anexo 1, por las siguientes características:

- Por el número y tipo de contactos, en este relé 3 contactos normalmente abiertos (NA) y 3 contactos normalmente cerrados (NC).
- Por su voltaje nominal el cual pueden estar aplicado a sus contactos, para este relé se utiliza voltaje de 220 V en sus contactos y en su bobina de alimentación.
- Por la intensidad de corriente que circula por sus contactos, en este relé sus contactos pueden soportar una corriente máxima de 10 A.

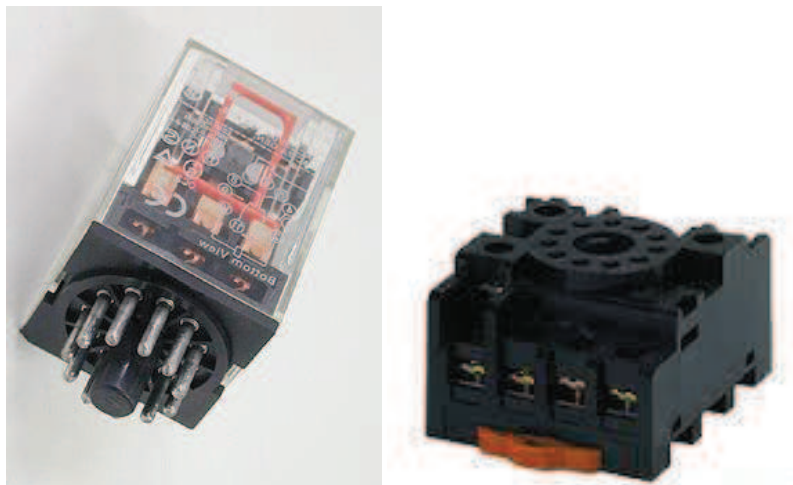


Figura 2. 2: Relé auxiliar o de mando

Fuente: <http://www.camcointernational.com/home/home.html>

CONTACTOR²⁰

Es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina. Un contactor es un dispositivo

²⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>

con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". Se puede observar la figura 2.3 el modelo de un contactor. A continuación se detalla las características para elegir este dispositivo de control, en el anexo 2 se describe los contactores a utilizar en el ensamblaje de los tableros eléctricos, son de bajo amperaje y de marca WEG sugerido por los distribuidores de la trituradora.

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- Potencia nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura o extrema
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Por la categoría de empleo, en nuestro diseño categoría AC3 que es para arranque de motores de inducción.



Figura 2. 3: Contactor utilizado en el diseño de los tableros de control.

Fuente: www.weg.net

RELÉ TÉRMICO²¹

Es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia después de contactor para sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bimetales, bajo el efecto de la temperatura, accionando unos contactos auxiliares que desactiven el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización de indicación de falla.

Los bimetales comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual han sido dimensionados. El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las placas bimetales.

En la figura 2.4 se puede observar el relé térmico, se va a citar la característica para su correcta elección:

$$I_N \times 1,15\%$$

Se debe multiplicar la corriente nominal del motor por 1,15 para seleccionar el relé térmico correcto para el arranque del motor de inducción. En el anexo 2 se observa las características técnicas del relé térmico utilizado.



Figura 2. 4: Relé térmico usado en el diseño de control.

Fuente: www.weg.net

²¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_t%C3%A9rmico

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)²²

Para seleccionar al PLC que más se ajuste a las necesidades del proyecto se necesario considerar ciertos requerimientos que debe cumplir el dispositivo desde el punto de vista de hardware y software, observar figura 2.5. Estos parámetros son los siguientes:

- Número de entradas y salidas depende del esquema eléctrico para el circuito a controlar, es decir depende del número de captadores y actuadores que se dispone en el diseño.
- Tipo de entradas y salidas esto se refiere a las entradas y salidas son de tipo ON – OFF o son de tipo análogas.
- Fuente de alimentación es considerada para los niveles de voltaje necesario el cual puede variar desde 12 V, 24 V, 110 V y 220 V.
- Capacidad de memoria. Este parámetro es importante definirlo al momento de realizar la programación ya que depende del número de instrucciones o de lo extenso del programa para memorizar dicha orden.
- Programación fácil de editar. La visualización del programa debe ser editada en una pantalla de una forma simple y en cualquier lenguaje de programación.
- Requerimientos de memoria. Este parámetro se refiere a tener una memoria de respaldo lo suficientemente amplia para almacenar el programa necesario, no debe ser volátil.
- Pórticos de comunicación. El PLC debe contar con un puerto de comunicación que nos permita transferir datos de modificación, almacenamiento, edición y monitoreo de funcionamiento de procesos.

El plc elegido para nuestro diseño es el LOGO! 230 RC marca SIEMENS, con 4 expansiones para el funcionamiento del proceso de trituración de piedra, en el anexo 3 describimos sus características técnicas. En el capítulo 3 se detalla la programación y características del PLC.

²² http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable



Figura 2. 5: Logo! 230RC con módulo de expansión utilizado en el tablero de control.

Fuente: [https://encrypted-](https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSEwgCeou0N5q6PJ9h05dEkUWhOKZQbuaGaoQoypZSLA2cVSt)

[tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSEwgCeou0N5q6PJ9h05dEkUWhOKZQbuaGaoQoypZSLA2cVSt](https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSEwgCeou0N5q6PJ9h05dEkUWhOKZQbuaGaoQoypZSLA2cVSt)

BREAKERS²³

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Los utilizados en el diseño de nuestros tableros van hacer de dos tipos, en el anexo 4 mostramos las características de estos breakers a utilizar:

- Breaker de caja moldeada.
- Breaker magneto térmicos.

BREAKER DE CAJA MOLDEADA²⁴

Los interruptores de caja moldeada están diseñados para la protección de circuito de sistemas de distribución en baja tensión de carácter industrial, su principal función es la protección contra las sobrecargas y cortocircuitos.

²³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>

²⁴ <http://www.maresa.com>

Cuando la potencia absorbida es superior a la prevista se produce una sobrecarga, observar figura 2.6. Su característica para su elección es:

- Multiplicar por 1,25 por la corriente nominal (I_N) y se obtiene la corriente de protección (I_P) y dimensionamiento de este dispositivo.

$$I_P = 1,25 * I_N$$



Figura 2. 6: Breaker de caja moldeada utilizado en los tableros de control para proteger los motores.

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems-19851.html>

BREAKER MAGNÉTICO TÉRMICO²⁵

Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

El electroimán protege el circuito eléctrico cuando se ha producido un cortocircuito en el mismo de una forma instantánea. La lámina bimetálica actúa cuando en el circuito eléctrico se ha producido una sobrecarga. Ver figura 2.7.

²⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor>

Para la selección de este dispositivo se toma en cuenta la siguiente característica:

- Protección de la corriente está entre 3 y 20 veces la corriente nominal.



Figura 2. 7: Breaker magnético térmico utilizado para el comando del sistema de control.

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQstrIn4XoLMpiag0dtSgtd6CRLiTO-0fG1XU2QSMOwJax42OSQHA>

LUZ PILOTO²⁶

Son indicadores luminosos que permite visualizar los estados y los diferentes procesos que realizan los tableros. Se utilizan dos colores de luces pilotos en cada tablero con lo que se asegura al operador obtener una buena visualización y la posibilidad de tener vigilado por medio de estos el funcionamiento de cada uno de los motores simultáneamente.

Se los elige por medio de su voltaje de funcionamiento, ya que existen en varios voltajes en nuestro diseño utilizamos las luces pilotos a 220 V. En la siguiente figura 2.8 se observa las luces piloto a utilizar, son de tipo led y de un diámetro de 22 mm, en el anexo 5 se detalla sus características.

²⁶ <http://es.scribd.com/doc/12616568/definiciones-ISA>



Figura 2. 8: Varios colores de luz piloto usados a nivel industrial.

Fuente: https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHq49Ci1SR-tQOXRUkc_VhncJD_94gYTbSxLZHS8SI-0zeojNn

PULSADORES²⁷

Son aparatos de maniobra que tienen retroceso, accionados manualmente y utilizados para accionar manualmente pequeñas potencias. Son utilizados fundamentalmente en el mando de motores eléctricos y también para abrir y cerrar circuitos eléctricos de control principales y auxiliares.

Los utilizados en nuestro diseño por facilidad de maniobra son los pulsadores de montaje saliente y los pulsadores de emergencia (tipo hongo). Ver figura 2.9. Tienen una característica que conducen pequeñas cantidades de corriente eléctrica. En el anexo 5 se describe sus características.

²⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Bot%C3%B3n_%28dispositivo%29



Figura 2. 9: Pulsadores de montaje saliente simple y doble y tipo hongo.

Fuente: <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:AND9GcT0TIDf55CH-7Y79t5GsH4phD48ryBL4Jo-UFIjGyBnu6cx2kOIUCp9vt3A>

AISLADORES²⁸

Se utilizan para aislar y como soporte de las barra colectoras, o de barras de puesta a tierra, utilizada en la transmisión de alta tensión. Esto incluye los tableros de control. Los materiales más comunes utilizados para aisladores en la transmisión de energía son de cerámica o porcelana, y con materiales compuestos de polímero. En el anexo 6 se describe las características de los aisladores utilizados en este proyecto.

Los aisladores que se utilizan en nuestro diseño son de porcelana están hechos de arcilla, cuarzo y feldespato o alúmina, y luego se cubre con un glaseado suave para reducir la acumulación de suciedad. Observar figura 2.10.

²⁸ <http://html.rincondelvago.com/tipos-de-aisladores.html>



Figura 2. 10: Aisladores utilizados para colocar las barras de cobre.

Fuente: <http://www.camscointernational.com/home/home.html>

BARRA DE COBRE²⁹

El Cobre es un metal comercialmente puro, relativamente suave, de alta conductividad, refinado por deposición electrolítica con un contenido de oxígeno bajo y controlado. Sus principales características son:

- Excelente conductividad eléctrica que permite aplicaciones en electricidad y electrónica.
- Excelente conductividad térmica que permite las aplicaciones relacionadas con los equipos termodinámicos.
- El cobre puede ser rechazado, estirado, laminado, forjado, pulido, soldado, etc.

En la figura 2.11 se puede apreciar las barras de cobre a utilizar en los tableros de control y en el anexo 7 las características de las barras de cobre.

Las barras de cobre que se utilizan son de las siguientes medidas: 1/2" x 1" con una capacidad de conducción de 620 amperios a una temperatura de 30°C.

²⁹ <http://www.electricidadgeneral.com>

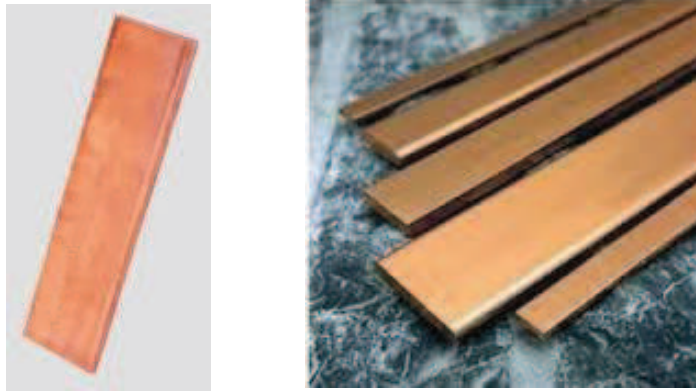


Figura 2. 11: Barra de cobre utiliza en el armado del sistema de fuerza de los tableros.

Fuente: <http://www.diproel.cl/catalogo6.html>

BORNERAS DE CONTROL³⁰

Es un dispositivo simple de conexión, diseñado para establecer conexiones eléctricas perdurables y confiables. Está compuesto por dos partes un cuerpo aislante y un cuerpo conductor. En el anexo 8 sus características se las detalla con exactitud.

Los que se utilizan en el diseño de los tableros de control son de 2.5 mm^2 , ver figura 2.12, y sus características son las siguientes:

- ✓ Identificación por ambos laterales del borne.
- ✓ Conexión de cables mediante la sujeción con tornillos reduciendo puntos calientes producidos por la circulación de la corriente eléctrica.
- ✓ Resistente cuerpo aislante.

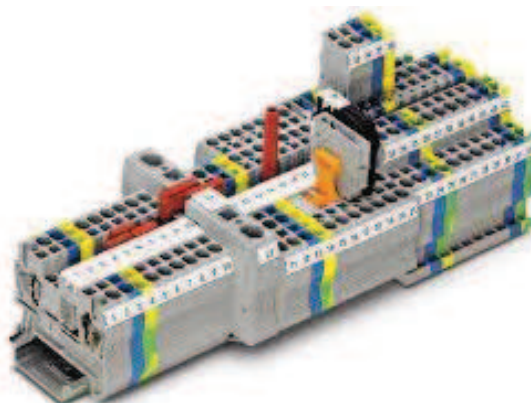


Figura 2. 12: Bornera de conexión utilizada en el diseño de control eléctrico.

Fuente: <http://www.maresa.com/pdf/>

³⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_cableada

TRANSFORMADOR DE CONTROL³¹

Es un dispositivo utilizado en los tableros de control para reducir el voltaje, los elementos de control a utilizar funcionan con un voltaje de 220 V, pero la alimentación principal de voltaje originada por un generador a diesel es de 440 V. Por lo que utilizamos un transformador de control monofásico. En la figura 2.13 observamos el transformador a utilizar. Por el consumo de corriente de los tableros de control y la distancia que existe entre la consola de mando a distancia y los tableros el transformador a utilizar es de 50 KVA. Sus características técnicas se las observa en el anexo 9.

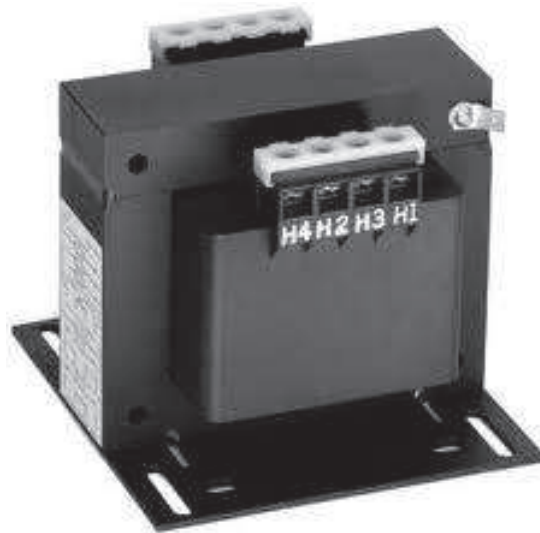


Figura 2. 13: Transformador utilizado para control industrial.

Fuente: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/1151309/229413/6488319/>

ARRANCADOR SUAVE³²

Son arrancadores estáticos proyectados para aceleración, desaceleración y protección de motores eléctricos de inducción trifásicos a través del control de la tensión aplicada al motor. Son compactos, contribuyendo para la optimización del espacio en los tableros eléctricos.

³¹ http://www.ehowenespanol.com/funcionan-transformadores-control-como_147439/

³² <http://ecatalog.weg.net/>

Sus características son:

- Reducción acentuada de los esfuerzos en los acoplamientos y dispositivos de transmisión (reductores, poleas, engranajes, correas, etc.) durante el arranque.
- Aumento de la vida útil del motor y equipamientos mecánicos de la máquina accionada por la eliminación de los golpes mecánicos.
- Facilidad de operación, ajuste y mantenimiento.
- Instalación eléctrica sencilla.
- Operación en ambientes hasta 55°C.

El arrancador suave es especialmente recomendado para aplicaciones como:

- Bomba de Vacío;
- Bombas Centrífugas;
- Calandras (arranques a vacío);
- Compresores de Tornillo (arranque con alivio);
- Mezcladoras;
- Refinadores de Celulosa;
- Ventiladores Axiales (baja inercia – carga ligera).

En base a necesidades y requerimientos de la planta de trituración de piedra se ha optado por escoger arrancadores marca WEG, que son muy conocidos en el mercado; estos arrancadores incluyen un software para su dimensionamiento y de parámetros, de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.

2.1.1 SOFTWARE DE DIMENSIONAMIENTO Y PARAMETRIZACIÓN DE LOS ARRANCADORES³³

Este software de dimensionamiento WEG permite escoger el tipo de arrancador que la carga requiere. En primer lugar se debe tener en cuenta las características de la carga, condiciones del ambiente de trabajo y número de arranque por hora de cada motor, como consideraciones básicas.

³³ sdw.weg.net/

A continuación se describe cada pantalla del software de dimensionamiento. Este software tiene la finalidad de ayudar en el dimensionamiento y especificación de los arrancadores suaves WEG.

Las principales funciones y ventajas del software son:

- ✓ Utiliza el banco de datos de los motores WEG para la ayuda en la selección.
- ✓ Tiene como opción de dimensionamiento, las principales aplicaciones con sus respectivas características.
- ✓ Permite dimensionar el arrancador considerando las diversas condiciones de partida.
- ✓ El resultado presenta, además del modelo, una lista de parámetros básicos para la ayuda en la puesta en marcha del arrancador.

Para proceder a dimensionar los arrancadores que necesitamos para nuestros tableros procedemos de la siguiente manera:

- Ingresamos al software de dimensionamiento WEG, como se observa en la figura 2.14. Seleccionamos el idioma y ubicación.



Figura 2. 14: Ingreso al software de dimensionamiento WEG.

Fuente: <http://sdw.weg.net/>

- Damos click en avanzar y aparece una nueva pantalla como se puede ver en la figura 2.15 y presionamos con un click en entrar.



Figura 2. 15: Ingreso y especificaciones del software de dimensionamiento WEG.

Fuente: <http://sdw.weg.net/>

- Una vez que se ingresa al sistema se coloca los datos del motor en el siguiente orden, como se puede observar en la figura 2.16:
 1. Seleccionamos tipo de motor/línea en nuestro caso colocamos uso general – alta eficiencia 60Hz.
 2. Elegimos número de polos según datos de placa del motor.
 3. Buscamos la categoría del motor por lo general tipo N.
 4. Elegimos la tensión nominal de funcionamiento del motor en nuestro sistema de funcionamiento en la planta de trituración de piedra es de 440 V.
 5. Y por ultimo escogemos la potencia nominal del motor que es obtenida en la placa del motor.



Figura 2. 16: Ingreso de los datos del motor en el software de dimensionamiento WEG.

Fuente: <http://sdw.weg.net/>

- A continuación seguimos ingresando datos del motor, como podemos observar en la figura 2.17, siguiendo el orden que se detalla en los siguientes pasos:
 1. Ingresamos el factor de potencia obtenido en la placa del motor.
 2. Procedemos con el rendimiento obtenido en la placa del motor.
 3. A continuación ingresamos la corriente nominal de consumo del motor de inducción obtenido en la placa del motor.
 4. Seguimos con el tiempo a rotor bloqueado.
 5. Y por último el momento de inercia este dato obtenido en el manual del motor.

WEG

Software de Dimensionamiento WEG®
[Soft-Starter] SDW 4.0

Datos del Motor

Factor de potencia 0.83 pu
 Rendimiento 89 %
 Corriente nominal 16 A
 Factor de servicio 1
 Tiempo de rotor bloqueado 10 s
 Momento de Inercia (J) 0.04652 kg.m²

MENSAJE

Figura 2. 17: Ingreso de otros datos del motor necesarios para el dimensionamiento WEG.

Fuente: <http://sdw.weg.net/>

- Se da clic en avanzar y aparece una nueva pantalla en la cual se siguen ingresando datos del motor que vamos a detallar a continuación, observar figura 2.18 y se puede ver un grafico estimado del arranque del motor.
 1. Ingresamos el valor de torque (par) nominal (C_n) obtenido en el catálogo de motores marca WEG. Ver anexo 16.
 2. Procedemos con el ingreso del valor de torque (par) con rotor bloqueado (C_p/C_n) igual como el dato anterior obtenido en el catálogo.
 3. Luego ingresamos el valor de torque (par) máximo (C_{max}/C_n) dato obtenido en el catálogo de motores eléctricos de inducción.
 4. Y por ultimo ingresamos los valores de la corriente con rotor bloqueado (I_p/I_n), este dato igual se lo obtiene del catálogo.

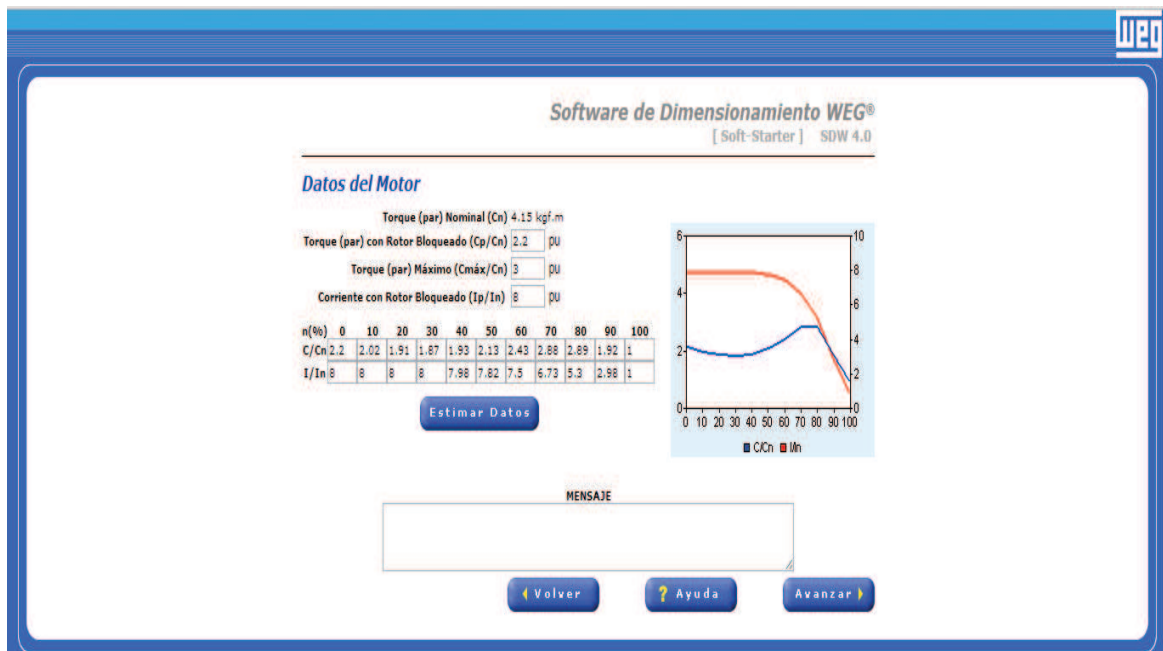


Figura 2. 18: Ingreso de los parámetros de torque del motor.

Fuente: <http://sdw.weg.net/frmEtapa3.aspx>

- Procedemos con un clip en avanzar y se nos presenta una nueva pantalla en donde se va a ingresar los datos de aplicación del motor, como se puede observar en la figura 2.19. Y los valores los explicamos a continuación:
 1. Se selecciona el tipo de carga a utilizar el motor, en nuestro caso se debe elegir trituración y cinta transportadora.
 2. Luego procedemos con el ingreso de un dato adicional de referencia a la aplicación señalada en el paso 1.
 3. Continuamos con el ingreso del dato de inercia con referencia al eje del motor este dato automáticamente es proporcionado por el software.
 4. Procedemos con el número de arranques que tiene el motor en una hora, en nuestra planta de trituración de piedra es de un arranque cada hora.
 5. Seguimos con el siguiente parámetro que es el intervalo entre arranques por defecto se selecciona automáticamente según el dato anterior (paso 4).

6. Y por ultimo colocamos el valor del factor de utilización en porcentaje, este dato se refiere al tiempo de funcionamiento del motor entre un arranque y otro.

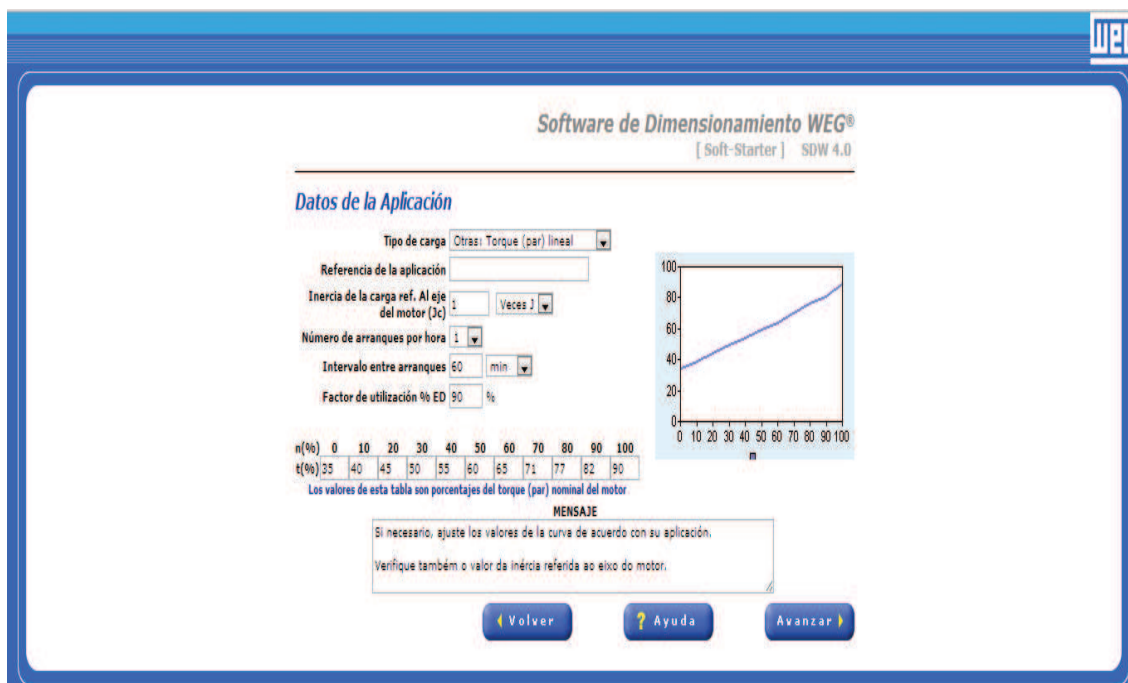


Figura 2. 19: Ingreso de los valores de los datos de aplicación del motor al software.

Fuente: <http://sdw.weg.net/frmEtapa4.aspx>

- Se da clic en avanzar y se presenta una nueva pantalla la cual nos permite ingresar los datos generales como son condiciones del ambiente y las características del sistema que a continuación se describen, ver figura 2.20.
 1. Ingresamos el valor de la altitud donde va a estar instalado el arrancador y variador de velocidad.
 2. Luego procedemos con el ingreso del valor de la temperatura de ambiente a la cual va a operar el arrancador y variador de velocidad.
 3. Continuamos con los valores de las características del sistema, colocando un valor de la red trifásica a utilizar en nuestro caso 440 V.

4. Procedemos con el ingreso del valor de la caída de tensión en el arranque del motor por lo general se produce una caída de 2,5% con respecto a la tensión nominal de funcionamiento.
5. Y por último se ingresa el valor de la tensión de comando de la electrónica de funcionamiento del arrancador suave, para el diseño se coloca 220 V.



Figura 2. 20: Ingreso de los valores de los datos generales en el software de dimensionamiento.

Fuente: <http://sdw.weg.net/frmEtapa5.aspx>

- Por último se da clic en avanzar y obtenemos los resultados de los arrancadores a utilizar en la planta de trituración de piedra, en el resultado se muestra arranque con limitación de corriente y arranque con rampa de tensión. Para elegir se acude a los requerimientos necesitados en la planta de trituración de piedra. La elección se la puede observar más adelante en el montaje de los elementos y los gráficos de curva de los arrancadores en su funcionamiento en el anexo 10. Ver figura 2.21.

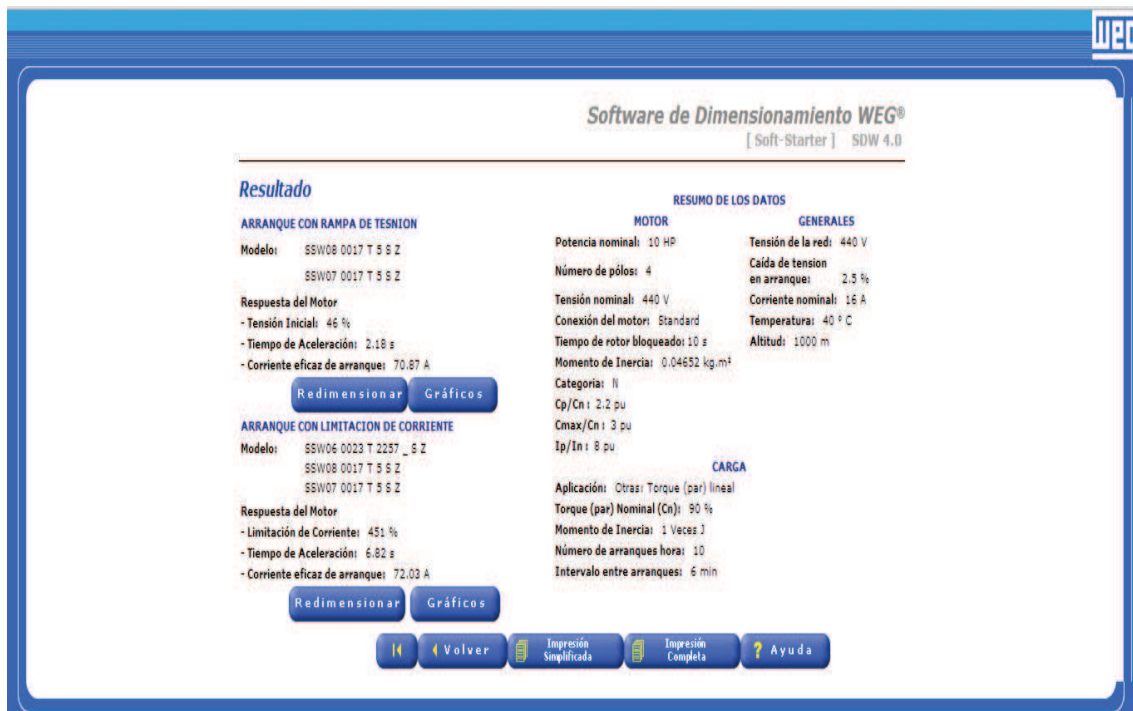


Figura 2. 21: Resultado obtenido en el dimensionamiento de los arrancadores.

Fuente: <http://sdw.weg.net/>

VARIADOR DE VELOCIDAD³⁴

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el par de fuerzas de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. Ver figura 2.22.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- ✓ Dominio de par y la velocidad.
- ✓ Regulación sin golpes mecánicos.
- ✓ Movimientos complejos.
- ✓ Mecánica delicada.

³⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad



Figura 2. 22: Modelo un variador de frecuencia WEG (CFW09)

Fuente: Manual del variador de frecuencia WEG CFW09.

Sus ventajas para su elección son las siguientes:

- ✓ El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- ✓ La conexión del cableado es muy sencilla.
- ✓ Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- ✓ Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- ✓ Limita la corriente de arranque.
- ✓ Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- ✓ Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- ✓ Puede controlarse directamente a través de un plc o microprocesador.
- ✓ Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- ✓ Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, r.p.m, etc....).

Con las especificaciones descritas anteriormente se puede armar los tableros de control para la trituradora de piedra marca MINYU.

El primer tablero va a constar de un PLC (Logo! 230RC), arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para controlar los motores de las bandas, relés auxiliares para

el control de los arrancadores suaves, pulsadores, luces pilotos, canaletas, un arrancador suave SSW 04 (WEG) para la zaranda, un arrancador suave SSW 04 para el alimentador vibratorio, juego de barras de cobre para la alimentación, breakers de caja moldeada para los arrancadores suaves, breakers de control, transformador 440V-220V y borneras de control.

El segundo tablero va a constar de un arrancador suave SSW 03 (WEG) para el motor de la trituradora de mandíbula, un contactor con relé térmico para el arranque del sistema hidráulico de la trituradora de mandíbula (gato hidráulico), relés auxiliares para el control, breaker principal, breaker para el contactor, pulsadores, luces pilotos, canaletas, juego de barras de cobre para alimentación del tablero, borneras de control y breakers para el control.

El tercer tablero va a constar de un arrancador suave SSW 03 (WEG) para el motor de la trituradora de cono, contactores con relé térmico para el arranque del sistema hidráulico y lubricación de la trituradora de cono, relés auxiliares para el control, arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para las bandas de entrada y salida de la trituradora de cono, breakers para los arrancadores, pulsadores, luces pilotos, canaletas, juego de barras de cobre para alimentación del tablero, borneras de control y breakers para el control.

Para la trituradora terciaria se diseñaran dos tableros que va a contener un variador de velocidad CFW 09 (WEG) para el motor de la trituradora de impacto de eje vertical, relés auxiliares para el control, canaletas, breaker para el variador, fusibles ultra rápidos, borneras de control, arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para la banda de entrada y salida de la trituradora de eje vertical, inductancias, transformador 440V-220V, pulsadores, borneras de control, luces pilotos y breakers de control.

La consola va a constar de canaleta, breakers de control, pulsadores, luces pilotos, borneras de control, voltímetro, amperímetro y un controlador de velocidad para el motor del alimentador vibratorio de la trituradora de muela.

2.2 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL.

Este tablero va a constar de arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para las bandas transportadoras, arrancadores suaves SSW 04 (WEG) para la zaranda y alimentador vibratorio; además de pulsadores, luces piloto, paro de emergencia, RLC (LOGO! 230 RC), relés auxiliares, transformador de 440 V – 220 V, breakers de caja moldeada para los arrancadores, breakers para el control, juego de barras, borneras de control y canaletas.

El software de dimensionamiento weg nos dio como resultado que para los motores de las bandas necesitamos un arrancador suave SSW050016T2246SPZ. Las curvas graficas se las puede observar en el anexo 10.

Para los motores del alimentador vibratorio y zaranda necesitamos un arrancador suave SSW04 45/220 – 440 VAC. Las curvas graficas se las puede observar en el anexo 10.

Una vez armado el tablero en la parte mecánica, ver anexo 11, se procede con el plano de montaje (ver figura 2.23) para colocar los elementos en el interior del tablero, siguiendo los siguientes pasos de montaje:

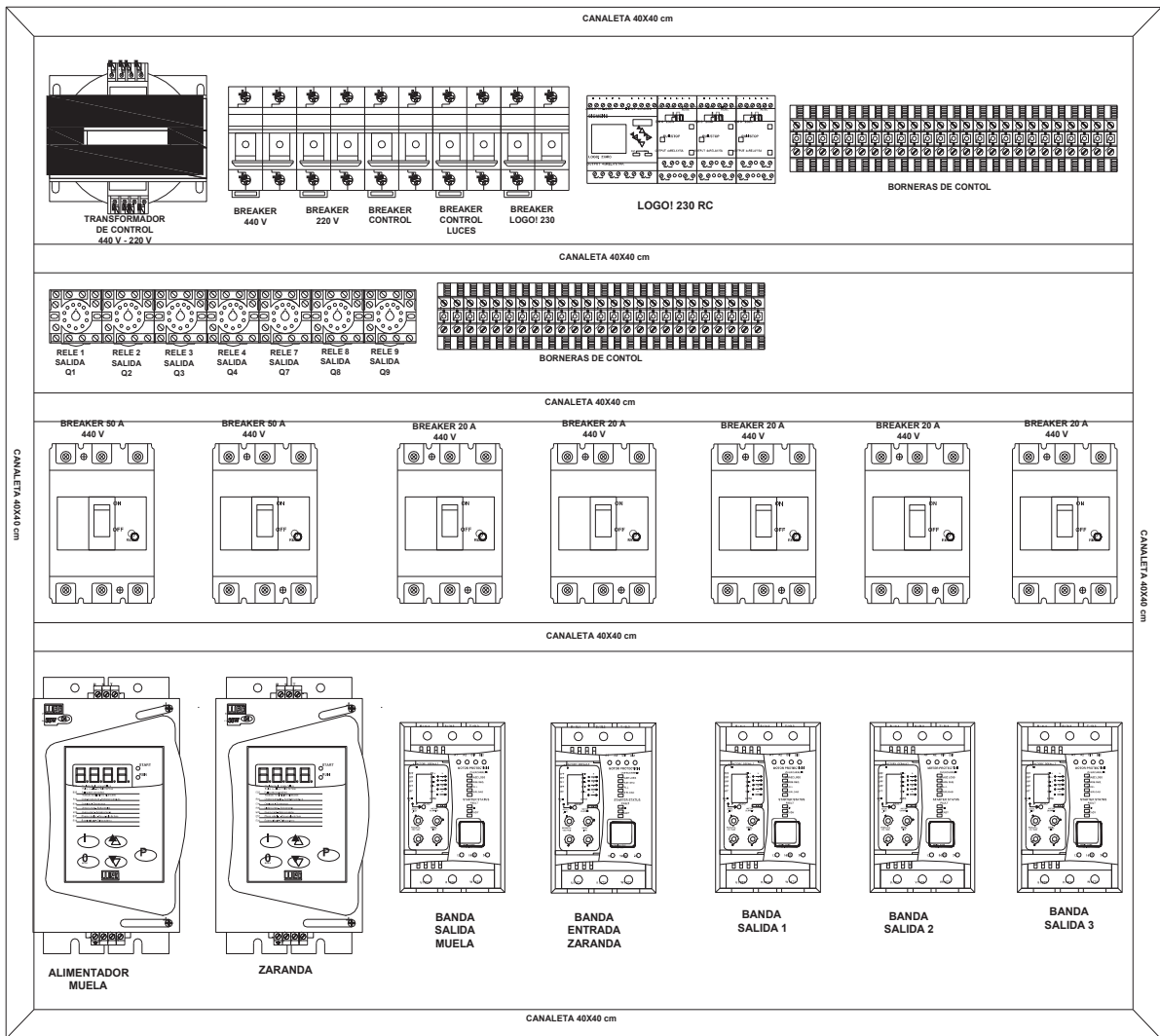


Figura 2. 23: Plano de montaje tablero de control.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

- ✓ Realizar la colocación de las canaletas plástica 40x40 mm con ranura en todo el interior del tablero formando un cuadro y también la colocación de la riel din en la cual van a ir los elementos de control. Ver figura 2.24.

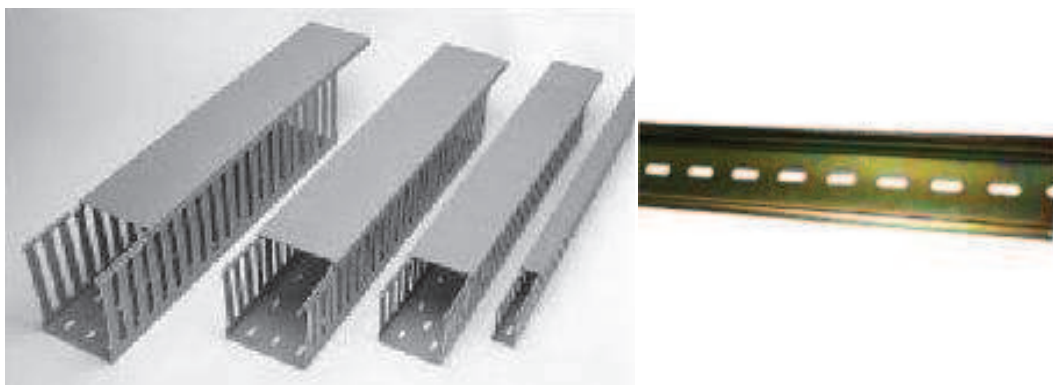


Figura 2. 24: Canaleta y riel din a utilizar en los tableros de control.

Fuente: www.prodelmesa.com

- ✓ Se continúa con el anclaje de los breakers de caja moldeada para los arrancadores suaves, los breakers a utilizar son de 20 A para los arrancadores suaves SSW05, luego se coloca los breakers de caja moldeada de 50 A para los arrancadores suaves SSW04. Ver figura 2.25.



Figura 2. 25: Arrancadores suaves y breakers de caja moldeada utilizados en el diseño.

Fuente: www.weg.net

- ✓ A continuación se procede con la realización de las barras de cobre, se utilizará tres barras de cobre para la alimentación del sistema de fuerza de los arrancadores suaves y transformador lado primario, recordar que la alimentación de los motores es a 440 V. Se utilizará barra de cobre de dimensiones $\frac{1}{2}$ "x1" con sus respectivos aisladores, ver figura 2.26. Las barras de cobre serán perforadas para poder conectar los aisladores y los cables de fuerza. Los cables de fuerza son colocados de manera

alternada, para dimensionar estos se procede al anexo 15 donde nos indica la capacidad de conducción. El cable utilizado es el número 10 AWG.

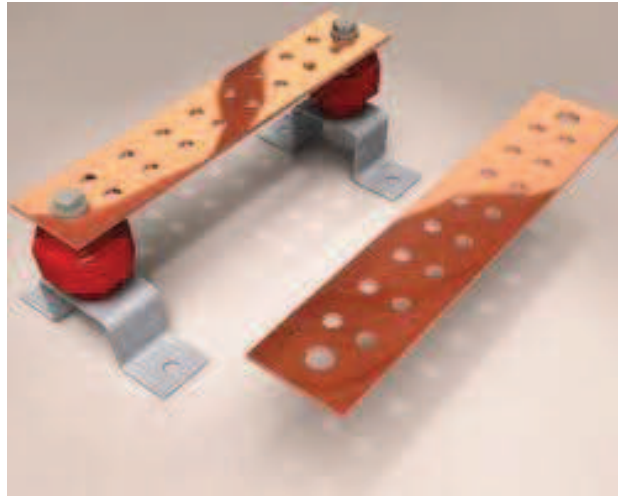


Figura 2. 26: Barra de cobre perforada con su respectivo aislador.

Fuente: www.prodelmesa.com

- ✓ Se continúa con la colocación del PLC con sus expansiones antes seleccionadas, breakers para control eléctrico de 6 amperios, borneras y relés auxiliares de 3 polos con bobina a 220 V. Ver figura 2.27.



Figura 2. 27: PLC, breakers de control relé auxiliar y borneras de control que van en el tablero.

Fuente: www.prodelmesa.com

✓ Por último se ancla el transformador de 50 VA. Ver figura 2.28.



Figura 2. 28: Transformador utilizado para control industrial.

Fuente: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/1151309/229413/6488319/>

Una vez anclado los elementos en el interior del tablero se arma la puerta del tablero, las medidas de esta puerta son observadas en el anexo 11, esta contiene los pulsadores de paro y marcha de 22 mm, pulsador de paro de emergencia de 22 mm y luces piloto de indicación de prendido y apagado para este tablero se utilizaran 7 luces piloto color rojo de 22 mm, 7 luces piloto color verde de 22 mm, 7 pulsadores de marcha (verde), 7 pulsadores de paro (rojo) y un pulsador paro de emergencia. Ver figura 2.29 y figura 2.30.



Figura 2. 29: Pulsadores y luces piloto a utilizar. Todos de 22 mm.

Fuente: www.prodelmesa.com



Figura 2. 30: Esquema de ubicación de las botoneras y luces piloto del tablero de control.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

2.3 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA PRIMARIA.

Este tablero va a constar de arrancador suave SSW 03 (WEG) para la trituradora primaria (muela), contactor para el gato hidráulico; además de pulsadores, luces piloto, paro de emergencia, relés auxiliares, breakers de caja moldeada de 225 A, juego de barras de cobre, borneras de control, canaletas y breaker principal de 500A.

El software de dimensionamiento weg nos entregó, como resultado que para el motor de la trituradora primaria (muela) necesitamos un arrancador suave SSW03 205/220 – 440 VAC. Las curvas gráficas se las puede observar en el anexo 10.

Para el motor del gato hidráulico necesitamos un contactor de 9 amperios con un relé térmico con escala entre 5.5 A – 8 A, estos datos tomados de la placa del motor para dimensionar el relé térmico.

Una vez armado el tablero en la parte mecánica, ver anexo 11, se procede con los planos de montaje a colocar los elementos en el interior del tablero, siguiendo los siguientes pasos de montaje, observar figura 2.31.

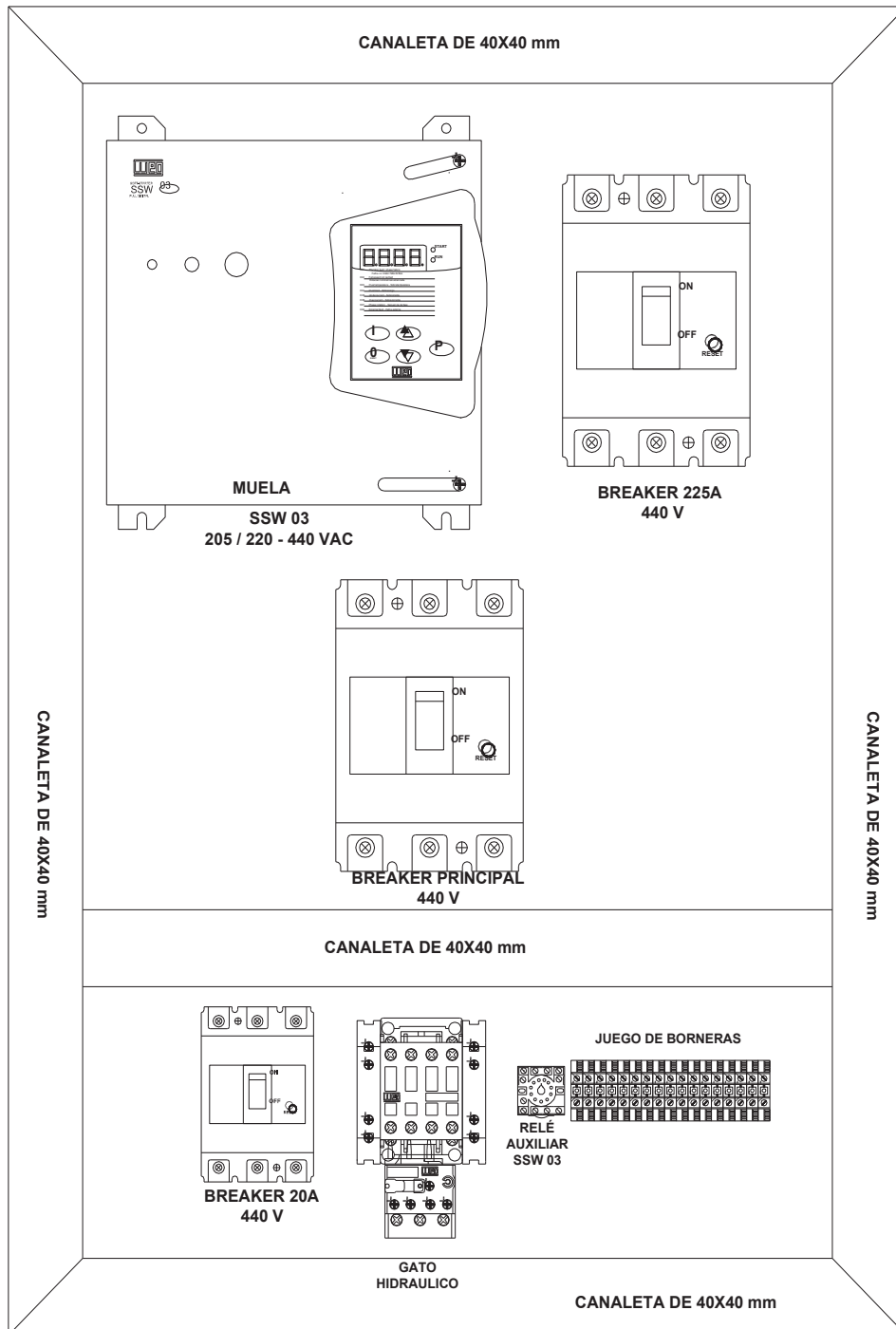


Figura 2. 31: Plano de montaje tablero de la trituradora primaria (Muela).

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

- ✓ Realizar la colocación de las canaletas plástica 40x40 mm ranurada en todo el interior del tablero formando un cuadro también colocar la riel din para contactor, borneras y relés auxiliares. Ver figura 2.24.
- ✓ Se continua con el anclaje de los breakers de caja moldeada para la alimentación principal 500 A trifásico, breaker de caja moldeada para el arrancador suave SSW03 de 225 A trifásico y breaker de caja moldeada de 20 A trifásicos para el contactor. Ver figura 2.32.



Figura 2. 32: Arrancador suave SSW03, contactor con relé termico y breakes de caja moldeada usados en este tablero de control.

Fuente: www.weg.net; <http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems-19851.html>

- ✓ Se procede con la realización de las barras de cobre, se utilizara tres barras de cobre para la alimentación del sistema de fuerza del arrancador suave, del contactor para el gato hidráulico, recordar que la alimentación de los motores es a 440 V. Se utilizara barra de cobre de

dimensiones $\frac{1}{2}$ "x1", con sus respectivos aisladores. Las barras de cobre serán perforadas para poder conectar los aisladores y los cables de fuerza. Los cables de fuerza son colocados de manera alternada, para dimensionar estos se procede al anexo 7 donde nos indica la capacidad de conducción. El cable utilizado es el número 2/0 AWG, ver anexo 15 del cable utilizado. Ver figura 2.26.

- ✓ Se continúa con la colocación de borneras de control y relés auxiliares de 3 polos con bobina a 220 V. Ver figura 2.33.



Figura 2. 33: Relé auxiliar de 3 polos y borneras de control.

Fuente: <http://www.prodemelsa.com/index.php/>

Una vez anclado los elementos en el interior del tablero se arma la puerta del tablero, ver anexo 11, esta contiene los pulsadores de paro y marcha, pulsador de paro de emergencia y luces piloto de indicación de prendido y apagado para este tablero se utilizaran 2 luces piloto color rojo, 2 luces piloto color verde, 2 pulsadores de marcha (verde), 2 pulsadores de paro (rojo) y un pulsador paro de emergencia, con medidas de 22 mm todos estos elementos antes mencionados. Ver figura 2.29 y figura 2.34.



Figura 2. 34: Esquema del montaje de los pulsadores en la puerta del tablero trituradora primaria.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

2.4 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA SECUNDARIA.

Este tablero va a constar de arrancador suave SSW 03 (WEG) para la trituradora secundaria (cono), contactor para el gato hidráulico, contactor para la bomba de lubricación, arrancadores suaves SSW05 para las bandas de entrada y salida de cono; además de pulsadores, luces piloto, paro de emergencia, relés auxiliares, breakers de caja moldeada de 225 A y 20 A, juego de barras de cobre, borneras de control, canaletas.

El software de dimensionamiento weg nos entregó, como resultado que para el motor de la trituradora secundaria (cono) necesitamos un arrancador suave SSW03 205/220 – 440 VAC. Las curvas gráficas se las puede observar en el anexo 10.

Para el motor del gato hidráulico y bomba de lubricación necesitamos un contactor de 9 amperios con un relé térmico con escala entre 5.5 A – 8 A, estos datos tomados de la placa del motor para dimensionar el relé térmico.

El software de dimensionamiento weg nos dio como resultado que para los motores de las bandas necesitamos un arrancador suave SSW050016T2246SPZ. Las curvas graficas se las puede observar en el anexo 10.

Una vez armado el tablero en la parte mecánica, ver anexo 11, se procede con los planos de montaje a colocar los elementos en el interior del tablero, siguiendo los siguientes pasos de montaje, observar figura 2.35.

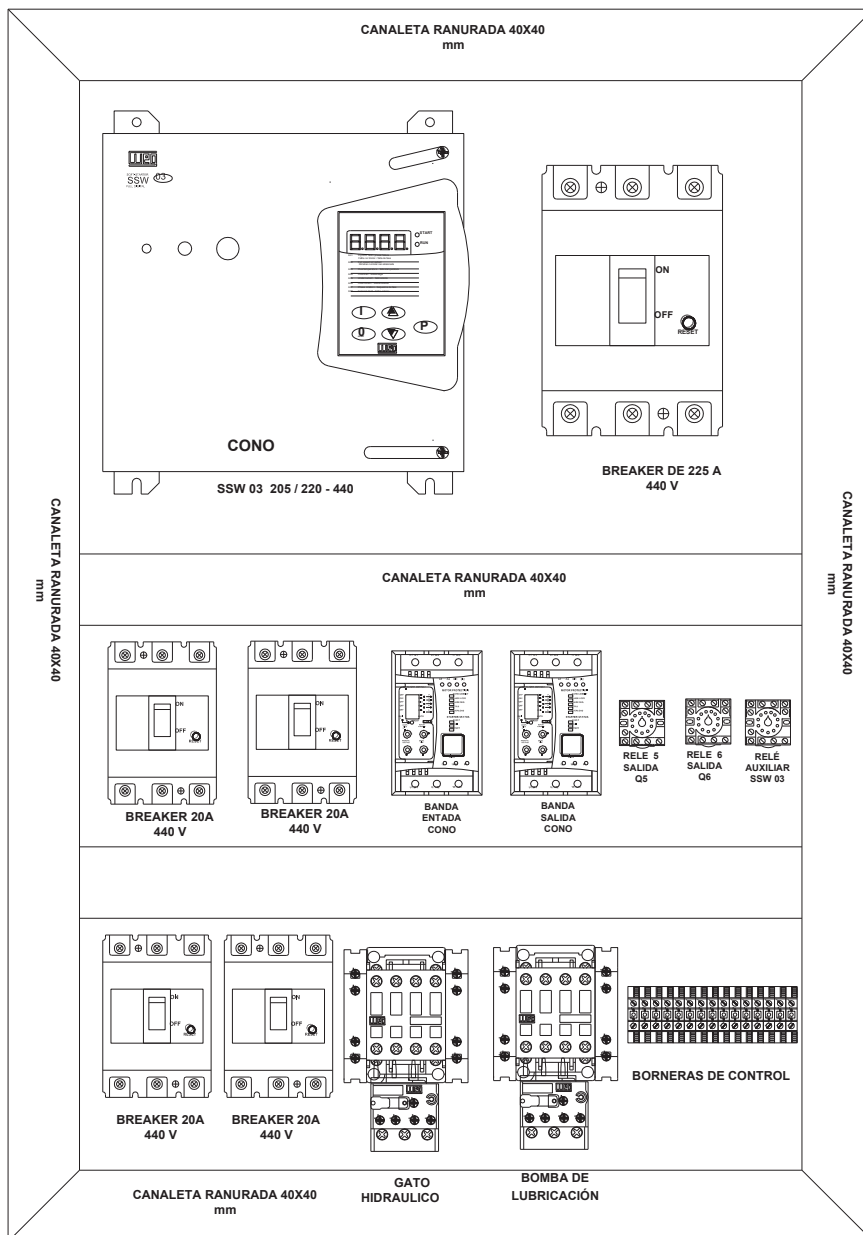


Figura 2. 35: Plano de montaje del tablero de la trituradora de secundaria (Cono).

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

- ✓ Realizar la colocación de las canaletas plástica 40x40 mm ranurara, en todo el interior del tablero formando un cuadro también se coloca la riel din para los contactores, arrancadores suaves, borneras y relés auxiliares. Ver figura 2.24.
- ✓ Se continua con el anclaje del breaker de caja moldeada para el arrancador suave SSW03 de 225 A trifásico y cuatro breakers de caja moldeada de 20 A trifásicos para los contactores y arrancadores suaves. Ver figura 2.25 y figura 2.32.
- ✓ Se procede con la realización de las barras de cobre, se utilizara tres barras de cobre para la alimentación del sistema de fuerza del arrancador suave, del contactor para el gato hidráulico, recordar que la alimentación de los motores es a 440 V. Se utilizara barra de cobre de dimensiones $\frac{1}{2}$ "x1", con sus respectivos aisladores. Las barras de cobre serán perforadas para poder conectar los aisladores y los cables de fuerza. Los cables de fuerza son colocados de manera alternada, para dimensionar estos se procede al anexo donde nos indica la capacidad de conducción. El cable utilizado es el número 2/0 AWG, ver anexo 15 del cable utilizado. Ver figura 2.26.
- ✓ Se continúa con la colocación de borneras y relés auxiliares de 3 polos con bobina a 220 V. Ver figura 2.33.

Una vez anclado los elementos en el interior del tablero se arma la puerta del tablero, ver anexo 11, esta contiene los pulsadores de paro y marcha, pulsador de paro de emergencia y luces piloto de indicación de prendido y apagado para este tablero se utilizaran 5 luces piloto color rojo, 5 luces piloto color verde, 5 pulsadores de marcha (verde), 5 pulsadores de paro (rojo) y un pulsador paro de emergencia, estos con medidas de 22 mm. Observar figura 2.29 y figura 2.36.

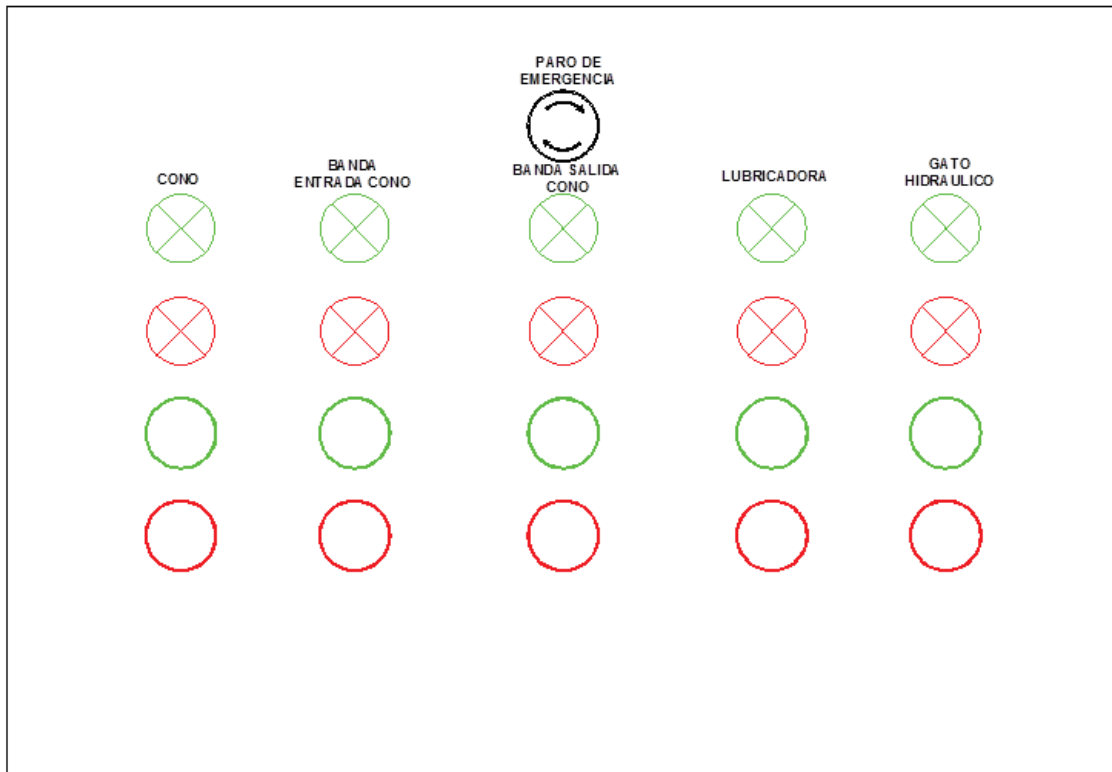


Figura 2. 36: Esquema de montaje de los pulsadores en la puerta del tablero de la trituradora secundaria.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

2.5 DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL TRITURADORA TERCIARIA.

Estos tableros van a constar de un variador de velocidad CFW 09 (WEG) para la trituradora terciaria, contactor para la bomba de lubricación, arrancadores suaves SSW 05 (WEG) para la banda de entrada y salida de la trituradora de eje vertical; además de pulsadores, luces piloto, paro de emergencia, relés auxiliares, transformador para control 440V-220V, breakers de caja moldeada, breakers para el control, reactancias para disminuir los armónicos, fusibles ultra rápidos, borneras de control y canaleta.

El software de dimensionamiento weg nos entregó, como resultado que para el motor de la trituradora terciaria (trituradora de eje vertical) necesitamos un variador de velocidad CFW090450T3848PSZ. Las curvas gráficas se las puede observar en el anexo 10.

Para el motor de la bomba de lubricación necesitamos un contactor de 9 amperios con un relé térmico con escala entre 5.5 A – 8 A, estos datos tomados de la placa del motor para dimensionar el relé térmico.

El software de dimensionamiento *weg* nos dio como resultado que para los motores de las bandas necesitamos un arrancador suave SSW050016T2246SPZ. Las curvas graficas se las puede observar en el anexo 10.

Una vez armado los tableros en la parte mecánica, ver anexo 11, se procede con los planos de montaje a colocar los elementos en el interior del tablero, siguiendo los siguientes pasos de montaje, observar figura 2.37 y 2.38.

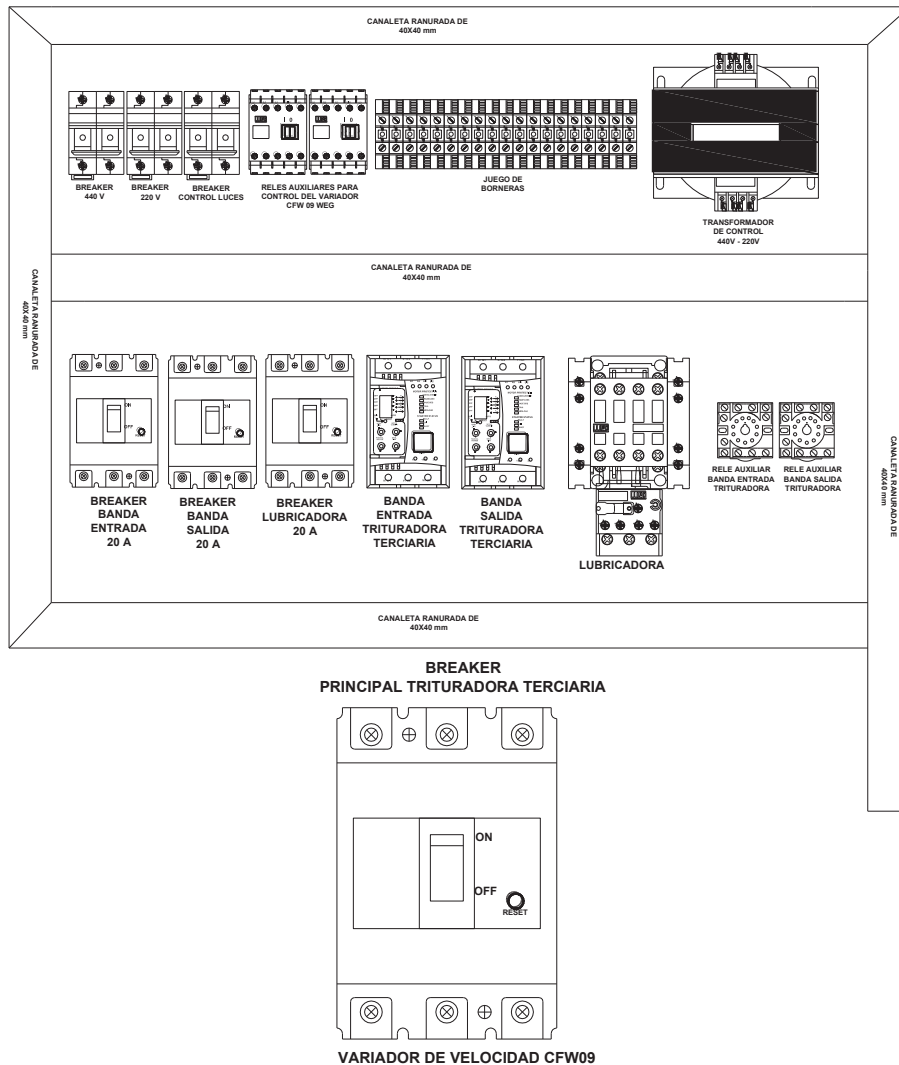


Figura 2. 37: Plano de montaje para el tablero de la trituradora terciaria.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

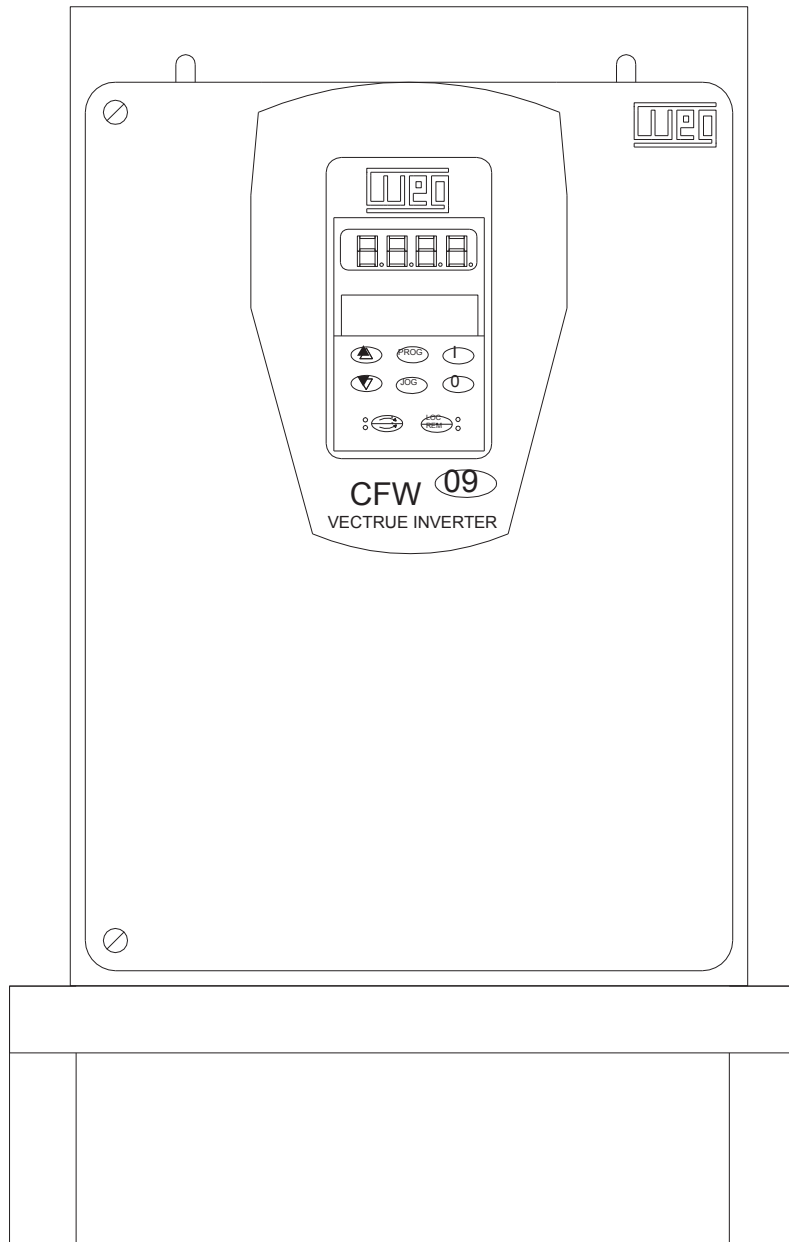


Figura 2. 38: Plano de montaje del variador para la trituradora terciaria.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

- ✓ Realizar la colocación de las canaletas plástica 40x40 mm ranurara en el interior del tablero formando un cuadro también se coloca la riel din para los contactores, arrancadores suaves, borneras y relés auxiliares. Ver figura 2.24.
- ✓ Se continúa con el anclaje del breaker de caja moldeada para el variador de frecuencia CFW09 de 400 A trifásico y tres breakers de caja

moldeada de 20 A trifásicos para los arrancadores suaves SSW05 y para el contactor. Ver figura 2.25.

- ✓ Se continúa con la colocación de borneras y relés auxiliares de 3 polos con bobina a 220 V, ver figura 2.33; por ultimo en lo que se refiere al control eléctrico se coloca del transformador de control de 50 VA 440V-220V, ver figura 2.28.
- ✓ Se procede con el anclaje de unas reactancias inductivas para proteger al variador y motor, y también de los fusibles ultra rápidos que son parte del sistema de protección del tablero. Ver figura 2.39.



Figura 2. 39: Inductancias y fusibles ultra rápidos.

Fuentes: <http://ecatalog.weg.net/files/produtos/Fusiveis-DNH-G.jpg>

REACTANCIA³⁵

Estas reactancias tienen como papel principal la reducción del rizado de la frecuencia y sus armónicos. Es importante colocarlo cuando la distancia entre el convertidor y el motor supera los 50 metros. Las características técnicas se las observa en el anexo 12.

Las reactancias desempeñan muchas y diversas funciones en la instalación de los variadores. Éstas son algunas de sus funciones:

1. Se coloca una reactancia de corriente alterna, Para contrarrestar posibles efectos de las bornes de conexión como picos parásitos de tensión, caídas de tensión y pérdidas de alimentación momentánea (por voltaje bajo). Las reactancias también permiten mejorar la potencia eléctrica del sistema, cuando éste funciona con velocidades y cargas distintas.
2. Entre el variador y el motor: la capacitancia que se produce en los conductores puede provocar fugas de corriente, así como interrupciones o bloqueos del variador en fallas de la conexión a tierra o en casos de sobrecorriente. La reactancia altera el circuito equivalente, con lo que se reducen al mínimo las posibilidades de interrupción o bloqueo provocadas por las fugas de corriente.
3. En el circuito de c.c. del variador: en el circuito de c.c. intermedios se acopla una reactancia de c.c. que reduce de modo considerable los niveles de distorsión armónica que se generan al utilizar variadores debido a la carga rápida por pulsos no lineal del circuito de c.c. de los variadores. Como consecuencia, se generan corrientes armónicas que se superponen a las básicas, distorsionando de este modo la onda sinusoidal teórica. Esta reacción puede dar lugar a ciertos problemas como el calentamiento de los cables, ruidos como las interrupciones y la

³⁵ <http://www.reitec.es/V2/Pdf/documentacion3.pdf>

reducción de la vida útil de los componentes. La mayoría de los variadores por encima de los 15 KW disponen de reactancia de c.c.

FUSIBLE ULTRA RAPIDO³⁶

Están conformados con una sección de hilo fino, más fino que los conductores normales, es colocado en la entrada del circuito que se va a proteger.

Cuando aumenta la corriente, debido a un cortocircuito, este se calienta, y por tanto es el primero en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

Los fusibles rápidos se funden en un segundo para:

$$I = 2,5 I_f: I_f \text{ es la corriente de fase en el circuito.}$$

Con esta fórmula se dimensionan los fusibles ultra rápidos a utilizar en nuestro tablero de la trituradora terciaria. En el anexo 13, se detalla la capacidad de amperaje de estos fusibles. Los que se van a utilizar son FNH2 – 400 K – A.

Una vez anclado los elementos en el interior del tablero se arman las puertas de los tablero, ver anexo 11, esta contiene los pulsadores de paro y marcha, pulsador de paro de emergencia y luces piloto de indicación de prendido y apagado, para este tablero se utilizaran 4 luces piloto color rojo, 4 luces piloto color verde, 4 pulsadores de marcha (verde), 4 pulsadores de paro (rojo) y un pulsador paro de emergencia, estos de medida 22 mm. Observar figura 2.29 y figura 2.40.

³⁶ http://html.rincondelvago.com/fusibles_2.html



Figura 2. 40: Esquema de montaje de los pulsadores y luces piloto de la trituradora terciaria.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

2.6 DISEÑO DE LA CONSOLA.

Esta va a constar de pulsadores dobles (ON – OFF), luces piloto, paro de emergencia, breakers para el control, borneras de control y canaletas.

Una vez armada la consola en la parte mecánica, ver anexo 11, se procede con los planos de montaje a colocar los elementos en el interior del tablero, siguiendo los siguientes pasos de montaje, observar figura 2.41 y 2.42.

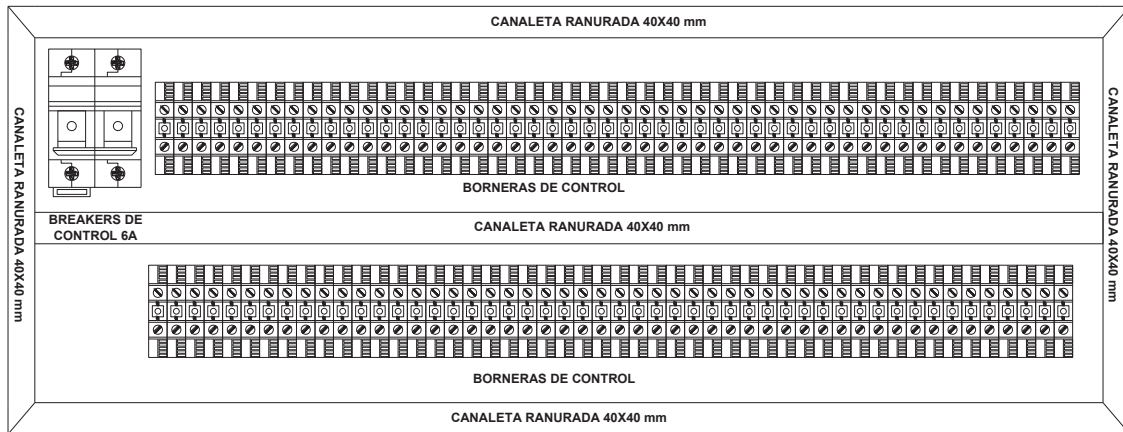


Figura 2. 41: Plano montaje de la consola de mando a distancia.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

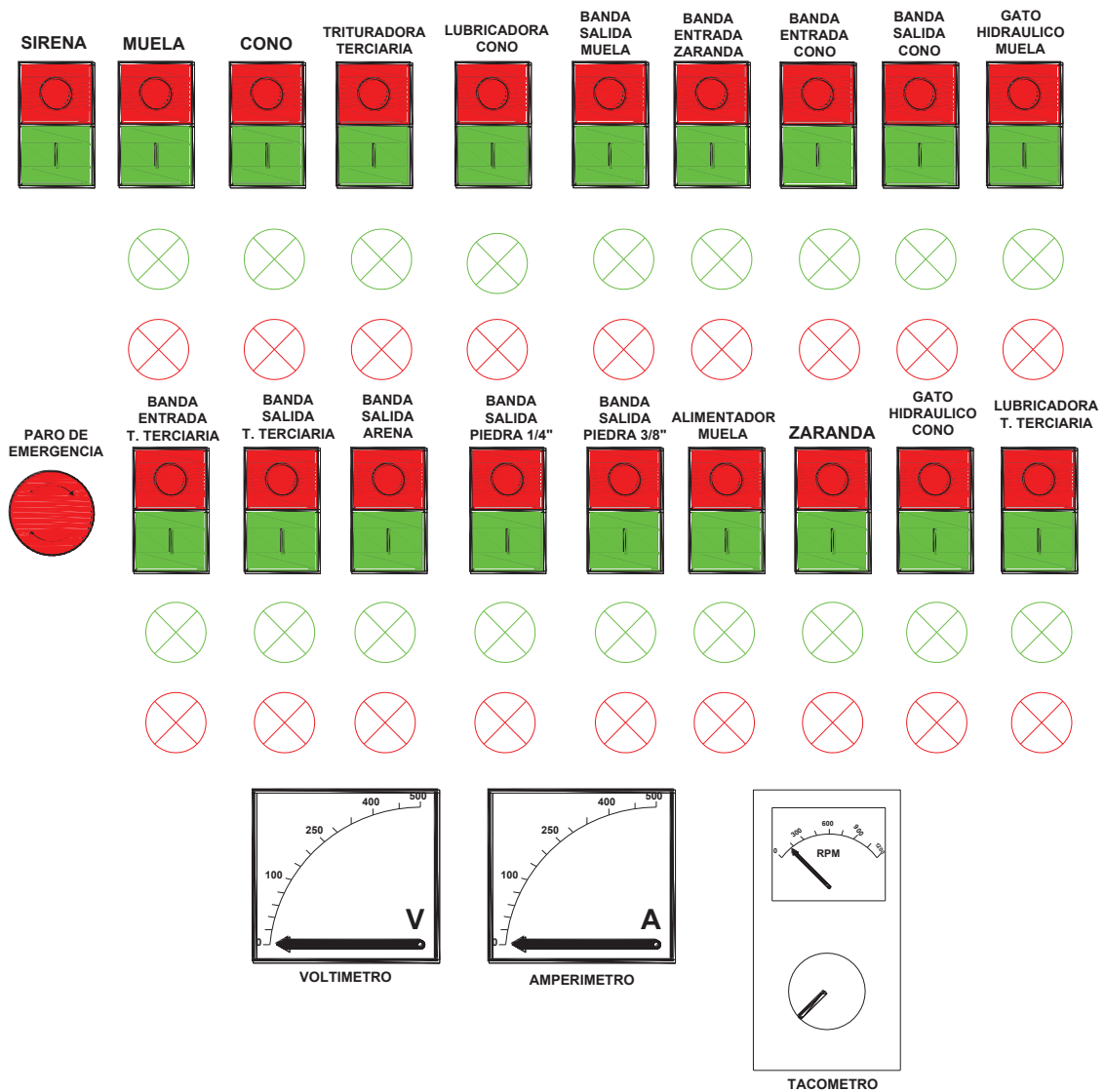


Figura 2. 42: Plano montaje de los pulsadores de la consola de mando a distancia.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Diseño de CAD.

Una vez anclado los elementos en el interior de la consola se arma la puerta de la consola, las medidas de esta puerta están en el anexo 11, esta contiene los pulsadores dobles (ON – OFF), pulsador de paro de emergencia y luces piloto de indicación de prendido y apagado para esta consola se utilizaran 18 luces piloto color rojo, 18 luces piloto color verde, 19 pulsadores dobles (ON – OFF), estos de 22 mm; un voltímetro, un amperímetro, un tacómetro y un pulsador paro de emergencia. Observar figura 2.43.



Figura 2. 43: Aparatos de medición, pulsadores y luces piloto en la consola de mando a distancia.

Fuente: http://bimg1.mlstatic.com/voltimetro-y-amperimetro-analogicos_MLA-F-142733343_6350.jpg
www.prodelfesa.com

CAPÍTULO III

PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE Y DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL.

3.1 MANEJO DEL SOFTWARE DEL PLC.

El PLC con el cual trabaja la trituradora de piedra marca MINYU es el que se indica en la figura 3.1 y tiene las siguientes características:

- ✓ **Marca:** SIEMENS.
- ✓ **Modelo:** LOGO! 230 RC.
- ✓ **N° de entradas digitales:** 8 (expandibles mediante módulos insertables)
- ✓ **N° de salidas digitales:** 4 (expandibles mediante módulos insertables)

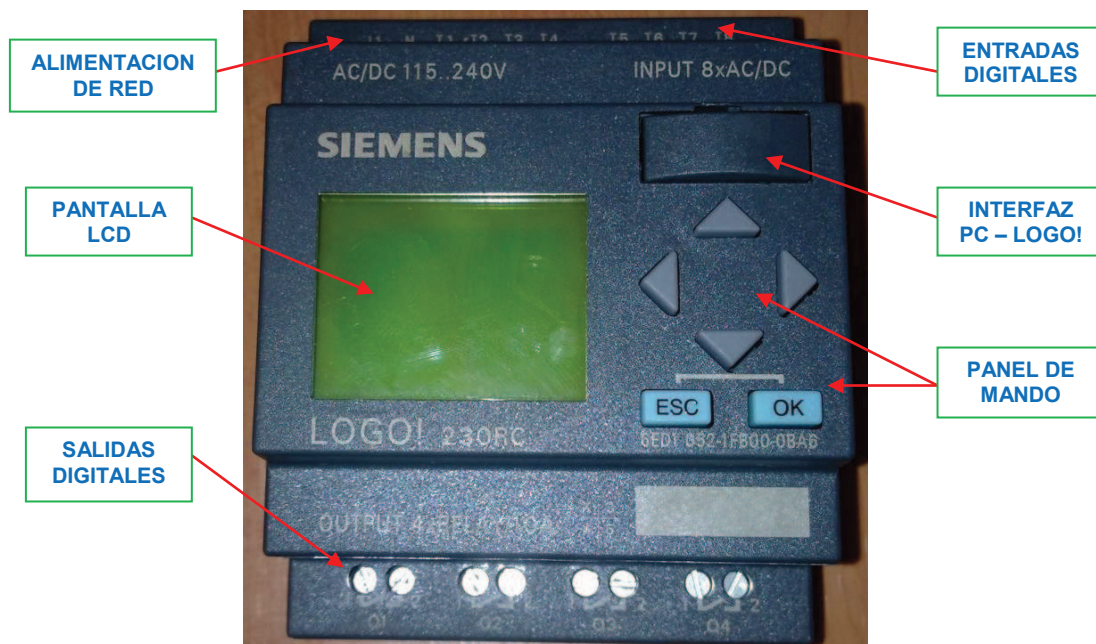


Figura 3. 1: Vista general del PLC LOGO! 230RC.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

3.1.1 CARACTERISTICAS DEL PLC LOGO Y SU PROGRAMACIÓN³⁷

El PLC LOGO! 230RC tiene una memoria máxima de 2000 bytes o 130 bloques (software de programación del LOGO! en modo de bloques) y también posee una memoria remanente de 60 bytes.

El PLC LOGO! 230RC cuenta con 8 entradas digitales y 4 salidas digitales a relé y además tiene la posibilidad de expansión mediante módulos insertables los cuales cuentan con 4 entradas digitales y 4 salidas digitales a relé. Ver figura 3.2.

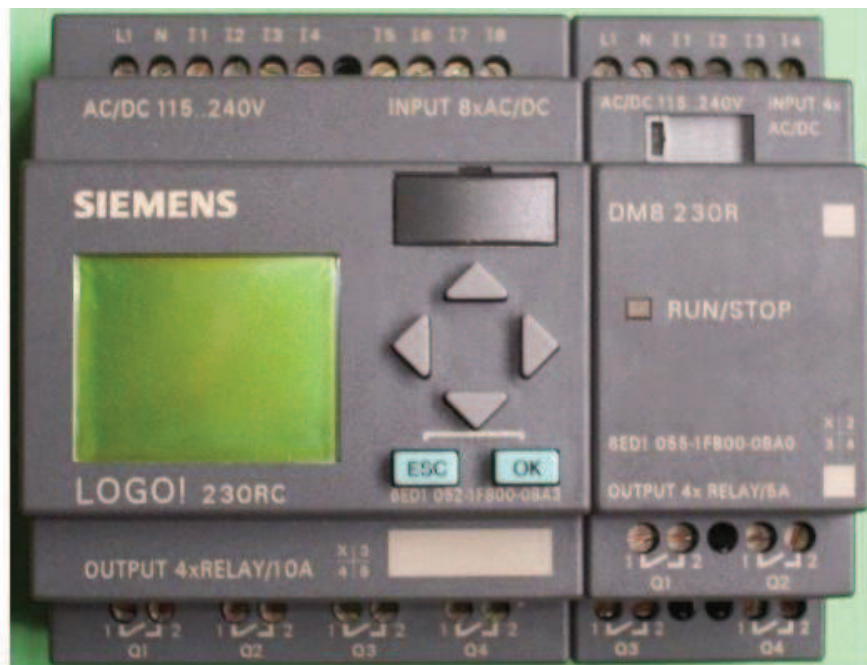


Figura 3. 2: PLC con su expansión DM8 230R.

Fuente: www.siemens.com

El programa del LOGO! 230RC se almacena en una card, si se corta la energía y existe algún programa en la card este no se borrará y al restablecerse la energía el LOGO! 230RC regresa a modo RUN y opera en forma normal con el programa almacenado. Pero si en el momento que se corta la energía y en ese instante se está realizando una programación directamente sin software este se

³⁷ Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Págs.84 y 88

perderá, al momento que la energía se restablezca en la pantalla del LOGO! 230RC aparece la palabra NO PROGRAM y toda información se perderá.

3.1.1.1 HARDWARE REQUERIDO³⁸

Para instalar y utilizar correctamente LOGO! Soft Comfort V7.0 se necesita un computador personal, el computador debe cumplir los siguientes requisitos:

Windows 95/98, Windows NT 4.0, Windows Me®, Windows 2000®, Windows XP®, Linux®, Mac OS X® y Windows 7.

- Memoria de trabajo = 2.8 Kbytes.
- Disco duro = 4 Kbytes
- Resolución de pantalla = 640 x 480

3.1.1.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC LOGO! 230RC

Se programa el PLC con la ayuda de un computador personal mediante el software LOGO! Soft Comfort V7.0 o posterior. Otra alternativa es la programación directa en LOGO! 230RC mediante su pantalla incorporada.

Para tener una visión más clara de cómo se programa el PLC LOGO! 230RC, a continuación se detalla el uso del software como lo detalla el manual del usuario de LOGO! Soft Comfort.

3.1.1.3 CREACIÓN DE UN NUEVO PROGRAMA DEL PLC LOGO! 230RC³⁹

Para la creación de un nuevo programa, es necesario tener el conocimiento previo en el manejo del software LOGO! Soft Comfort V7.0 el mismo que brinda una gran cantidad de opciones y funciones con las cuales el técnico deberá familiarizarse antes de comenzar a trabajar en él, pues de lo contrario no se aprovechara al máximo la capacidad del LOGO! 230RC.

³⁸ Manual del usuario LOGO! Soft Comfort

³⁹ Manual del usuario LOGO! Soft Comfort

A continuación se describe como ingresar a trabajar con el software LOGO! Soft Comfort V7.0, ver figura 3.3.

- ✓ Hacer clip en el menú INICIO.
- ✓ Hacer clip en todos los programas.
- ✓ Seleccionar en LOGO! Soft Comfort V7.0 y hacer clip.

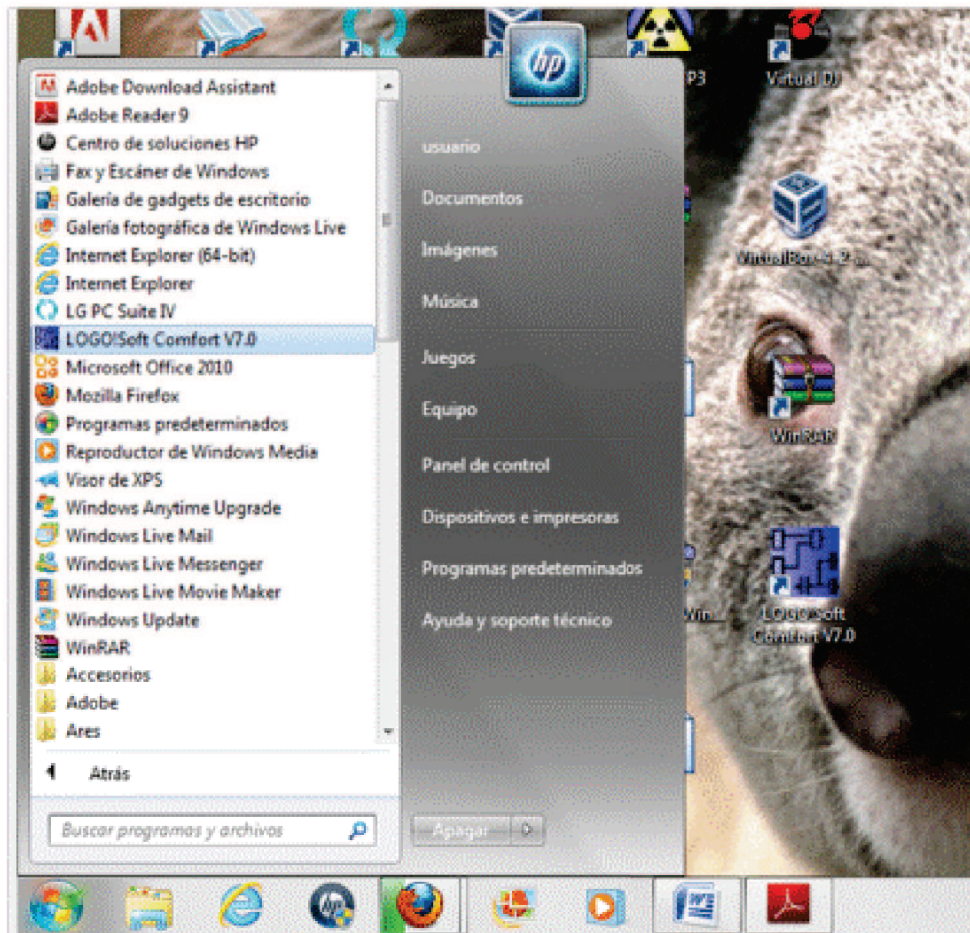


Figura 3. 3: Se muestra como ingresar con LOGO! Soft Comfort V7.0

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

Una vez que se ingreso al software LOGO! Soft Comfort V7.0 se procede de la siguiente manera, observar figura 3.4:

- ✓ Se abre el programa y se debe hacer clip en el icono nuevo.
- ✓ Se abre una ventana que dice propiedades del esquema eléctrico y se debe colocar el nombre del nuevo proyecto, ejemplo TRITURADORA MINYU.

- ✓ Una vez que se coloca un nombre al proyecto se hace clip en ACEPTAR.

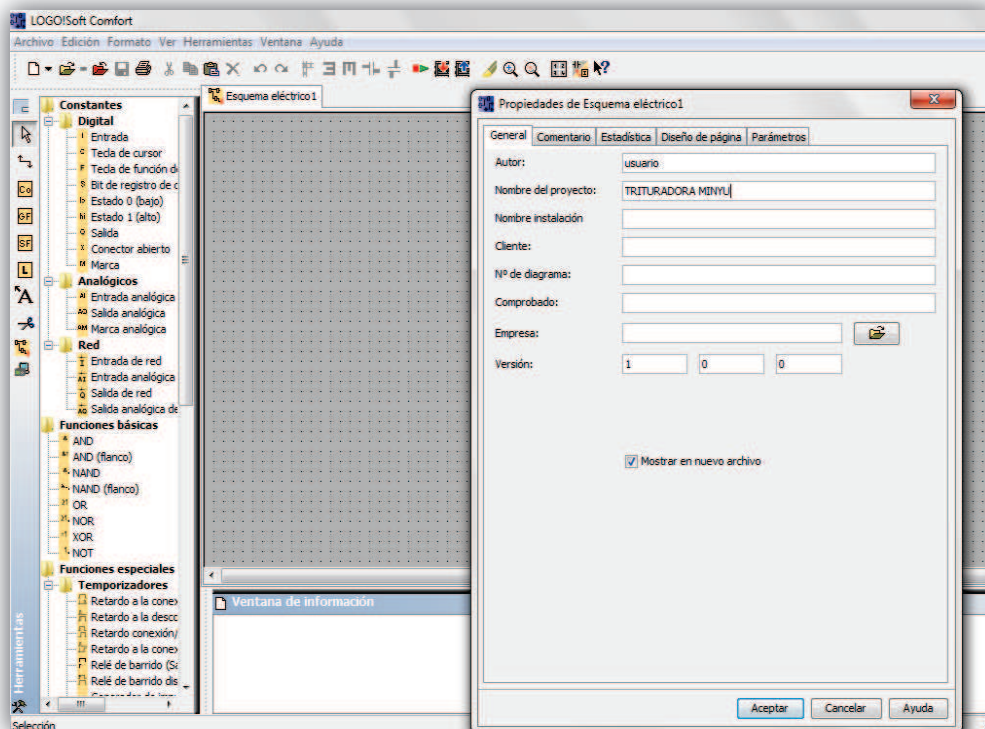


Figura 3.4: Ventana donde se muestra para colocar nombre al programa del LOGO.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Una vez que se ha hecho clip en ACEPTAR se visualiza la ventana indicada en la figura 3.5, aquí ya se puede empezar a realizar el programa de control deseado.

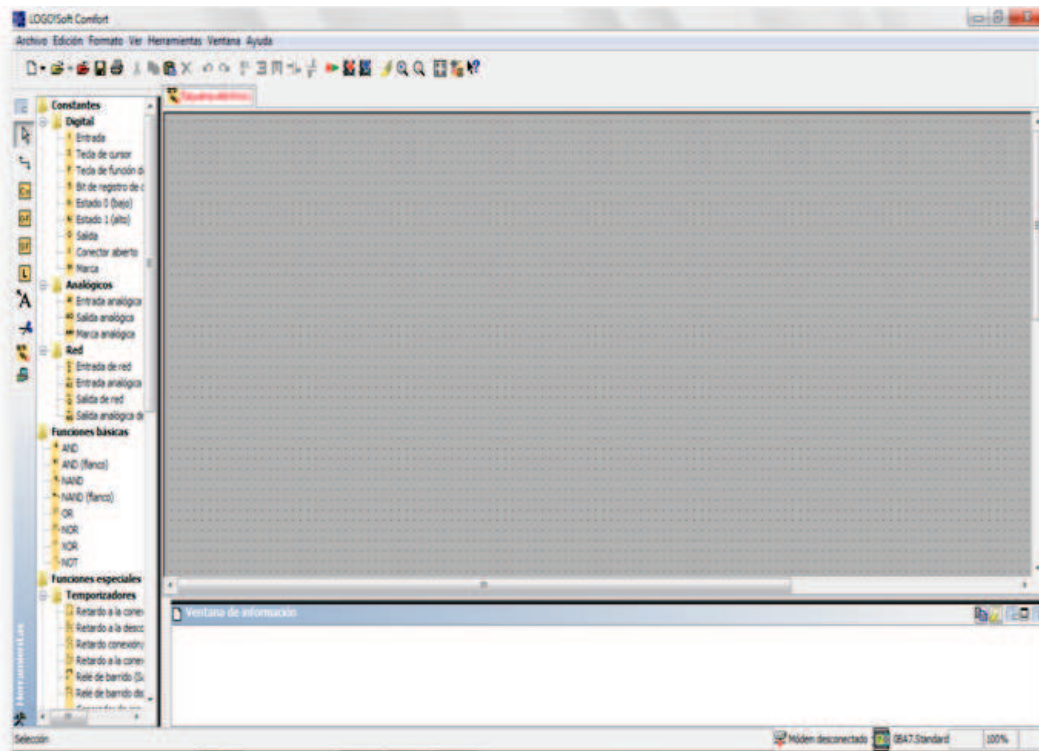


Figura 3. 5: Pantalla del software listo para comenzar a programar.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ En la ventana indicada en la figura 3.6 se debe buscar el icono de “Selección” y hacer click sobre éste para poder empezar a programar.
- ✓ Después se dirige al icono de “Entrada” hacer click para utilizar estos parámetros y elegir según la lógica de control.
- ✓ Se elige “Función básica” hacer click y seleccionar el bloque que se necesita, detalle de todas las herramientas del software se los puede observar en la figura 3.6.

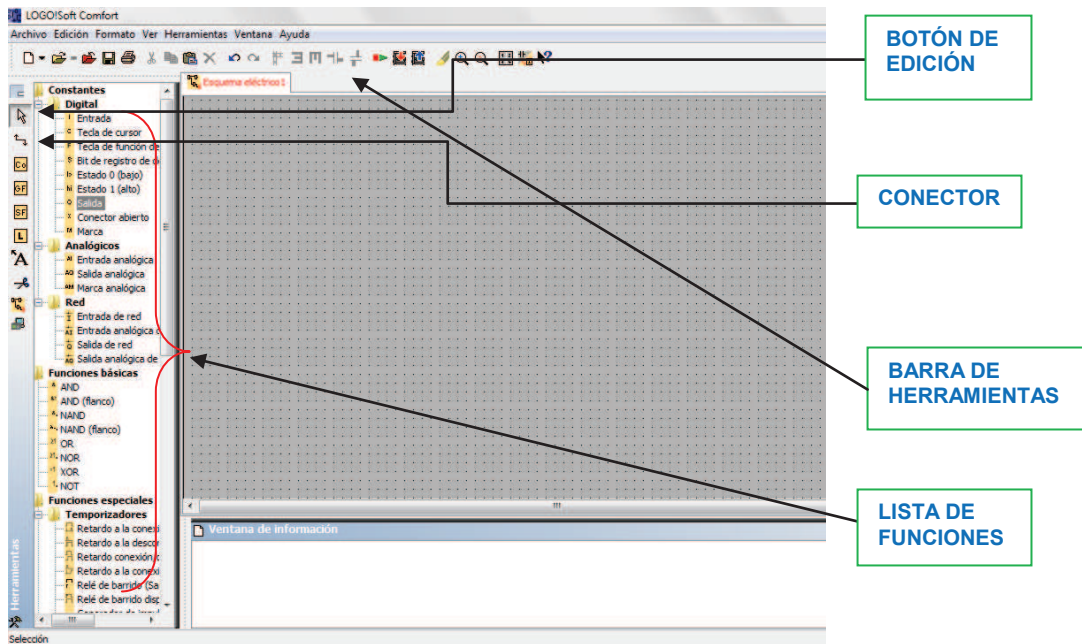


Figura 3. 6: Herramientas básicas para programar.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Se inicia el ejemplo con una entrada I1 (contacto normalmente abierto), para lo cual debe desplazarse con el mouse hasta la lista de funciones del programa y hacer click sobre el icono que corresponde a la "Entrada".
- ✓ Al colocar el contacto se debe hacer doble click sobre la entrada "I" y se abre un cuadro de dialogo, hacer click en comentario donde da la opción para colocar una descripción a la entrada, ver figura 3.7.

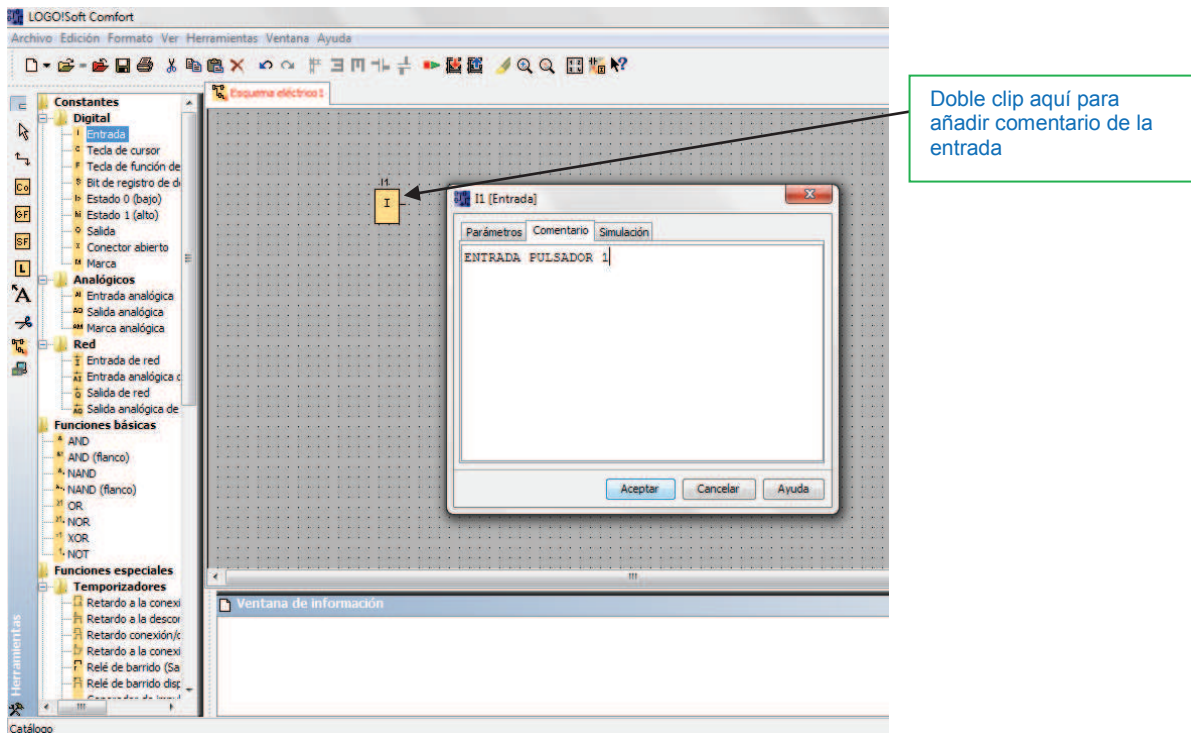


Figura 3.7: Añadir comentario al comando entrada (I).

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Al hacer click en ACEPTAR el comentario antes añadido queda guardado y aparece en la parte superior de la entrada, como se puede observar en la figura 3.8.

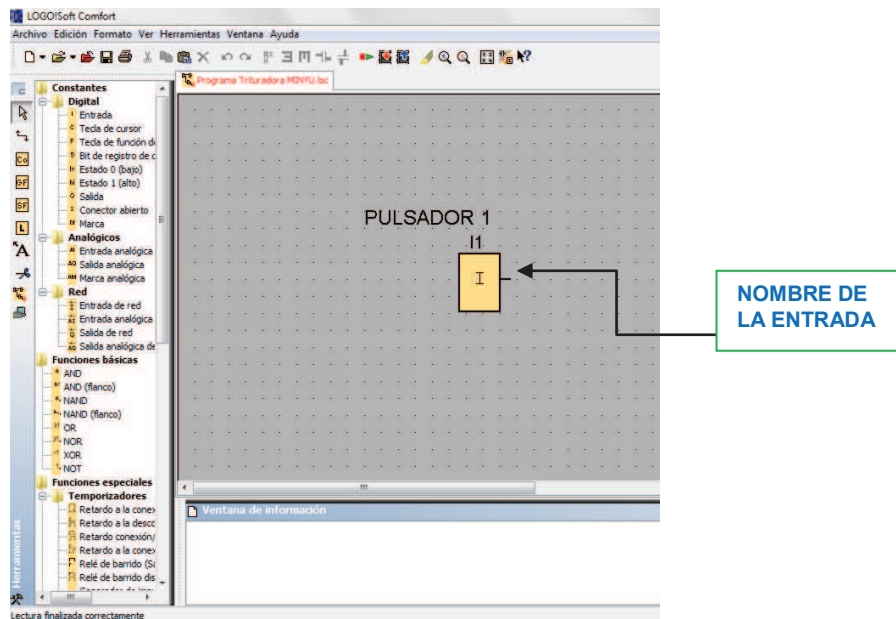


Figura 3.8: Vista en pantalla del nombre de la entrada (I).

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Se continua con la elección de un bloque en funciones básicas y se lo ubica cerca a la entrada I, luego seleccionar la salida “Q” y se la coloca al final del bloque antes seleccionado, también se puede añadir un comentario a la salida “Q” tal como se lo realiza con la entrada “I”.
- ✓ Para conectar una entrada “I” con una función básica o cualquier otro bloque se debe pulsar F5 o hacer clip en el icono de “Conectar” y con el mouse se realiza la conexión respectiva, ver figura 3.9.
- ✓ Lo mismo se realiza para conectar una función básica con una salida digital “Q”, pulsar F5 y con el mouse se realiza la conexión respectiva ver figura 3.9.

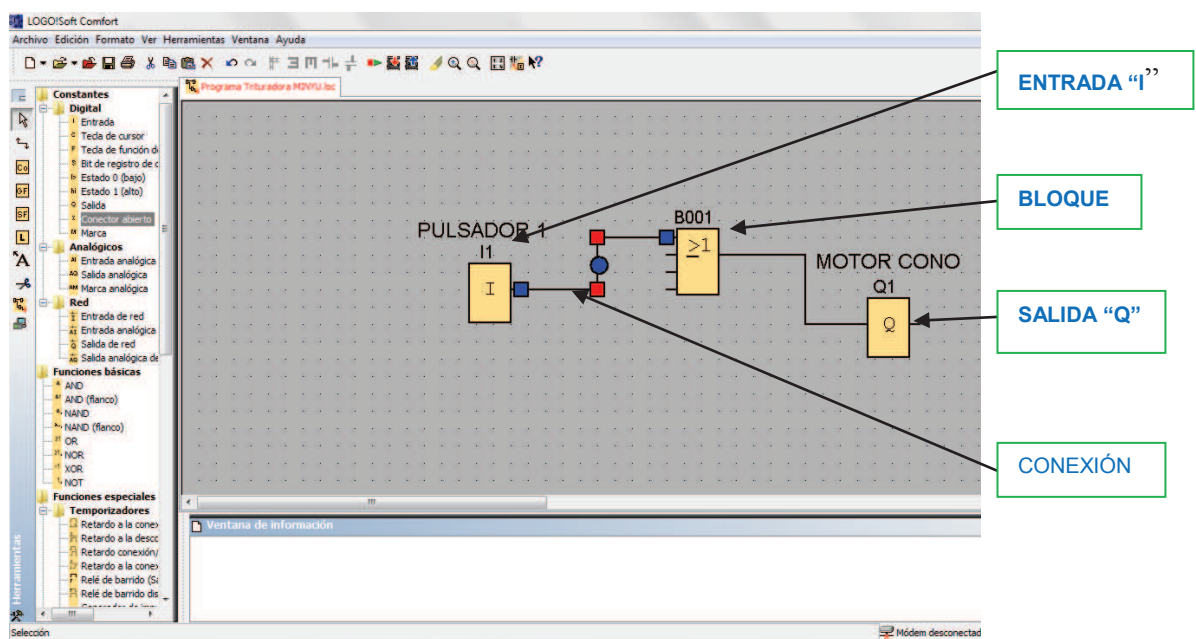


Figura 3. 9: Conexión de una entrada "I" con un bloque y una salida "Q".

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Cuando se necesita añadir un temporizador/contador dentro del programa se debe buscar en funciones especiales o pulsar F8, aparece una barra de herramientas con todos los elementos disponibles, por ejemplo un temporizador.

- ✓ Hacer clip en el que se necesite, por ejemplo “Generador de impulsos” y colocar el bloque dentro de la pantalla de programación.
- ✓ Hacer doble clip en el bloque “Generador de impulsos” y se abre una pantalla para ingresar los datos de duración de pausa entre impulsos, colocar el valor y hacer clip en ACEPTAR, ver figura 3.10.

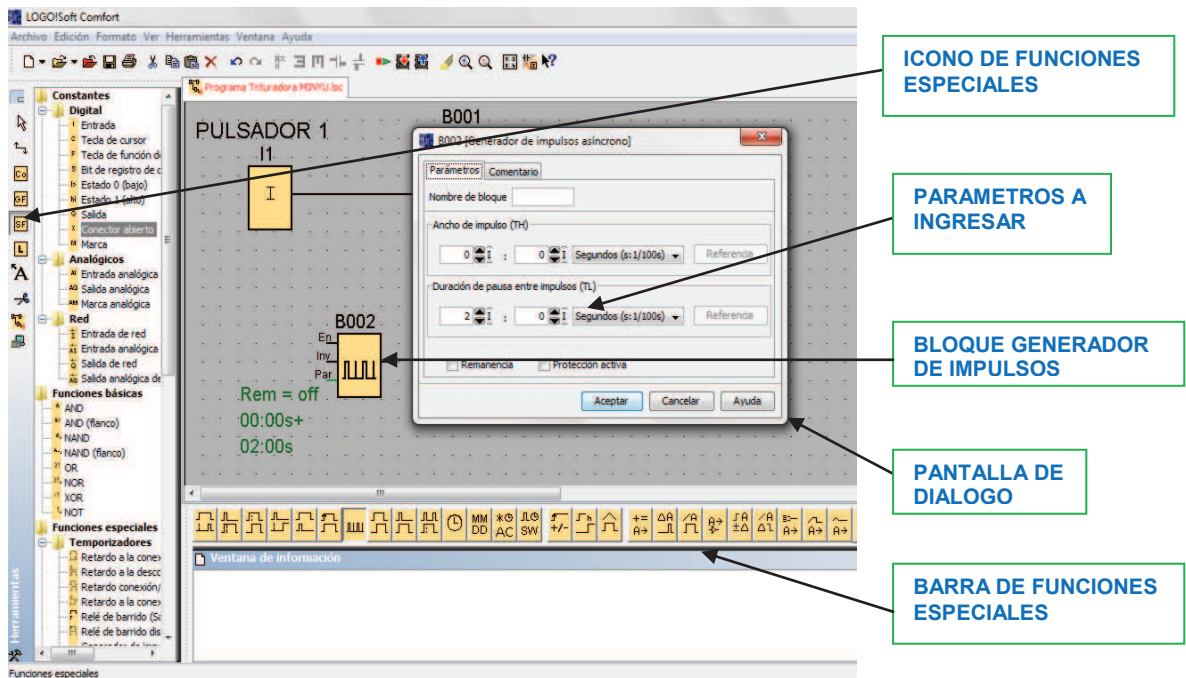


Figura 3. 10: Insertar y editar una función especial.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Una ventaja de este software es que se puede simular el proceso antes de transferir el programa del PC al LOGO! 230RC, para esto se debe seleccionar el icono de “Simulación” o pulsar F3. Aparece en la parte inferior una barra de herramientas donde indica el número de entradas y salidas utilizadas, toda la pantalla en donde se realiza la programación pasa de color negro a color azul, ver figura 3.11.

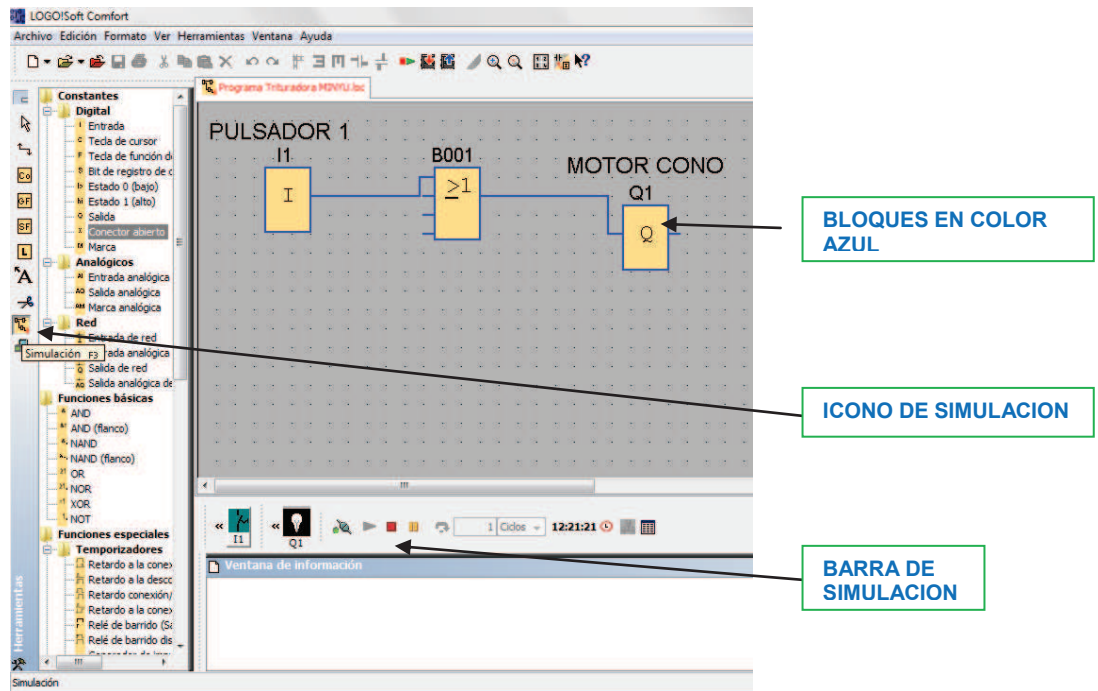


Figura 3. 11: Vista de simulación del programa realizado.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

- ✓ Cuando se ha terminado el programa se debe ir al ícono “Guardar” para almacenar el programa en el disco duro de la PC, ver figura 3.12.
- ✓ Para transferir el programa de la PC al LOGO! 230RC se debe ir al ícono “PC ⇌ LOGO!” y mediante el cable de interfaz se transfiere la programación al LOGO! 230RC, observar figura 3.12.

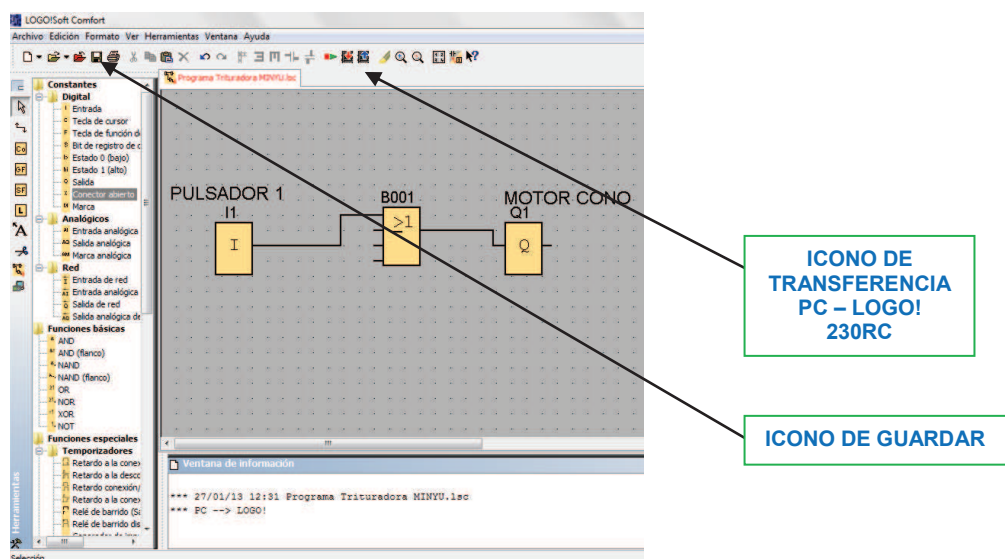


Figura 3. 12: Visualización de cómo guardar y transferir el programa.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano.

Existe otra manera de programar el LOGO! 230RC, esto es mediante la forma manual con las teclas que vienen incorporadas en este modelo y con la guía de su pantalla LCD.⁴⁰

A continuación explicaremos paso a paso como realizar la programación de manera manual y lo fácil y útil que resulta la utilización de este PLC a nivel industrial para circuitos cerrados como en el caso de la trituradora de piedra marca MINYU, con la pantalla integrada a su panel de control eléctrico.

3.1.1.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC LOGO! 230 RC DE FORMA MANUAL

1. Se procede con la conexión eléctrica del PLC (LOGO! 230RC) a la red de alimentación 110V AC o 220V AC en la pantalla LCD aparece el siguiente texto, como se observa en la figura 3.13:

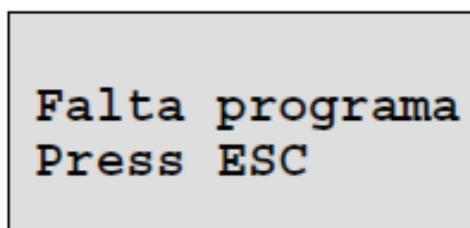





Figura 3. 13: Pantalla de NO PROGRAM en el LOGO! 230RC.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Pág.51

2. Para programar se debe presionar la tecla ESC  donde aparece un menú, en este menú se debe elegir con las teclas  PROGRAM y presionar la tecla OK , como se observa en la figura 3.14.

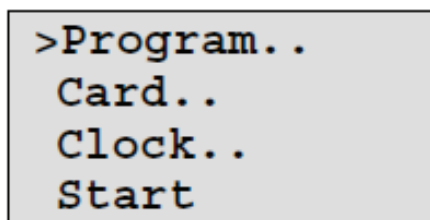





Figura 3. 14: Indicación que se puede programar en el LOGO! 230RC.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Pág.51

⁴⁰ Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003

- Una vez presionado OK  se ingresa a otro menú que se observa en la siguiente figura 3.15, en el cual con las teclas  seleccionamos EDIT y presionamos la tecla OK  para ingresar.

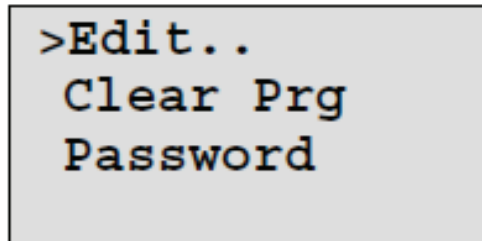



Figura 3. 15: Indicación para ingresar a EDIT en el LOGO! 230RC.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Pág.51

- Seleccionado EDIT en la pantalla del LOGO! 230RC se muestra la primera salida digital Q1 con un cursor parpadeando que nos indica el parámetro elegido, presionamos la tecla OK  y el cursor se desplaza hacia la izquierda, como se observa en la figura 3.16.

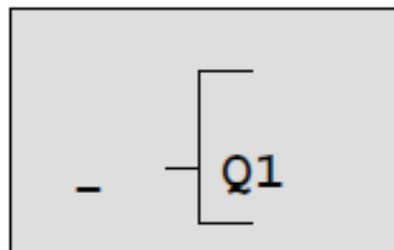


Figura 3. 16: Indicación de la salida digital Q1 y el desplazamiento del cursor.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Pág.54






- Cuando se ha desplazado el cursor hacia la derecha, se presiona con las teclas  para que aparezca ↓Co y moviendo las teclas  aparece ↓GF, ↓BN y también aparece ↓SF, se elige ↓GF para introducir una función básica (compuerta digital AND, OR, XOR, NOT, etc.), se presiona OK  y el cursor se coloca dentro del bloque donde se elige la compuerta deseada con las teclas  y se presiona OK , el cursor se desplaza a la izquierda, como se muestra en la figura 3.17.



Figura 3. 17: Indicación de las funciones del LOGO! 230RC.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Págs.55 y 56.

6. Una vez seleccionado la función básica procedemos con el ingreso de un entrada digital I1, para esto presionamos con las teclas y aparece ↓Co presionamos la tecla OK y con las teclas buscamos I1, como se muestra en la figura 3.18.

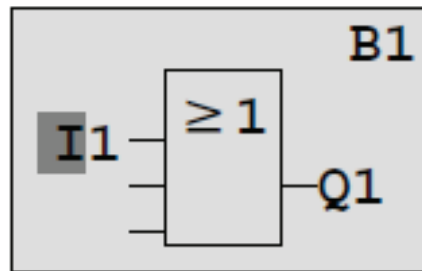


Figura 3. 18: Indicación de ingreso de la entrada digital I1 en el LOGO! 230RC.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Pág.57

7. Para seleccionar un temporizador, contador u otra función especial se debe elegir con las teclas ↓SF, elegimos ↓SF con la tecla OK y el cursor se coloca dentro del bloque y elegimos la función especial deseada con las teclas , en este caso seleccionamos un temporizador con la tecla OK , seleccionada la función el cursor se desplaza hacia la izquierda en la palabra PAR aquí pulsamos la tecla OK y se abre un submenú para ingresar el tiempo en este introducimos 12:00m esto lo realizamos con las teclas y con la tecla OK . Una vez terminado presionamos la tecla ESC y el temporizador queda programado como se puede ver en la figura 3.19.

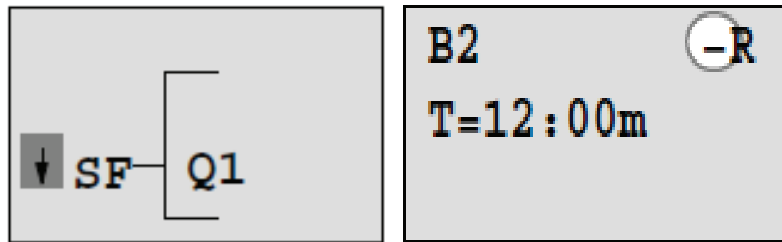




Figura 3. 19: Método de ingreso de un temporizador en el LOGO! 230RC.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Págs.70 y 72

8. Una vez realizada la programación del LOGO! 230RC procedemos a presionar la tecla ESC  hasta regresar al menú principal y presionamos la tecla OK  en STAR y se cambia el estado a STOP, en este momento el LOGO! 230RC está programado y listo para funcionar con el programa ingresado, ver figura 3.20.

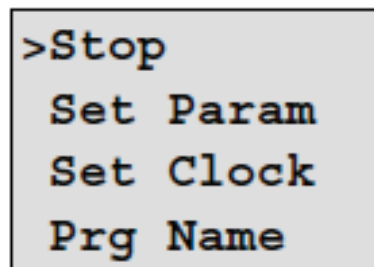


Figura 3. 20: Indicación de LOGO! 230RC en funcionamiento.

Fuente: Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003 Pág.50

Después de realizado la programación del LOGO! 230RC, continuamos con la programación de los arrancadores suaves y variadores de velocidad utilizados en el diseño de los tableros de control de la trituradora de piedra.

3.2 PROGRAMACIÓN DEL ARRANCADOR SUAVE WEG SSW03⁴¹

Para el arranque de los motores de la trituradora primaria (trituradora de mandíbula) y trituradora secundaria (trituradora de cono) se necesita un arrancador suave marca WEG modelo SSW03, antes seleccionado en el capítulo II, sección 2.1.

⁴¹ Manual de la Soft – Starter SSW 03 WEG.

A continuación se describe el uso del interfaz hombre – máquina del arrancador suave el cual permite programar los parámetros de arranque del motor de inducción trifásico, observar figura 3.21.

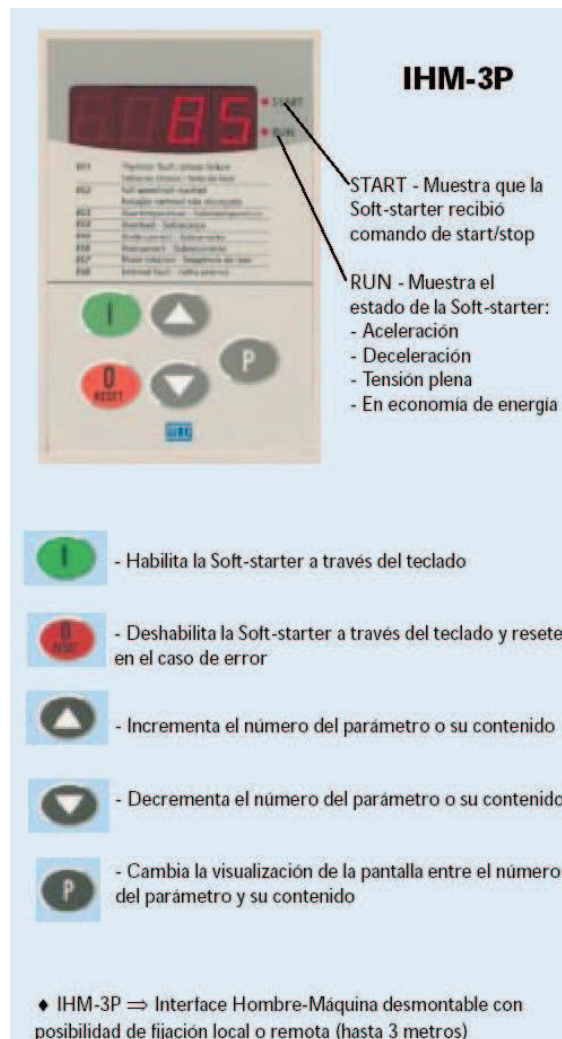


Figura 3. 21: Descripción del display del Soft Starter SSW03.

Fuente: Catálogo WEG SSW03 – SSW04 Pág.2

Para proceder a programar el arrancador suave SSW03 se debe conocer los datos de placa del motor de inducción trifásico (ver tabla 3.1 y tabla 3.2), el detalle de los parámetros a programar se los observa en el anexo 14, y seguir los siguientes pasos que se detallan a continuación:

WEG CE NBR 50345				
3~225 S/M		16MA107		OCO 5023
MOTOR INDUCCION		Hz 60	CAT: N	
Kw (HP – CV) 55 (75)			RPM 1185	
FS	1,00	ISOL F Δ INSL	80 k	Ip / In 7,9
ST				IP 55
220 / 440 V			165 / 82 A	
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C		ALT 1000M
Rend % 92			Cos φ 0,84	
6314 – C3		POLIREX EM – ES60		375 gr
6314 – C3		27 gr 1426 h		




































Tabla 3.1: Datos de placa del motor de la trituradora primaria (trituradora de mandíbula).

WEG CE NBR 60385				
3~225 S/M		16MA107		OCO 7028
MOTOR INDUCCION		Hz 60	CAT: N	
Kw (HP – CV) 55 (75)			RPM 1180	
FS	1,00	ISOL F Δ INSL	80 k	Ip / In 7,9
ST				IP 55
220 / 440 V			185 / 92 A	
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C		ALT 1000M
Rend % 92,3			Cos φ 0,82	
6314 – C3		POLIREX EM – ES60		375 gr
6314 – C3		27 gr 1426 h		

Tabla 3.2: Datos de placa del motor de la trituradora secundaria (trituradora cónica).

1. Para poder alterar cualquier parámetro del arrancador suave se debe modificar el parámetro P00 esto se realiza de la siguiente forma: Pulsar **P** y buscar con las teclas **↙** y **↘** P00, una vez localizado P00 presionar **P** y modificar con las teclas **↙** y **↘** para poner ON (P00=ON), luego presionar **P** para almacenar. Cualquier desconexión de la energía el P00 vuelve a posición OFF.
2. Una vez modificado P00 se procede a cambiar el parámetro P01 para esto se pulsa **P** y buscamos con las teclas **↙** y **↘**, encontrado P01 pulsamos **P** modificamos su valor con las teclas **↙** y **↘** y colocamos el número 50 (P01=50) para almacenar pulsamos **P**, esta modificación

se refiere al voltaje de alimentación del motor al momento del arranque del mismo.

3. Continuamos con el parámetro P02, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , una vez localizado P02 pulsamos  variamos su valor con las teclas  y  e introducimos el número 15 (P02=15) almacenamos pulsando , este parámetro se refiere al tiempo en la rampa de aceleración en el momento de arranque del motor.
4. Procedemos con el parámetro P21, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizado P21 pulsamos  alteramos su valor y con las teclas  y  colocamos el número 54,1 (P21=54,1) para la trituradora secundaria, almacenamos presionando , este parámetro se refiere al ajuste de la corriente del motor en porcentaje.
5. Continuamos con el parámetro P23, pulsamos  y localizamos con las teclas  y  P23, encontrado P23 presionamos  modificamos el valor con las teclas  y  y buscamos el número 440 (P23=440) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a tensión nominal de línea de alimentación del sistema de fuerza del arrancador suave SSW03.
6. Continuamos con el parámetro P47, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P47 presionamos  modificamos el valor con las teclas  y  y buscamos el número 45 (P47=45) guardamos presionando , este parámetro hace referencia a autoreset de errores cuando se produzca algún error en el funcionamiento.
7. Luego procedemos con el parámetro P53, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P53 presionamos  y modificamos su valor con las teclas  y  y colocamos el número 4 (P53=4) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a funcionamiento del arrancador suave SSW03 mediante pulsadores.

8. Procedemos con el parámetro P54, pulsamos **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** , localizamos P54 pulsamos **P** y alteramos su valor con las teclas **▼** y **▲** y colocamos el número 2 (P54=2) guardamos pulsando **P** , este parámetro hace referencia a un error externo por ejemplo un sistema con secuencia de cascada o esperando una señal externa que puede ser el sensor del lubricante en el caso de la trituradora de cono.

9. Procedemos con el parámetro P55, presionamos **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** , localizamos P55 pulsamos **P** y modificamos su valor con las teclas **▼** y **▲** y colocamos el número 3 (P55=3) guardamos pulsando **P** , este parámetro hace referencia a una habilitación general para un sistema en cascada.

10. Continuamos con el parámetro P61, presionamos **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** , encontramos P61 y pulsamos **P** y modificamos su valor con las teclas **▼** y **▲** y buscamos la palabra OFF (P61=OFF) guardamos presionando **P** , este parámetro hace referencia para deshabilitar los botones **0** y **1** para no accionar el arranque del motor mediante los botones antes mencionados.

Una vez realizado todos los pasos anteriores se puede realizar el arranque de un motor de inducción trifásico tanto para la trituradora de mandíbula y la trituradora de cono.

3.3 PROGRAMACIÓN DEL ARRANCADOR SUAVE WEG SSW04⁴²

Para el arranque del motor del alimentador vibratorio de la trituradora primaria y el motor de la zaranda se necesita un arrancador suave marca WEG modelo SSW04, seleccionados en el capítulo II, sección 2.1. Se usan estos arranques

⁴² Manual de la Soft – Starter SSW 04 WEG.

porque al utilizar un arranque directo para estos motores que funcionan con plena carga, al momento de arrancar implica un consumo alto de energía para el generador obteniendo más costos.

A continuación se describe el uso del interfaz hombre – máquina del arrancador suave el cual permite programar los parámetros de arranque del motor de inducción trifásico, observar figura 3.22.

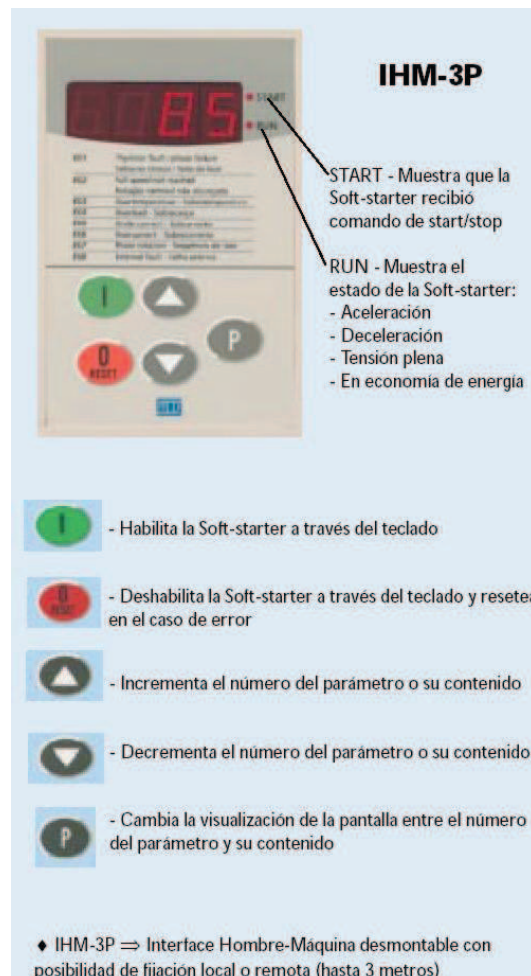







































Figura 3. 22: Descripción del display del Soft Starter SSW 04.

Fuente: Catálogo WEG SSW03 – SSW04 Pág.2.

Para proceder a programar el arrancador suave SSW04 se debe conocer los datos de placa del motor de inducción trifásico (observar tabla 3.3 y tabla3.4), los parámetros de modificación de este arrancador suave se los observa en el anexo 14, y seguir los siguientes pasos que se detallan a continuación:

1. Para poder alterar cualquier parámetro del arrancador suave se debe modificar el parámetro P00 esto se realiza de la siguiente forma: Pulsar **P** y buscar con las teclas **▼** y **▲** P00, una vez localizado P00 presionamos **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** la palabra en ON (P00=ON), luego presionar **P** para almacenar. Cualquier desconexión de la energía el P00 vuelve a posición OFF.
2. Una vez modificado P00 se procede a cambiar el parámetro P01 para esto se pulsa **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** , encontrado P01 pulsamos **P** modificamos su valor y colocamos el número 50 (P01=50) para almacenar pulsamos **P** , esta modificación se refiere al voltaje de alimentación del motor al momento del arranque del mismo.
3. Continuamos con el parámetro P02, pulsamos **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** , una vez localizado P02 presionamos **P** variamos su valor con las teclas **▼** y **▲** e introducimos el número 10 (P02=10) almacenamos pulsando **P** , este parámetro se refiere al tiempo en la rampa de aceleración en el momento de arranque del motor.
4. Procedemos con el parámetro P21, pulsamos **P** y buscamos con las teclas **▼** y **▲** , localizado P21 presionamos **P** alteramos su valor con las teclas **▼** y **▲** y colocamos el número 80 (P21=80) para el motor del alimentador vibratorio y colocamos el número 66,6 (P21=66,6) para el motor de la zaranda, almacenamos presionando **P** , este parámetro se refiere al ajuste de la corriente del motor en porcentaje.
5. Continuamos con el parámetro P23, pulsamos **P** y localizamos con las teclas **▼** y **▲** P23, una vez localizado P23 **P** modificamos el valor con las teclas **▼** y **▲** y ponemos el número 440 (P23=440) guardamos pulsando **P** , este parámetro hace referencia a tensión nominal de línea de alimentación del sistema de fuerza del arrancador suave.

6. Continuamos con el parámetro P47, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P47 presionamos  modificamos el valor con las teclas  y  y ponemos el número 45 (P47=45) guardamos presionando , este parámetro hace referencia a autoreset de errores cuando se produzca algún error en el funcionamiento.
7. Luego procedemos con el parámetro P53, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P53 y pulsamos  y modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 4 (P53=4) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a funcionamiento del arrancador suave SSW04 mediante pulsadores.
8. Procedemos con el parámetro P54, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P54 presionamos  y alteramos su valor con las teclas  y  colocamos el número 2 (P54=2) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a un error externo por ejemplo en un sistema con secuencia de cascada.
9. Procedemos con el parámetro P55, presionamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P55 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  colocamos el número 3 (P55=3) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a una habilitación general para un sistema en cascada.
10. Continuamos con P61, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P61 y presionamos  alteramos su valor con las teclas  y  buscamos la palabra OFF (P61=OFF) guardamos presionando , este parámetro hace referencia para deshabilitar los botones  y  para no accionar el arranque del motor mediante los botones antes mencionados.

Una vez realizado todos los pasos anteriores se puede realizar el arranque de un motor de inducción trifásico tanto para el alimentador vibratorio y la zaranda.

WEG CE NBR 7094				
3~160M		16MA107	CB79623	
MOTOR INDUCCION		Hz 60	CAT: N	
Kw (HP – CV) 11 (15)			RPM 1175	
FS	ISOL	80 k	Ip / In 6,5	IP 55
1,15	F Δ			
ST	INSL			
220 / 440 V		40 / 20 A		
REG DUTY S1		TEMP AMB 40°C	ALT 1000M	
Rend % 89,2		Cos φ 0,8		
6314 – C3		POLIREX EM – ES60		375 gr
6314 – C3		27 gr 12/26		

Tabla 3.3: Datos de placa del motor de la zaranda.

WEG CE NBR 7094				
3~1406		16MA107	CB72372	
MOTOR INDUCCION		Hz 60	CAT: N	
Kw (HP – CV) 15 (20)			RPM 1170	
FS	ISOL	80 k	Ip / In 6,5	IP 55
1,15	F Δ			
ST	INSL			
220 / 440 V		72 / 36 A		
REG DUTY S1		TEMP AMB 40°C	ALT 1000M	
Rend % 90,1		Cos φ 0,78		
6314 – C3		POLIREX EM – ES60		375 gr
6314 – C3		27 gr 12/26		

Tabla 3.4: Datos de placa del motor del Alimentador Vibratorio.

3.4 PROGRAMACIÓN DEL ARRANCADOR SUAVE WEG SSW05.⁴³

Para el arranque de los motores de las bandas de la trituradora de piedra marca Minyu se necesita un arrancador suave marca WEG modelo SSW05, seleccionado en el capítulo II, sección 2.1. A continuación se describe el arrancador suave SSW05, observar figura 3.23.

⁴³ Manual de instalación y operación la Soft – Starter plus SSW 05 WEG.

Este arrancador suave es de fácil uso y fácil instalación. Se lo utiliza para el arranque de los motores de inducción trifásicos que pertenece a las bandas, el arranque de estos debe realizarse en vacío (sin carga).



Figura 3. 23: Descripción del Soft Starter SSW05.

Fuente: Catálogo arrancadores suaves WEG Pág.5

Para proceder a programar el arrancador suave SSW05 se debe conocer los datos de placa del motor de inducción trifásico (observar tabla 3.5), los parámetros de programación a modificar se los observa en el anexo 14, y seguir los siguientes pasos que se detallan a continuación:

TYPE	AEVF – LRD01	RATING	CONT	
OUT PUT	10 HP 7,5 Kw	FRAME	160 M	
POLES	4 INSF	EFF	90	IP 44
HZ	60	VOLTS	230 - 460	
Desing		AMPS	32 - 16	
WEIGHT	118 Kg	R.P.M.	1760	

Tabla 3.5: Datos de placa de los motores de las bandas transportadoras.

1. Ajustar la tensión inicial para el giro del motor trifásico de inducción, para esto se debe girar la perilla y colocar en 50%, como se muestra a continuación en la figura 3.24.

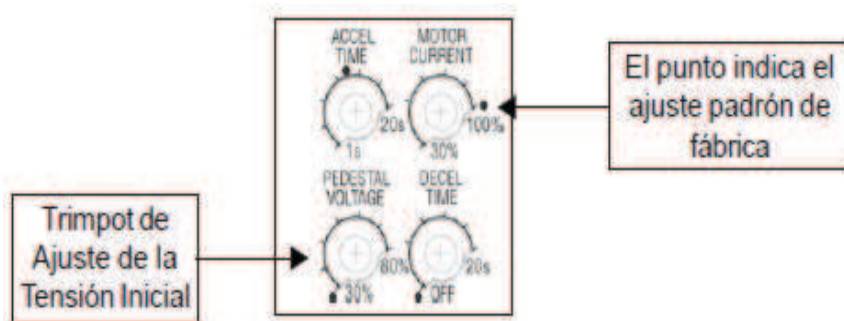


Figura 3. 24: Potenciómetro de ajuste de tensión inicial.

Fuente: Manual del Soft Starter plus SSW05 WEG Pág.42

2. Procedemos con el ajuste de la rampa del tiempo de aceleración para que el motor llegue a su rotación nominal, para esto se debe girar la perilla y colocar en 10s, como se observa a continuación en la figura 3.25.

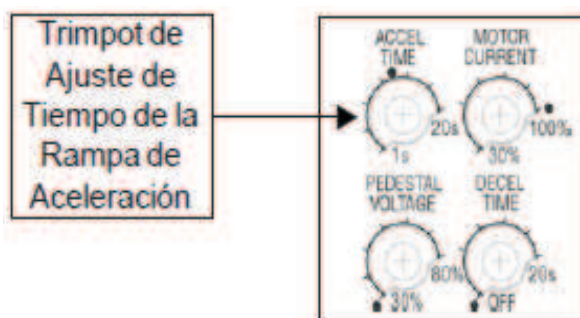


Figura 3. 25: Potenciómetro de la rampa de aceleración.

Fuente: Manual del Soft Starter plus SSW05 Pág.42

3. Continuamos con el ajuste de la corriente del motor, este un parámetro muy importante ya que nos permite dimensionar las protecciones térmicas del motor, para esto giramos la perilla y colocamos en 53%, como podemos observar a continuación en la figura 3.26.

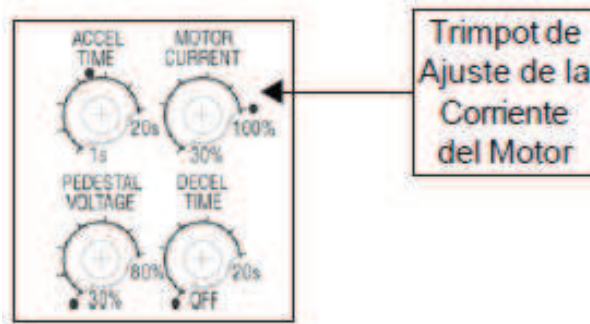


Figura 3. 26: Potenciómetro del ajuste de la corriente del motor.

Fuente: Manual del Soft Starter plus SSW05 Pág.43






















El arrancador suave SSW05 también posee un HMI (interfaz hombre – máquina), este dispositivo nos permitirá programar las entradas digitales (DI) y las salidas a relé que posee el arrancador y son utilizadas conforme a la lógica de control, como se puede ver en la figura 3.27.

A continuación se va a detallar los parámetros a ser programados en el arrancador suave SSW05 con el HMI.



Figura 3. 27: Descripción del HMI del Soft Starter SSW05.

Fuente: Catálogo arrancadores suaves WEG Pág.6.

1. Para poder alterar cualquier parámetro del arrancador suave se debe modificar el parámetro P000 esto se realiza de la siguiente forma: Pulsar  y buscar con las teclas  y  P000 una vez encontrado P000 presionar  y con las teclas  y  buscar el número 5 (P000=5) luego presionar  para almacenar. Cualquier desconexión de la energía el P000 vuelve a posición estándar de fábrica.
2. Continuamos con el parámetro P264, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P264 pulsamos  modificamos el valor con las teclas  y  y buscamos el número 1 (P264=1) guardamos presionando , este parámetro hace referencia a la habilitación de la entrada digital (DI) para accionar o des acciona el arrancador suave SSW05.
3. Luego procedemos con el parámetro P277, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P277 pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 2 guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a funcionamiento del relé interno y se lo va a utilizar para error o sistema en cascada.

Una vez realizado todos los pasos anteriores se puede realizar el arranque de un motor de inducción trifásico para las bandas que serán utilizadas en la trituradora de piedra marca MINYU.

3.5 PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA WEG CFW09.⁴⁴

Para el arranque del motor trifásico de la trituradora de eje vertical (trituradora terciaria) se va a utilizar un variador de velocidad marca WEG modelo CFW09, seleccionado en el capítulo II, sección 2.1. Se elige este con el propósito que

⁴⁴ Manual de Convertidor de frecuencia CFW 09 WEG.

mediante un potenciómetro regulemos la velocidad del motor para que el proceso sea rápido o lento según la capacidad de producción de la trituradora de piedra marca MINYU.

A continuación en la figura 3.28 se puede observar las partes constitutivas del variador de velocidad WEG CFW09.

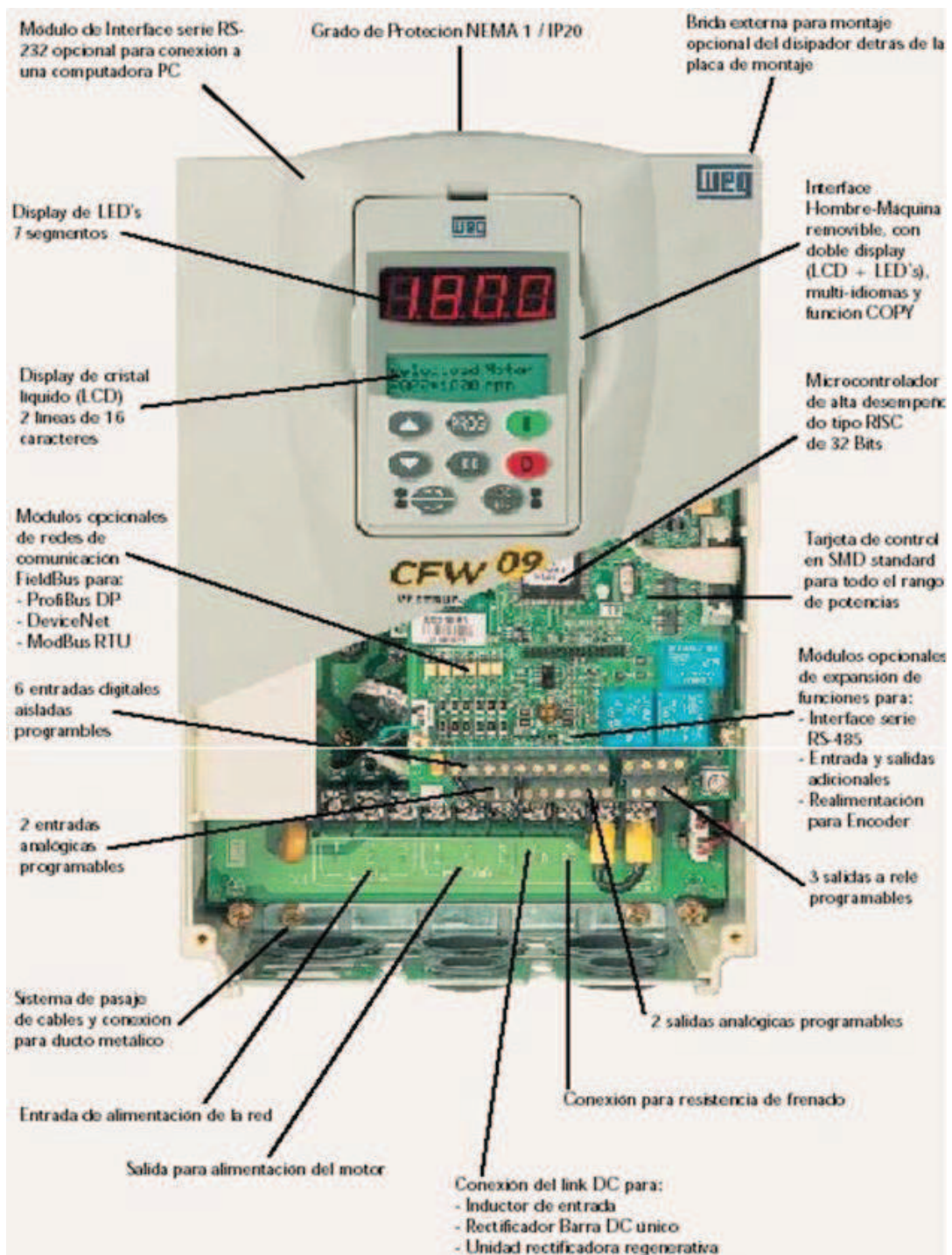


Figura 3. 28: Partes constitutivas del variador de frecuencia WEG CFW09.

Fuente: Catálogo convertidores de frecuencia WEG Pág.16

El variador de velocidad CFW09 posee un HMI (interfaz hombre – máquina), este dispositivo nos permitirá programar las entradas digitales (DI) y las salidas a relé que posee el variador de frecuencia y son utilizadas conforme a la lógica de control, como se puede ver en la figura 3.29.

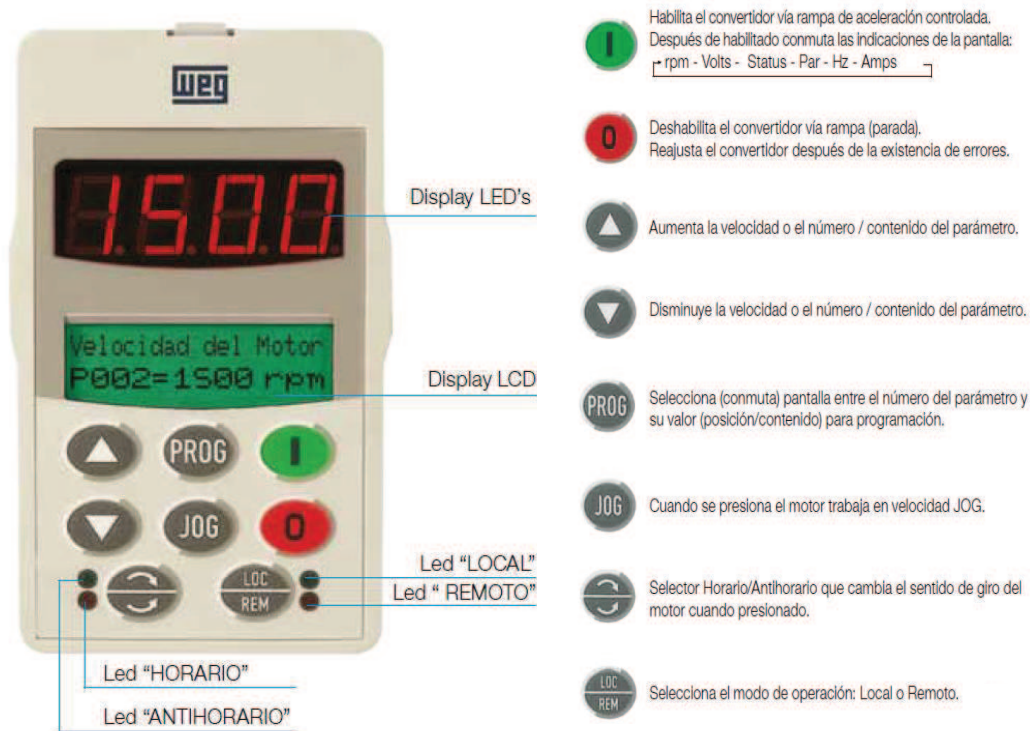























Figura 3. 29: Descripción del interfaz HMI del variador de frecuencia CFW09 WEG.




































Fuente: Catálogo convertidores de frecuencia WEG Págs.18 y 19.



A continuación se va a detallar los parámetros a ser programados, ver anexo 14, para el arranque del motor trifásico de inducción con el variador de frecuencia CFW09 mediante el uso del interfaz hombre – máquina. Para esto debemos conocer los datos de placa del motor (observar tabla 3.6), una vez obtenido los datos de placa procedemos a programar de la siguiente manera:








WEG CE NBR 50345				
3~225 S/M		16MA107		OCO 8456
MOTOR INDUCCION		Hz 60	CAT: N	
Kw (HP – CV) 220 (300)			RPM 1160	
FS	1,10	ISOL F Δ	80 k	Ip / In 6,9
ST		INSL		IP 55
220 / 440 V			640 / 320 A	
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C		ALT 1000M
Rend % 86			Cos φ 0,75	
6314 – C3		POLIREX EM – ES60		375 gr
6314 – C3		27 gr 1426 h		








Tabla 3.6: Datos de placa del motor de la trituradora terciaria (trituradora de eje vertical).








1. Para poder alterar cualquier parámetro del variador de frecuencia se debe modificar el parámetro P000 esto se realiza de la siguiente forma: Pulsar  y buscar con las teclas  y  P000, una vez localizado P000 presionar  y modificar con las teclas  y  para poner 5 (P000=5), luego presionar  para almacenar. Cualquier desconexión de la energía el P000 vuelve a 0 (cero).
2. Una vez modificado P000 se procede a cambiar el parámetro P100 para esto se pulsa  y buscamos con las teclas  y  , encontrado P100 pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y colocamos el número 25 (P100=25) para almacenar pulsamos  , esta modificación se refiere al tiempo de aceleración del motor al momento del arranque del mismo.
3. Continuamos con el parámetro P142, pulsamos  y buscamos con las teclas  y  , una vez localizado P142 pulsamos  variamos su valor con las teclas  y  e introducimos el número 50 (P142=50) almacenamos pulsando  , este parámetro se refiere a la tensión máxima en el momento de arranque del motor.








4. Procedemos con el parámetro P201, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizado P201 pulsamos  alteramos su valor y con las teclas  y  colocamos el número 2 (P201=2) almacenamos presionando , este parámetro se refiere al idioma de lectura del variador de frecuencia.
5. Continuamos con el parámetro P220, pulsamos  y localizamos con las teclas  y  P220, encontrado P220 presionamos  modificamos el valor con las teclas  y  y buscamos el número 4 (P220=4) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia de que por medio de pulsadores va a funcionar el variador de frecuencia CFW 09.
6. Realizamos la modificación del parámetro P221, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P221 presionamos  modificamos el valor con las teclas  y  y buscamos el número 1 (P221=1) guardamos presionando , este parámetro hace referencia para utilizar un potenciómetro para variar la velocidad del motor.
7. Luego procedemos con el parámetro P223, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P223 presionamos  y modificamos su valor con las teclas  y  y colocamos el número 2 (P223=2) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a inversión de giro del motor por medio del HMI del variador de frecuencia CFW 09.
8. Continuamos con el parámetro P224, pulsamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P224 pulsamos  y alteramos su valor con las teclas  y  y colocamos el número 1 (P224=1) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a gira/para del arranque





del motor por medio de pulsadores, deshabilitando los botones  y  del HMI.




9. Avanzamos con el siguiente parámetro P232, presionamos  y buscamos con las teclas  y , localizamos P232 pulsamos  y modificamos su valor con las teclas  y  y colocamos el número 1 (P232=1) guardamos pulsando , este parámetro hace referencia a parada de motor por inercia.








10. También cambiamos los valores del parámetro P235, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P235 y pulsamos  y modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 1 (P235=1) guardamos presionando , este parámetro hace referencia para habilitar el potenciómetro.








11. Modificamos el parámetro P263, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P263 y pulsamos  alteramos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 1 (P263=1) guardamos presionando , este parámetro es para habilitar la entrada digital DI1 para gira/para del motor.








12. Procedemos con el parámetro P265, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P265 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 2 (P265=2) guardamos presionando , este parámetro es para habilitar la entrada digital DI3 para un habilita general del variador de frecuencia mediante un pulsador paro de emergencia.







13. Realizamos una modificación al parámetro P266, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P266 y pulsamos 


modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 4 (P266=4) guardamos presionando , este parámetro es para habilitar la entrada digital DI4 para esperar un error externo del motor como medio de protección entre el variador de frecuencia y el motor de la trituradora.








14. Continuamos con el parámetro P277, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P277 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 11 (P277=11) guardamos presionando , este parámetro es para habilitar el relé del variador de frecuencia RL1 para activar una luz piloto color verde de indicación de funcionamiento de arranque del variador.








15. A continuación cambiamos el parámetro P279, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P279 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 13 (P279=13) guardamos presionando , este parámetro es para habilitar el relé del variador de frecuencia RL2 para activar una luz piloto color rojo de indicación que el variador esta en reposo.








16. Continuamos con el parámetro P280, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P280 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 12 (P280=12) guardamos presionando , este parámetro es para habilitar el relé del variador de frecuencia RL3 que es activado cuando el sensor de vibración de la trituradora terciaria se cierre (contacto NC).








17. Seguimos con el parámetro P296, presionamos  y buscamos con las teclas  y , encontramos P296 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 3 (P296=3) guardamos




presionando  , este parámetro se refiere a la tensión de alimentación del variador de frecuencia.





18. Continuamos con el parámetro P400, presionamos  y buscamos con las teclas  y  , encontramos P400 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 440 (P400=440) guardamos presionando  , este parámetro hace referencia al voltaje de funcionamiento del motor de inducción de la trituradora de eje vertical.

19. Modificamos el parámetro P401, presionamos  y buscamos con las teclas  y  , encontramos P401 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 326 (P263=326) guardamos presionando  , este parámetro hace referencia a la corriente nominal del motor de inducción de la trituradora de eje vertical.

20. El parámetro P402 se lo modifica, presionamos  y buscamos con las teclas  y  , encontramos P402 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 1160 (P402=1160) guardamos presionando  , este parámetro hace referencia a la velocidad nominal del motor de inducción.

21. Cambiamos los valores del parámetro P403, presionamos  y buscamos con las teclas  y  , encontramos P403 y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 60 (P403=60) guardamos presionando  , este parámetro hace referencia a la frecuencia de funcionamiento del motor de inducción.

22. Y por último se procede con la alteración del parámetro P404, presionamos  y buscamos con las teclas  y  , encontramos P404

y pulsamos  modificamos su valor con las teclas  y  y buscamos el número 31 (P404=31) guardamos presionando , este parámetro hace referencia a la potencia nominal del motor de inducción de la trituradora de eje vertical.

Una vez realizado todos los pasos anteriores se puede realizar el arranque de un motor de inducción trifásico para la trituradora terciaria (trituradora de eje vertical) que será utilizada en la trituradora de piedra marca MINYU.

3.6 DISEÑO DE LA LÓGICA DE CONTROL

Para su funcionamiento, la trituradora de piedra marca MINYU posee varios motores (17 en total), un generador es el encargado de alimentar los tableros eléctricos de control, para ver sus características se procede a observar la tabla 3.7, este generador proporciona la energía eléctrica a través de cables número 3/0 a unas barras de cobre colocadas en los tableros de control. Estas barras son colocadas con el propósito de suministrar la energía a 440 V a cada uno de los tableros, como son dimensionadas y fabricadas se lo puede leer en la sección 2.1 del capítulo II.

Model DM8521	
Serial Number CATODJOD5GW9	Generator adlo 508
Year of Manufacture 2006	Generator connection star
Rated Power KVA 625 KVA 500 KW 0,80 Cos ϕ	Rating ISO 8528-5
Rated Voltage V 240 / 480	Generator enclosure IP23
N° Fase 3	Insulation class 17
Rated Frequency Hz 50	Excitation voltage 24 V
Rated R.P.M. 1800 r.p.m.	Excitation current 2000 A
Maximum altitude	1524 m
Maximum ambient temperature	40° C
Mass	6324 kg

Tabla 3.7: Datos técnicos del generador a diesel de la trituradora de piedra.

El ciclo de trabajo normalmente ejecutado, es cuando se use el ciclo manual, este ciclo inicia con el presóstatto cerrado de la bomba de lubricación de la trituradora de cono (trituradora secundaria).

Con el presóstatto cerrado se activa una sirena que indica que la trituradora esta lista para operar y este a su vez habilitan los arrancadores suaves de los motores de inducción de la trituradora de piedra apareciendo la palabra RDY en los display de los arrancadores suaves.

3.6.1 ARRANQUE DE LOS MOTORES DE LA TRITURADORA.

Observar que los interruptores termo magnéticos (guarda motor) de los motores gato hidráulico de la trituradora de mandíbula, gato hidráulico de la trituradora de cono, lubricadora de la trituradora de eje vertical y lubricadora de la trituradora de cono estén en posición de trabajo (ON=PRENDIDO=1).

Con el breaker principal (SW1) se energiza todo el sistema, con el interruptor SW20 se energiza el lado primario del transformador de control con 440 voltios, este a su vez en el lado secundario entrega voltajes reducidos para control de 220 voltios y 110 voltios la cual se utilizara solo 220 voltios para el control de las bobinas de los relés auxiliares, bobinas de los contactores, alimentación del LOGO! 230RC, luces piloto y alimentación de la tarjeta de control de los arrancadores suaves.

La secuencia de arranque de los motores de la trituradora de piedra se observa en la figuras 3.30 y 3.31.

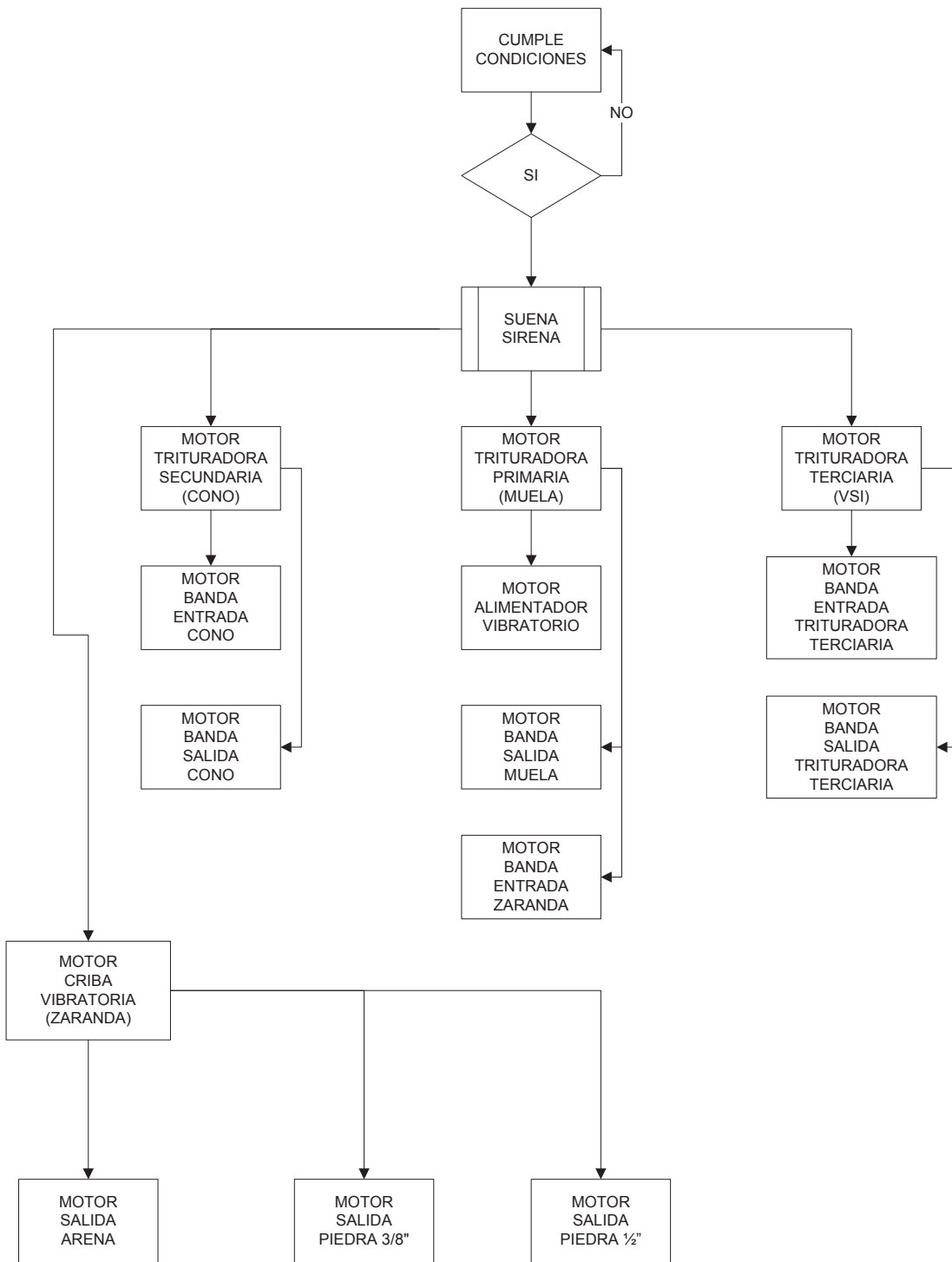


Figura 3. 30: Secuencia de arranque de los motores de la trituradora de piedra.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Microsoft Visio.

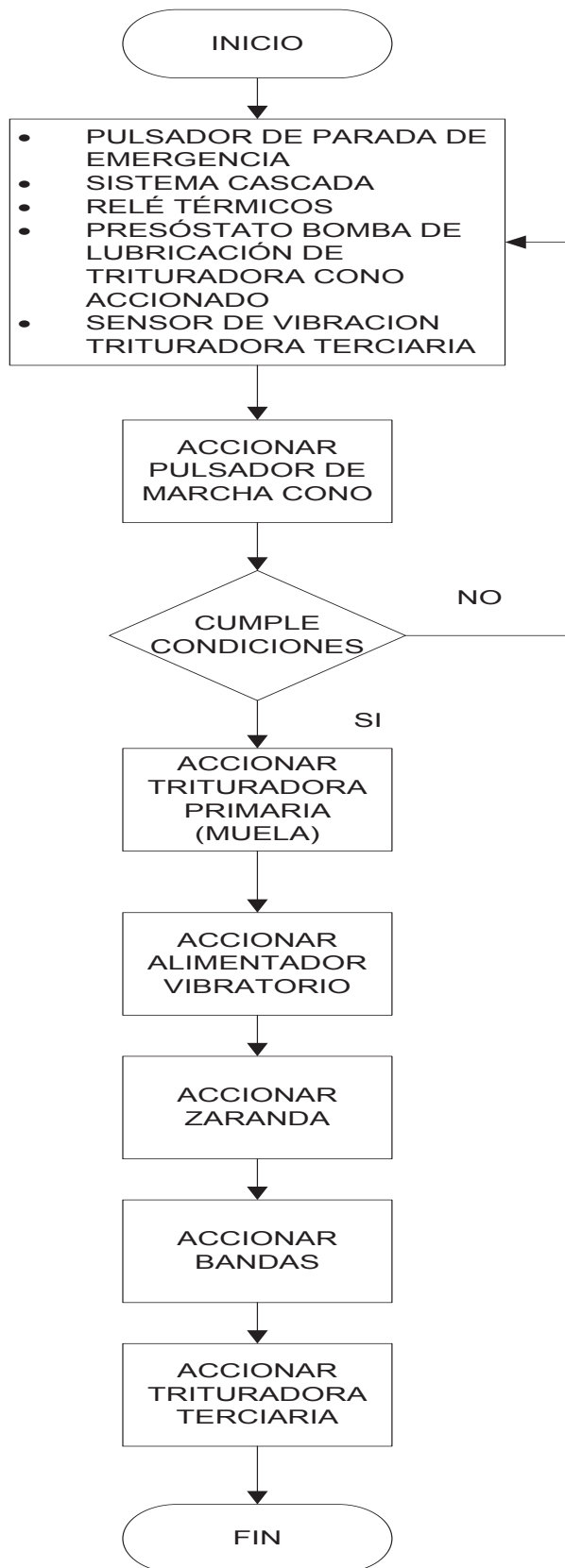


Figura 3. 31: Secuencia de arranque de los motores de la trituradora de piedra.

Fuente: Héctor Jácome Zambrano. Microsoft Visio.

3.6.2 DETALLE DE FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA PARA LA TRITURADORA DE PIEDRA MARCA MINYU.

Con el pulsador “parada de emergencia” y los pulsadores “paro motor”, entradas I14 e I1 hasta I13 respectivamente (ver listado de entradas en la tabla 4.1) desactivados, las entradas I15, I16 e I18 activadas empieza el funcionamiento de un relé para el funcionamiento de una sirena en forma cíclica, salida Q14 (ver listado de salidas en la tabla 4.1).

Al terminarse el sonido de la sirena, se acciona la entrada I13 del motor de la trituradora secundaria (trituradora de cono). Otra condición que debe cumplirse para el funcionamiento de los motores de la trituradora de piedra marca MINYU es que los relés térmicos Rt1, Rt2, Rt3 y Rt4 no estén “disparados”, la entrada I16 que pertenece al sistema en cascada este “accionada”, la entrada I17 que pertenece al funcionamiento normal de la trituradora de cono este “accionada” y la entrada I18 que pertenece a un sensor de vibración de la trituradora de eje vertical (trituradora terciaria) este “accionada”.

Una vez que se cumplen todas las condiciones, entra a funcionar el relé auxiliar el cual a su vez me permite el accionamiento del arrancador suave de la trituradora de cono (salida Q13). Si en algún momento del proceso la presión del sistema se elevara demasiado y con el fin de proteger los elementos de la trituradora de cono se ha conectado un presóstato (entrada I15), el cual desconectará todo el sistema.

Se puede observar cuando el motor de la trituradora ha arrancado por completo a través de la luz piloto color verde “motor cono”, que está incorporado en el tablero correspondiente a la trituradora de cono. Observar el diagrama eléctrico y el programa de control que se encuentra en el siguiente capítulo.

Todos los movimientos de la trituradora son comandados desde los tableros de control y una consola de control que se pueden observar en la siguiente figura 3.32.



Figura 3. 32: Tableros de control de la trituradora de piedra marca MINYU.

3.6.2.1 FUNCIONAMIENTO MANUAL

Los motores funcionan cuando cumplan todos los requisitos de las entradas condicionadas del PLC (entradas cerradas, observar tabla 4.1) y en todos los arrancadores suaves SSW 03 y SSW 04 aparezca en el display la palabra ready (rdy) y en los arrancadores suaves SSW 05 la luz indicadora color rojo se encienda donde se encuentra la palabra ready.

La trituradora de piedra marca MINYU funciona solo en forma manual. Esto es porque a veces se debe detener proceso por alguna piedra o cualquier otro objeto obstaculice una banda o a su vez se desgaste una banda, una polea se dañe o la trituradora de piedra este en proceso de mantenimiento.

El presóstatos de la bomba de lubricación de la trituradora de cono cerrado (entrada I15) se procede con el encendido automático de la sirena que por 45 segundos advierte que el proceso de arranque de los motores esta por iniciar, una vez terminado el sonido de la sirena se procede a accionar el pulsador de marcha de la trituradora de cono (entrada I13), de esta manera se activa la salida Q13 que comanda al relé y este a su vez da señal al control del arrancador suave SSW03 para habilitarlo.

Una vez que el arrancador suave SSW03 que pertenece a la trituradora de cono se activa este da una señal al LOGO! 230 RC entrada I17 se activa y con esta señal se procede con el arranque de los demás motores con la condición que la entrada I16 que pertenece al sistema cascada y la entrada I18 que pertenece al sensor de vibración de la trituradora terciaria se accionen caso contrario los motores no se podrán accionar.

Con las condiciones antes mencionadas se procede con el accionamiento del pulsador de marcha de la trituradora primaria (entrada I12), de esta manera se activa la salida Q12 que comandara al relé y este a su vez da una señal al control del arrancador suave SSW03 para habilitarlo. Luego se procede con el pulsador de marcha del alimentador vibratorio (entrada I1), de esta manera se activa la salida Q1 que comandara al relé y este da una señal al control del arrancador suave SSW04 para habilitarlo.

Continuamos con el pulsador de marcha de la zaranda (entrada I4), se activa la salida Q4 que acciona el relé y este da una señal al control del arrancador suave SSW04 para habilitarlo. Procedemos con el arranque de los motores de las bandas (entradas I2, I3, I5, I6, I7, I8, I9, I10 e I11) cada entrada con su respectivo pulsador de marcha los cuales activan las salidas Q2, Q3, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11 las mismas que activan los relés auxiliares correspondientes a cada arrancador, habilitando cada uno de estos arrancadores SSW05.

Cualquier falla dentro del proceso por ejemplo falla del sistema de cascada se apagará automáticamente primero las trituradoras primaria, secundaria y terciaria en menos de 2 segundos, seguido por el alimentador vibratorio y la zaranda en 5 segundos y 1 minuto respectivamente, luego se apagarán las bandas de entrada a la trituradora de cono y trituradora terciaria en 1 segundo esto se debe que las trituradoras no deben quedar con material al interior de las mismas. Lo último en apagarse serán las banda de entrada a la zaranda, bandas de salida de la trituradora primaria, secundaria y terciaria y las bandas de salida de producto final con un tiempo de 3 minutos y 5 minutos respectivamente.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y FUERZA.

En este capítulo se diseñan los planos de control y diagramas de fuerza para los tableros eléctricos de control de la trituradora de piedra marca MINYU.

Una vez realizado el montaje de los elementos para el control como relés auxiliares, pulsadores, luces piloto, RLC, contactores con relé térmico, variadores de velocidad, arrancadores suaves y borneras se procede con el cableado de control utilizando cable N° 18 AWG, ver anexo 15, donde se detalla la capacidad de amperaje de los cables utilizados en este proyecto. El cable es utilizado para las respectivas conexiones.

A continuación se realiza una descripción de cada una de entradas y salidas lógicas que comanda el RLC (LOGO! 230 RC), el cual controla los diferentes relés auxiliares los mismos que comandan los arrancadores suaves y demás elementos de control de cada uno de los tableros eléctricos de control.

LOGO! 230 RC	
ENTRADAS (I)	SALIDAS (Q)
I1 Pulsador 1(verde y rojo)	Q1 Relé auxiliar 1
I2 Pulsador 2 (verde y rojo)	Q2 Relé auxiliar 2
I3 Pulsador 3 (verde y rojo)	Q3 Relé auxiliar 3
I4 Pulsador 4 (verde y rojo)	Q4 Relé auxiliar 4
I5 Pulsador 5 (verde y rojo)	Q5 Relé auxiliar 5
I6 Pulsador 6 (verde y rojo)	Q6 Relé auxiliar 6
I7 Pulsador 7 (verde y rojo)	Q7 Relé auxiliar 7
I8 Pulsador 8 (verde y rojo)	Q8 Relé auxiliar 8

I9 Pulsador 9 (verde y rojo)	Q9 Relé auxiliar 9
I10 Pulsador 10 (verde y rojo)	Q10 Relé auxiliar 10
I11 Pulsador 11 (verde y rojo)	Q11 Relé auxiliar 11
I12 Pulsador 12 (verde y rojo)	Q12 Relé auxiliar 12
I13 Pulsador 13 (verde y rojo)	Q13 Relé auxiliar 13
I14 Pulsador paro de emergencia	Q14 Sirena
I15 Presóstato de bomba de cono	
I16 Sistema de cascada arrancadores	
I17 Funcionamiento normal cono	
I18 Sensor de vibración	
I19 Pulsador para activar la sirena (PV27)	

Tabla 4.1: Detalle de las entradas (I) y salidas (Q) del LOGO! 230 RC.

Se detalla a continuación que controla cada uno de los relés auxiliares y contactores que son utilizados en los tableros eléctricos de control.

- Relé auxiliar 1 (RA1) Arrancador suave SSW04 alimentador muela.
- Relé auxiliar 2 (RA2) Arrancador suave SSW05 banda salida muela.
- Relé auxiliar 3 (RA3) Arrancador suave SSW05 banda entrada zaranda.
- Relé auxiliar 4 (RA4) Arrancador suave SSW04 zaranda.
- Relé auxiliar 5 (RA5) Arrancador suave SSW05 banda entrada cono.
- Relé auxiliar 6 (RA6) Arrancador suave SSW05 banda salida cono.
- Relé auxiliar 7 (RA7) Arrancador suave SSW05 banda salida arena.
- Relé auxiliar 8 (RA8) Arrancador suave SSW05 banda salida piedra ¼".
- Relé auxiliar 9 (RA9) Arrancador suave SSW05 banda salida piedra 3/8".
- Relé auxiliar 10 (RA10) Arrancador suave SSW05 banda entrada terciaria.
- Relé auxiliar 11 (RA11) Arrancador suave SSW05 banda salida terciaria.
- Relé auxiliar 12 (RA12) Arrancador suave SSW03 trituradora muela.

- Relé auxiliar 13 (RA13) Arrancador suave SSW03 trituradora cono.
- Contactor 1 (C1) Gato hidráulico trituradora muela.
- Contactor 2 (C2) Gato hidráulico trituradora cono.
- Contactor 3 (C3) Lubricadora trituradora cono.
- Contactor 4 (C4) Lubricadora trituradora eje vertical (terciaria).

Todos los relés auxiliares detallados (RA) y contactores (C) son de 3 polos cuya bobina trabaja con 240 VAC, a través de los contactos de estos relés circula la corriente eléctrica (menor de 6 A) que acciona a los distintos elementos de control de la trituradora de piedra marca MINYU.

En los planos de control y de fuerza se debe identificar cada uno de los breakers de fuerza y de control, utilizados para alimentar al RLC, variador, arrancadores y transformador de control, a continuación se describe que acciona cada breaker y son identificados con las letras SW.

- **SW0** Breaker generador motriz de 500 A.
- **SW1** Breaker principal de los tableros de control de 500 A.
- **SW2** Breaker del variador de velocidad CFW09 de 400 A.
- **SW3** Breaker del arrancador suave SSW03 de 300 A (muela).
- **SW4** Breaker del arrancador suave SSW03 de 300 A (cono).
- **SW5** Breaker del arrancador suave SSW04 de 60 A (alimentador).
- **SW6** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A (salida muela).
- **SW7** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A.
- **SW8** Breaker del arrancador suave SSW04 de 60 A (zaranda).
- **SW9** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A (entrada cono).
- **SW10** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A (salida cono).
- **SW11** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A (arena).
- **SW12** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A (piedra 1/4").
- **SW13** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A (piedra 3/8").
- **SW14** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A.
- **SW15** Breaker del arrancador suave SSW05 de 30 A.
- **SW16** Breaker del contactor (C1) de 20 A (gato hidráulico muela).
- **SW17** Breaker del contactor (C2) de 20 A (gato hidráulico cono).

- **SW18** Breaker del contactor (C3) de 20 A (lubricadora cono).
- **SW19** Breaker del contactor (C4) de 20 A (lubricadora terciaria).
- **SW20** Breaker de 2 polos de 20 A (lado primario transformador).
- **SW21** Breaker de 2 polos de 20 A (lado secundario transformador).
- **SW22** Breaker de 2 polos de 20 A (control de RLC 220 V).
- **SW23** Breaker de 2 polos de 20 A (control de luces piloto 220 V).
- **SW24** Breaker de 2 polos de 20 A (control electrónica 220 V).
- **SW25** Breaker de 2 polos de 20 A (transformador terciaria 440 V).
- **SW26** Breaker de 2 polos de 20 A (transformador terciaria 220 V).
- **SW27** Breaker de 2 polos de 20 A (electrónica, luces CFW09 220 V).
- **SW28** Breaker de 2 polos de 20 A (control de la consola 220 V).

Para identificar cada uno de los elementos que van a intervenir en el diseño de los planos se va a utilizar siglas, a continuación se especifica cada uno de esos elementos con su respectiva sigla:

- | | |
|----------------------|-------|
| ✓ Pulsador verde | (PV). |
| ✓ Pulsador rojo | (PR). |
| ✓ Paro de emergencia | (PE). |
| ✓ Luz piloto | (H). |
| ✓ Relé auxiliar | (RA). |
| ✓ Contactor | (C). |
| ✓ Breaker | (SW). |
| ✓ Transformador | (T). |
| ✓ Relé térmico | (Rt). |
| ✓ Bornera | (B). |
| ✓ Contactor auxiliar | (K). |

Para poder identificar a que color pertenece cada luz piloto de señalización lo vamos a describir en la siguiente lista, así se los puede identificar en los planos de control.

- H1 Luz piloto color rojo motor alimentador muela.
- H2 Luz piloto color verde motor alimentador muela.
- H3 Luz piloto color rojo motor banda salida muela.

- H4 Luz piloto color verde motor banda salida muela.
- H5 Luz piloto color rojo motor banda entrada zaranda.
- H6 Luz piloto color verde motor banda entrada zaranda.
- H7 Luz piloto color rojo motor zaranda.
- H8 Luz piloto color verde motor zaranda.
- H9 Luz piloto color rojo motor banda entrada cono.
- H10 Luz piloto color verde motor banda entrada cono.
- H11 Luz piloto color rojo motor banda salida cono.
- H12 Luz piloto color verde motor banda salida cono.
- H13 Luz piloto color rojo motor banda salida arena.
- H14 Luz piloto color verde motor banda salida arena.
- H15 Luz piloto color rojo motor banda salida piedra $\frac{1}{4}$ ".
- H16 Luz piloto color verde motor banda salida piedra $\frac{1}{4}$ ".
- H17 Luz piloto color rojo motor banda salida piedra $\frac{3}{8}$ ".
- H18 Luz piloto color verde motor banda salida piedra $\frac{3}{8}$ ".
- H19 Luz piloto color rojo motor banda entrada trituradora terciaria.
- H20 Luz piloto color verde motor banda entrada trituradora terciaria.
- H21 Luz piloto color rojo motor banda salida trituradora terciaria.
- H22 Luz piloto color verde motor banda salida trituradora terciaria.
- H23 Luz piloto color rojo motor trituradora primaria (muela).
- H24 Luz piloto color verde motor trituradora primaria (muela).
- H25 Luz piloto color rojo motor trituradora secundaria (cono).
- H26 Luz piloto color verde motor trituradora secundaria (cono).
- H27 Luz piloto color verde motor gato hidráulico muela.
- H28 Luz piloto color rojo motor gato hidráulico muela.
- H29 Luz piloto color verde motor gato hidráulico cono.
- H30 Luz piloto color rojo motor gato hidráulico cono.
- H31 Luz piloto color verde motor lubricadora cono.
- H32 Luz piloto color rojo motor lubricadora cono.
- H33 Luz piloto color verde motor lubricadora trituradora terciaria.
- H34 Luz piloto color rojo motor lubricadora trituradora terciaria.
- H35 Luz piloto color verde motor trituradora terciaria.
- H36 Luz piloto color rojo motor trituradora terciaria.

4.1 DISEÑO DE LOS DIAGRAMAS DE CONTROL.

A continuación se realizan los diagramas; electromecánicos de control y fuerza para la trituradora de piedra marca MINYU, los mismos que van a ser diseñados de una manera que los operarios encargados del mantenimiento eléctrico tengan una herramienta con la que puedan localizar las fallas eléctricas cuando la trituradora de piedra las presente.

La figura 4.1 indica la conexión de los transformadores de control que son los encargados de suministrar un voltaje de 220 V para el control eléctrico de los elementos de control para la trituradora de piedra. Los transformadores de control son de 50 VA, en el lado primario que se representa con la letra H (high) se alimenta con un voltaje de 440 V y el lado secundario que se representa con la letra X donde entrega el voltaje a 220 V. Cada lado del transformador debe ir con su respectivo breaker. El cable de alimentación tanto el entrada como en la salida de los transformadores es N° 10 AWG, ver anexo 15.

En los siguientes planos se puede observar cómo va cableado el PLC (LOGO! 230RC) este es alimentado con voltaje de 220 V y con un pulsador paro de emergencia (PE) para proteger y desactivar en cualquier instante si el proceso así lo requiere.

El cable a utilizar es calibre N° 18 AWG por el cual va a circular una corriente no mayor a 6 A. El cable debe ser color gris y flexible. Para conectar los demás elementos de control de los otros tableros se debe colocar por medio de borneras, estas borneras deben ser enumeradas para no tener ningún inconveniente al momento de presentar alguna falla.

Los planos se los puede observar en las siguientes figuras desde la 4.2 hasta la figura 4.7

Se continúa con los planos de las luces piloto las cuales nos indican el estado de cada uno de los elementos que comandan a los motores de la trituradora de piedra. Las luces piloto color verde nos indica encendido y las luces piloto color rojo nos indica apagado. En los relés térmicos la luz piloto color rojo indica falla térmica en el motor de inducción.

También como indicación adicional a los planos también se puede reemplazar a las luces piloto color verde con luces piloto color azul para indicar el encendido.

Las luces piloto se alimentan con voltaje de 220 V son de tipo LED. Ver figuras 4.8 y 4.9.

Después en los planos también se va a observar el arranque directo de los tres contactores que comandan a los motores de la lubricadora de la trituradora de cono, gato hidráulico de la trituradora de cono y el gato hidráulico de la trituradora primaria (muela). Observar la figura 4.10.

En el arranque directo se sigue el mismo procedimiento para el cableado con cable N°18 AWG color gris para el control. En el relé térmico se utiliza los dos contactos para controlar la luz piloto roja con los contactos denominados 97 – 98 que se cierra al momento que exista un exceso en la carga térmica del motor de inducción y el contacto cerrado denominado 95 - 96 para el sistema cascada ya que este contacto es cerrado.

En los planos no se incluyen los diagramas de control de la trituradora terciaria, estos planos son elaborados en forma independiente ya que esta trituradora se la puede movilizar. Más adelante en este mismo capítulo se mostraran los planos de esta trituradora.

Para que los arrancadores suaves SSW 03, SSW 04 y SSW 05 funcionen y permitan el paso de la corriente por medio de los tiristores deben ser habilitados por unas señales como lo indica el manual de funcionamiento de cada uno de los arrancadores.

En los siguientes planos se muestra como se realiza esa habilitación por medio de los relés auxiliares, para los arrancadores suaves SSW 05 se necesita un voltaje de 220 V el cual habilitan el arrancador suave.

Y para los arrancadores suaves SSW 03 y SSW 04 se debe tener mucho cuidado ya que estos para que sean habilitados deben ser por medio de un voltaje continuo (VCC) que se lo consigue en la tarjeta electrónica que el mismo arrancador tiene incorporado al interior del mismo.

También se debe mencionar que los arrancadores suaves a parte del sistema de fuerza, internamente tienen tarjetas electrónicas las mismas que son diseñadas por los fabricantes para un voltaje de 220 V para que sean alimentadas y así poder realizar la programación como se lo detallo en el capítulo anterior.

En las siguientes figuras desde 4.11 hasta 4.14 se muestra el cableado de estas señales y alimentación de las tarjetas electrónicas que son de vital importancia para que puedan ser manipulados y a la vez arranquen cada uno de los motores de la trituradora de piedra.

Se continúa con la realización de los planos de control para el tablero de la trituradora terciaria (eje vertical). En estos planos se puede observar que se trabaja con dos voltajes diferentes eso hay que tener muy en cuenta al momento de realizar el cableado de control de este variador de frecuencia.

Para voltaje de 220 VAC se va a utilizar cable N° 18 AWG color gris para controlar lo que se refiere al arranque directo que es para la lubricadora de este trituradora y las luces de señalización de encendido (luz piloto verde) y errores (luz piloto roja).

En cambio lo que se refiere al voltaje continuo (VCC) se va a utilizar un cable N° 18 AWG color rojo este voltaje es proporcionado por el variador en su parte interna de su tarjeta electrónica.

A este variador se le acopla un potenciómetro con la finalidad de variar su velocidad por medio de este, al tratarse de un voltaje continuo (VCC) se utiliza el cable N° 18 AWG color rojo. También va a existir un potenciómetro en la consola de mando a distancia para que el operador la pueda controlar desde ese punto.

En las siguientes figuras desde la 4.15 hasta la 4.17 se muestra el cableado de control de este tablero que pertenece a la trituradora terciaria de eje vertical.

Un detalle adicional a estos planos es que la lubricadora de esta trituradora debe funcionar primero por lo cual al momento que sale la palabra rdy en el variador la lubricadora ya empieza a funcionar. Su contactor C4 controla esta lubricadora.

Para terminar lo que se refiere a los planos de control se presenta a continuación los planos de la consola de mando a distancia. En cableado interno es realizado con cable N° 18 AWG color gris para el voltaje de 220 VAC y cable N° 18 AWG color rojo para el voltaje de 24 VCC.

Esta consola para conectarse con los tableros de control se lo realiza por medio de borneras las mismas que deben contener los mismos números que existen en los tableros cualquier error provoca un cortocircuito.

Los elementos de control coinciden con los elementos de control de los tableros por lo que la numeración es la misma.

Adicional a esto van conectados un voltímetro, un amperímetro y un tacómetro los cuales indican al operador si el funcionamiento de la trituradora de piedra es el correcto.

El amperímetro va instalado en el cable de alimentación del breaker principal, el voltímetro es conectado en la salida del breaker principal de los tableros de control (SW1). El tacómetro es solo para el motor de alimentación a la trituradora primaria, este motor en su parte interna tiene instalado un accesorio especial el cual permite variar su velocidad por medio del tacómetro.

En las figuras 4.18 hasta la figura 4.23 se observa los planos de la consola de mando a distancia y cada una de las borneras con su numeración respectiva.

4.2 DISEÑO DE LOS DIAGRAMAS DE FUERZA.

En los siguientes planos se detalla la conexión del sistema de fuerza de los motores de la trituradora de piedra MINYU.

Los arrancadores suaves SSW 03 WEG son conectados a los breakers de protección y de ahí a las barras de cobre con un cable N° 2/0 AWG, ver anexo 15, para los arrancadores suaves SSW 04 WEG se utiliza un cable N° 6 AWG, ver anexo 15, para ser alimentados en lo que se refiere al sistema de fuerza.

Con un cable N° 10 AWG es utilizado para conectar los arrancadores suaves SSW 05 WEG a cada uno de los breakers de protección y luego se conecta a las barras de cobre. Con el mismo cable se conecta los transformadores de control de cada tablero y también la alimentación de los contactores.

Para el tablero de la trituradora terciaria se utiliza un cable N° 3/0 AWG, ver anexo 15, para la alimentación del sistema de fuerza tanto para la alimentación del variador, las reactancias y del motor de inducción.

En las siguientes figuras desde 4.24 hasta 4.27 se muestra como van conectado cada uno de los arrancadores suaves, variador de frecuencia y contactores.

La conexión de la puesta a tierra debe ser considerada dentro de los planos, puesto que todo motor debe estar protegido con el sistema a tierra. En los planos la línea entrecortada y color verde es la indicación del sistema de puesta a tierra.

4.3 DISEÑO DE LA TABLA DE FIJACIÓN.

Procedemos con una breve descripción de cómo se va a realizar el cableado del circuito de control, esto se lo realiza mediante una tabla de fijación.

En esta tabla 4.2 se detalla cómo van los cables desde donde sale hacia dónde se dirige (conecta), cada cable va marcado con una marquilla. Este proceso es muy importante para el técnico de mantenimiento eléctrico ya que así puede encontrar la falla eléctrica cuando se presente.

ITEM	N° CABLE	DESDE	HASTA	IDENTIFICACION	COLOR
1	18 AWG	Breaker SW24 (1)	Bornera 152	B152	Gris
2	18 AWG	Bornera 152	Pulsador verde (PV14) – 3	PV – 3	Gris
3	18 AWG	Pulsador verde (PV14) - 3	Contacto abierto C1 – 13	C1 – 13	Gris
4	18 AWG	Contacto abierto C1 - 13	Contacto abierto C1 – 23	C1 – 23	Gris
5	18 AWG	Contacto abierto C1 - 23	Contacto abierto Rt1 – 97	Rt1 – 97	Gris
6	18 AWG	Contacto abierto Rt1 - 97	Bornera 161	B161	Gris
7	18 AWG	Pulsador verde (PV14) - 4	Contacto abierto C1 - 14	C1 – 14	Gris
8	18 AWG	Contacto abierto C1 - 14	Bornera 154	B154	Gris
9	18 AWG	Pulsador verde (PV14) - 4	Pulsador rojo (PR14) - 1	PR – 1	Gris
10	18 AWG	Pulsador rojo (PR14) - 2	Bornera 155	B 155	Gris
11	18 AWG	Bornera 156	Bobina de contactor C1	C1 – A1	Gris
12	18 AWG	Bobina de contactor C1	Bornera 168	C1 – A2	Gris
13	18 AWG	Contacto abierto C1 - 24	Bornera 157	B157	Gris
14	18 AWG	B157	Luz piloto verde	H27 – X1	Gris

			H27 – X1		
15	18 AWG	Luz piloto verde H27 – X2	Bornera 159	B159	Gris
16	18 AWG	Contacto abierto Rt1 - 98	Bornera 158	B 158	Gris
17	18 AWG	Bornera 158	Luz piloto roja H28 – X1	H28 – X1	Gris
18	18 AWG	Luz piloto roja H28 – X2	Bornera 160	B 160	Gris
19	18 AWG	Bornera 160	Bornera 159	B 159	Gris
20	18 AWG	Bornera 159	Bornera 153	B153	Gris
21	18 AWG	Bornera 153	Breaker SW24 (2)	B153	Gris

Tabla 4. 2: Ejemplo de tabla de fijación del arranque directo de la figura 4.10.

Con el ejemplo descrito se puede realizar la tabla de fijación para todos los planos tanto de control como de fuerza de la trituradora de piedra.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- Al realizar el arranque de los motores de la trituradora de piedra con arrancadores suaves o a la vez con variadores de velocidad se controla la corriente de arranque en un 50% y también obtenemos un mejor rendimiento del motor en un 5% a 8 %.
- Con el implemento de arrancadores suaves y variadores de velocidad se reducen los espacios dentro del tablero eléctrico en un 50%.
- Utilizar el plano de montaje en el armado de un tablero eléctrico de control nos permite identificar cada elemento y su ubicación dentro del mismo.
- Realizar planos de control y fuerza en este proyecto favorece en un 100% al personal de mantenimiento y técnicos para localizar las fallas cuando estas ocurran.
- Con el funcionamiento de los motores trifásicos a un voltaje mayor (440 V para este proyecto), se reducen los costos de energía en un 30%.
- El PLC reduce costos de los elementos de control, ahorrando entre un 40% y 50% de espacio dentro del tablero para el funcionamiento de los arrancadores suaves y variadores de velocidad.
- Los contactores utilizados en este proyecto son para motores trifásicos menores o iguales a 5HP ya que estos motores no consumen más del 5% energía al momento de su funcionamiento.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Todo tablero eléctrico que es utilizado para control o fuerza debe estar conectado a un sistema de protección tierra, para proteger todos los elementos internos en el que está constituido dicho tablero.
- Los elementos WEG utilizados en este proyecto son de fácil manejo pero se puede utilizar otros elementos de otras marcas (Siemens, Sneider Electric, etc.), esto depende de cada constructor y de los clientes al momento de solicitar el tablero eléctrico de control.
- Se puede utilizar cualquier tipo de arrancador suave, variador de velocidad y PLC eso depende de cada fabricante para el funcionamiento de los motores trifásicos eléctricos.
- Para arrancar o hacer funcionar un motor trifásico de más de 100 HP es necesario conocer el funcionamiento de un arrancador suave o de un variador de velocidad para así poder suprimir los arranques directos o arranques estrella – triángulo que nos ocupan demasiado espacio dentro del tablero eléctrico de control.
- Para realizar cualquier cableado de control y de fuerza se debe seguir el plano eléctrico de control diseñado para cada tablero eléctrico y cumplir las normas establecidas dentro de este proyecto para evitar inconvenientes a futuro.
- Se recomienda realizar una banca didáctica para que los estudiantes se familiaricen con los arrancadores suaves y variadores de velocidad, con esto puedan programar estos elementos utilizados en la actualidad.
- Al momento de realizar una programación de los elementos electrónicos utilizados en este proyecto como son los variadores de velocidad, arrancadores suaves, RLC (logo! 230rc) se recomienda leer los manuales de cada uno de los elementos para evitar daños en los mismos al momento de su funcionamiento.

- Tener cuidado con la alimentación de los tableros eléctricos tanto en el área de control como en la de fuerza, ya que estos funcionan con voltajes diferentes (440 V para la fuerza y 220 V para el control), una equivocación ocasiona que se quemen los elementos.
- Se recomienda conocer los datos técnicos de los cables de alimentación (circuito de fuerza) para cada uno de los motores trifásicos utilizados en este proyecto para evitar el subdimensionamiento.

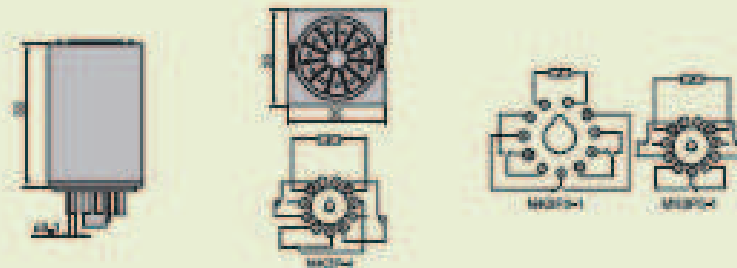
ANEXOS

ANEXO 1

RELES AUXILIARES EXTRAÍBLES
SERIE MK3P

INFORMACIÓN GENERAL

3 polos inversores.
 Capacidad de contactos Ith=10A en 220Vca/230Vcc.
 Bobinas de corriente alterna en 12/24/48/110 y 220Vca -20% + 10%. 0,95 a 1,5 VA.
 Bobinas de corriente continua en 12/24/48 y 110Vcc.
 Con indicación de Led.


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS


Código	Polos	U Bobina	Ith	Zocalo	Emb.
BOBINA DE CORRIENTE ALTERNA					
MK3P-12Vca	3 inversores	12Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-24Vca	3 inversores	24Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-48Vca	3 inversores	48Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-110Vca	3 inversores	110Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-220Vca	3 inversores	220Vca	10A/220Vca	PF113A-E	10




















BOBINA DE CORRIENTE CONTINUA					
MK3P-12Vcc	3 inversores	12Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-24Vcc	3 inversores	24Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-48Vcc	3 inversores	48Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10
MK3P-110Vcc	3 inversores	110Vcc	10A/220Vca	PF113A-E	10



Código	Grado IP	Montaje	Para Relé	Dimensiones mm	Emb.
ZÓCALO PARA RELE MK3P (3 inversores)					
PF113A-E	IP20	DIN 35mm	3 invers.	45x52x39+45 del relé	20



ANEXO 2

CWM9	CWM12	CWM18	CWM25	CWM32	CWM40	CWM50	CWM55	CWM60	CWM95	CWM105	
											
2.2/3	3/4	4.5/6	5.5/7.5	9.2/12.5	11/15	15/20	18.5/25	22/30	22/30	30/40	
4/5	5.5/7.5	7.5/10	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	
4/5	5.5/7.5	7.5/10	11/15	15/20	18.5/25	22/30	30/40	45/60	55/75	55/75	
4.5/6	5.5/7.5	9.2/12.5	11/15	15/20	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	55/75	
4.5/6	5.5/7.5	9.2/12.5	11/15	15/20	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	55/75	
5.5/7.5	7.5/10	11/15	11/15	18.5/25	22/30	30/40	37/50	45/60	55/75	55/75	
9	12	18	25	32	40	50	65	80	95	105	
25	25	32	45	60	60	90	110	110	140	140	
5	7	8	12	16	18.5	23	30	37	44	50	
RW27-1D 	0.28...0.4 0.4...0.63 0.56...0.8 0.8...1.2 1.2...1.8 1.8...2.8 2.8...4 4...6.3	5.6...8 7...10 8...12.5 10...15 11...17 15...23 22...32	RW67-1D 	RW67-2D 	RW117-1D 	63...80 75...97 90...112					
	BCXMF10 (1NA) BCXMF01 (1NC) BCXMF10 (1NC) BCXMF01 (1NC)					BCXML 11 (1NA+1NC) BCXML 20 (2NA) BCXML 11 (1NA+1NC) BCXML 20 (2NA)					

ANEXO 3

ANEXO 4

Interruptor Termomagnético de Riel DIN



BKN 1P C 32A



BKN 2P C 10A



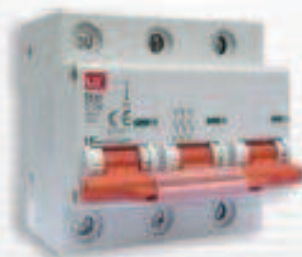
BKN 3P C 10A

BKN

Norma
Corriente nominal
Capacidad de ruptura (Icu)
Curva de disparo
Número de polos
Endurecimiento eléctrico
Montaje

IEC 60898-1 - IEC 60947-2
2, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A
5kA en 400 V / 10kA, 220V
C
1, 2 y 3
6000 maniobras
En riel DIN de 35 mm

In (A)	BKN		
	1 Polo	2 Polos	3 Polos
	Código	Código	Código
2	BKN 1P C 2A	BKN 2P C 2A	BKN 3P C 2A
4	BKN 1P C 4A	BKN 2P C 4A	BKN 3P C 4A
6	BKN 1P C 6A	BKN 2P C 6A	BKN 3P C 6A
10	BKN 1P C 10A	BKN 2P C 10A	BKN 3P C 10A
16	BKN 1P C 16A	BKN 2P C 16A	BKN 3P C 16A
20	BKN 1P C 20A	BKN 2P C 20A	BKN 3P C 20A
25	BKN 1P C 25A	BKN 2P C 25A	BKN 3P C 25A
32	BKN 1P C 32A	BKN 2P C 32A	BKN 3P C 32A
40	BKN 1P C 40A	BKN 2P C 40A	BKN 3P C 40A
50	BKN 1P C 50A	BKN 2P C 50A	BKN 3P C 50A
63		BKN 2P C 63A	BKN 3P C 63A



BKH 3P C 100A

BKH

Norma
Corriente nominal
Voltaje nominal
Curva de disparo
Capacidad de ruptura (Icu)
Número de polos
Endurecimiento eléctrico
Montaje

IEC 60847-2
80, 100, 125 A
200/400 volt
C
10kA / 400 V
2, 3
6000 maniobras
En riel DIN de 35 mm

Certificación: CE CCC TUV RINA S

BKH		
Polos	In (A)	Código
2	80	BKH 2P C 80A
2	100	BKH 2P C 100A
2	125	BKH 2P C 125A
3	80	BKH 3P C 80A
3	100	BKH 3P C 100A
3	125	BKH 3P C 125A

Interruptor Diferencial RKN



RKN 25-2/30MA

RKN

Norma
Corriente nominal
Corriente fuga
Tensión nominal
Número de polos
Endurecimiento eléctrico
Montaje

IEC 61008
25, 40, 63A
30 mA
25 VAC (2P), 200/400 VAC (4P)
2, 4
6000 maniobras
En riel DIN de 35 mm

Certificación: CE CCC TUV RINA S

RKN		
Polos	In (A)	Código
2	25	RKN 25-2/30MA
2	40	RKN 40-2/30MA
2	63	RKN 63-2/30MA
4	25	RKN 25-4/30MA
4	40	RKN 40-4/30MA
4	63	RKN 63-4/30MA

Interruptores en Caja Moldeada

Metasol



Tipo de modelo			87	100	250	100	250
Frame			ABN52c	ABN100c	ABN200c	ABN103g	ABN203g
Número de polos			2	3	3	3	3
Corriente Nominal en 40°C (A)			15, 20, 30, 40, 50	15, 20, 30, 40, 50, 75, 100	125, 250, 200, 225, 250	16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	125, 160, 200, 250
Características eléctricas y mecánicas (IEC 60898-1)							
Tensión nominal de operación (U _e)	AC (V)	(V)	690	690	690	690	690
	DC (V)	(V)	500	500	500	250	250
Tensión nominal de aislamiento (U _i)		(V)	750	750	750	690	690
Tensión soportada al impulso (U _{imp})			8	8	8	8	8
Máxima capacidad de ruptura (I _{cn})							
AC 50/60 Hz	200/240 V	(kA)	30	35	65	50	50
	380/415 V	(kA)	18	22	30	25	25
	440/480 V	(kA)	14	18	26	25	25
	480/500 V	(kA)	7.5	10	18	22	22
	690 V	(kA)	2.5	5	6	5	5
DC	250 V	(kA)	5	10	10	14	14
	500 V	(kA)	5	10	10	-	-
Poder de corte en servicio en cortocircuito (I _{cs}) (kA)			100	100	100	50	50
Categoría de empleo			A	A	A	A	A
Durabilidad (Número de ciclos)	Mecánica		25 000	25 000	25 000	20 000	20 000
	Eléctrica		10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Características de ajuste							
Magnético fijo - térmico fijo *			↓	↓	↓		
Térmico regulable *						↓	↓
Magnético regulable *							↓
Eléctrica **							
Falta a tierra ***							
Accesorios							
Accesorios internos	Contacto auxiliar						
	Contacto de alarma						
	Bobina de disparo						
	Bobina de mínima tensión						
Accesorios externos	Manija extendible rotativa						
	Barra separadora de fases						
	Endeavamiento mecánico forta						
	Motor operador						
Dimensiones (AxBxP) (mm)			50x130x60	75x130x60	105x165x60	90x140x60	105x165x60
Peso (kg)			0.5	0.7	1.2	1.2	1.7

Certificaciones:   

Susol



TDN100N	TD180N	TS250N	TS400N	TS630N	TS800N	TS1000N	TS1250N	TS1800N
3	3	3	3	3	3	3	3	3
16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	125, 180	200, 250	400	630	800	1000	1000	1000
600	600	600	600	600	600	600	600	600
900	500	500	500	500	500	-	-	-
750	750	750	750	750	750	1000	1000	1000
8	8	8	8	8	8	8	8	8
85	85	100	100	100	100	55	55	55
50	50	50	50	50	50	50	50	50
50	50	50	50	50	50	50	50	50
30	30	40	40	40	40	40	40	40
5	5	10	10	10	10	35	35	35
42	42	50	50	50	50	-	-	-
42	42	50	50	50	50	-	-	-
100	100	100	100	100	100	100	100	100
A	A	A	A	A	A	B	B	B
25 000	25 000	25 000	20 000	20 000	20 000	10 000	10 000	10 000
10 000	10 000	10 000	8 000	8 000	8 000	8 000	5 000	5 000
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
90x140x88	90x140x88	105x165x88	140x260x110	140x260x110	210x320x125	210x327x155.5	210x327x155.5	210x327x155.5
1.5	1.5	2	5.4	5.4	15.1	19	19	19

* Unidad de disparo termomagnético

** Unidad de disparo electrónico

*** Falso a tierra

† In= 0.8 a 10In
 †† In= 5 a 10In

† In= 0.4 a 10In
 †† In= 1.5 a 10In
 ††† In= 0.5 a 3Inq

Corriente a falso a tierra I_g= 0.2 a 1.0 In
 T_g= 0.05 a 3 seg. / 1 ar
 Tiempo de disparo T_g= 0.1 a 0.4 seg. / 1 ar

ANEXO 5

Lámparas Piloto



Tensión
 12 Vca/Vcc
 24 Vca/Vcc
 48 Vca/Vcc
 110 Vca
 125 Vcc
 220 Vca



Codificación	Descripción	Composición
CJ SD1 110Vca	Lámpara Piloto ROJO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD1+BIDL 110Vca 1
CJ SD1 220Vca	Lámpara Piloto ROJO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD1+BIDL 220Vca 1
CJ SD2 110Vca	Lámpara Piloto VERDE con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD2+BIDL 110Vca 2
CJ SD2 220Vca	Lámpara Piloto VERDE con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD2+BIDL 220Vca 2
CJ SD0 110Vca	Lámpara Piloto INCOLOR con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD0+BIDL 110Vca 0
CJ SD0 220Vca	Lámpara Piloto INCOLOR con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD0+BIDL 220Vca 0
CJ SD3 110Vca	Lámpara Piloto AMARILLO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD3+BIDL 110Vca 3
CJ SD3 220Vca	Lámpara Piloto AMARILLO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD3+BIDL 220Vca 3
CJ SD4 110Vca	Lámpara Piloto AZUL con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca	SD4+BIDL 110Vca 4
CJ SD4 220Vca	Lámpara Piloto AZUL con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca	SD4+BIDL 220Vca 4
CJ SD1 125Vcc	Lámpara Piloto ROJO con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 125Vcc	SD1+BIDL 125Vcc 1
CJ SD2 125Vcc	Lámpara Piloto VERDE con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 125Vcc	SD2+BIDL 125Vcc 2

Botones



BF
BD
BC
BEG
BEY

Bloque de contactos NA

CJ

· /

Bloque de contactos NC

Color(ver tabla de colores)

Codificación	Descripción	Composición
CJ BF2.10	Botón Rasante Verde(1NA)	BF2+BC10
CJ BF5.10	Botón Rasante Negro(1NA)	BF5+BC10
CJ BF1.01	Botón Rasante Rojo(1NC)	BF1+BC01
CJ BC2.10	Botón Hongo Verde(1NA)	BC2+BC10
CJ BC1.01	Botón Hongo Rojo(1NC)	BC1+BC01
CJ BEG.01	Botón Parada de Emergencia "girar para soltar" (1NC)	BEG+BC01
CJ BD.10/01	Botón Doble sin Iluminación (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01
CJ BD 110Vca.10/01	Botón Doble con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 110Vca Rojo (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01+BIDL 110Vca 1
CJ BD 220Vca.10/01	Botón Doble con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 220Vca Rojo (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01+BIDL 220Vca 1
CJ BD 125Vcc.10/01	Botón Doble con Bloque de Iluminación Directa con LED Integrado 125Vcc Rojo (1NA+1NC)	BD+BC10+BC01+BIDL 125Vcc 1

ANEXO 6

CARACTERISTICAS

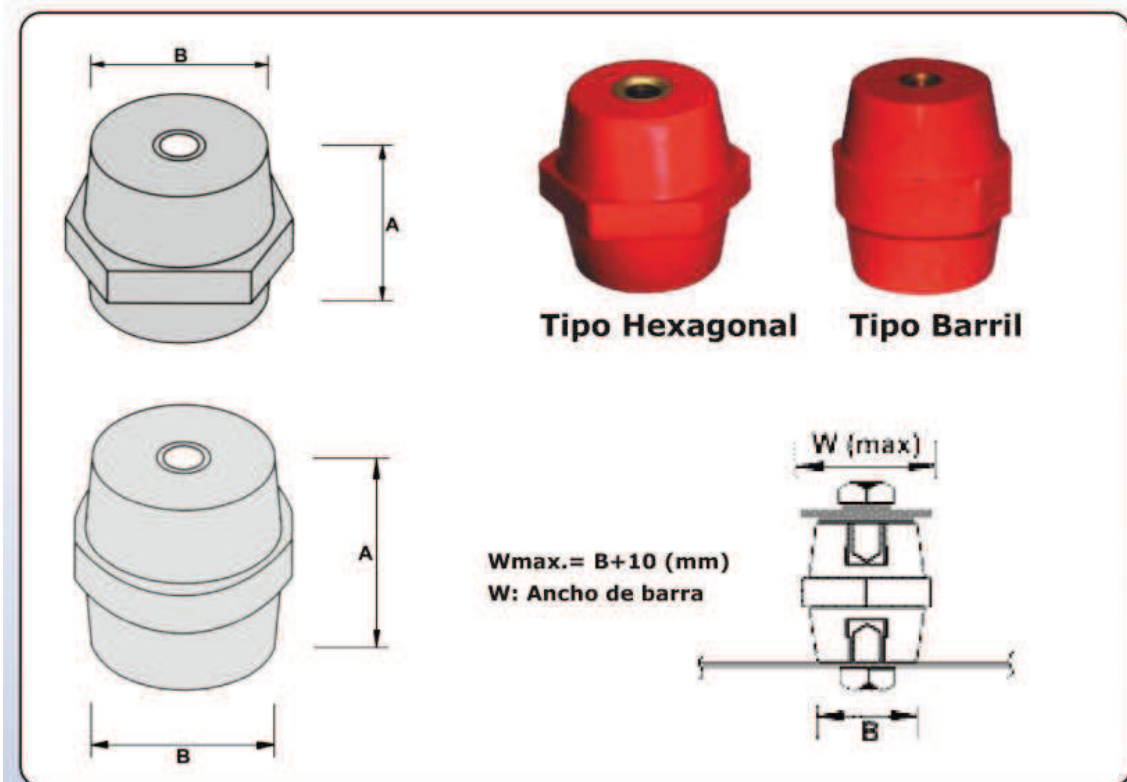
Material Aislador: Resina poliéster reforzado de alto grado, DMC.

Material Inserto: Bronce

Color: Rojo

Rigidez Dieléctrica: 10 kV/mm.

CODIGO	TIPO	DIMENSIONES (mm)		TIPO PERNO	LARGO INSERTO PERNO (mm)
		A	B		
AH-25-15-M6	Hexagonal	25	15	M-6	10
AH-30-25-M6	Hexagonal	30	25	M-6	10
AH-40-30-M8	Hexagonal	40	30	M-8	12
AH-50-36-M10	Hexagonal	50	36	M-10	15
AB-60-32-M10	Barril	60	32	M-10	23
AB-76-33-M10	Barril	76	33	M-10	23



ANEXO 7

TABLA DE CAPACIDADES EN SISTEMAS DE BARRAS DE COBRE

ANCHO X ALTO (Milímetros)	DISEÑO DE BARRAS (Tipo OB)	ÁREA (Milímetros cuadrados)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	CAPACIDAD DE CARGA EN ALTA FRECUENCIA (Amperios)								
				SIN PINTAR				PINTADAS DE NEGRO MATE				
				1	2	3	4	1	2	3	4	
15X3		44.5	0.396	162	282	361	438	516	187	316	381	459
25X3		74.5	0.663	245	412	498	586	674	287	470	525	613
30X5		149	1.33	379	672	836	1000	1164	447	760	944	1128
40X5		199	1.77	482	836	1090	1344	1598	573	952	1140	1328
40X10		398	3.55	715	1290	1770	2280	2820	850	1470	2000	2580
50X10		498	4.44	852	1510	2040	2600	3200	1020	1720	2320	2950
60X10		598	5.33	985	1720	2300	2900	3500	1180	1960	2610	3290
80X10		798	7.11	1240	2110	2790	3450	4150	1500	2410	3170	3980
100X10		998	8.89	1490	2480	3260	3980	4750	1810	2850	3720	4530
120X10		1200	10.7	1740	2860	3740	4500	5300	2110	3280	4270	5130

* Las tablas de 1 a 4 barras deben ser aplicadas con barras de tipo B (ASTM) desde 1/8". En casos especiales hacer modificaciones.

Tabla de capacidad en corriente en régimen continuo para barras de cobre para interiores.

Temperatura de ambiente = 35°C temperatura de barras = 55°C.

Posición de las barras: vertical, distancia mínima: ancho de barras.

1) Valores según DIN 43871, parte 3, Tabla 1.

2) Material E-Cu F50 según DIN 40500 parte 3.

3) Los valores indicados no aparecen en la tabla DIN, se calcula con base en el valor más cercano.

ANEXO 8

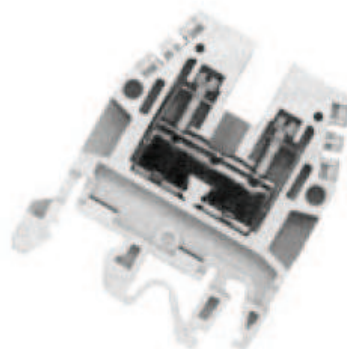
Serie CBD:
Bornes de conexión

Definición

Dispositivo simple de conexión, diseñado para establecer conexiones eléctricas perdurables y confiables.

Cada borne está constituido por un cuerpo aislante y un cuerpo conductor. La serie CBD consta de ocho (8) bornes, con secciones expresadas en mm²: 2,5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 35 - 50 - 70, las cuales corresponden a la máxima sección transversal del conductor flexible, que puede ser conectado al borne.

Para conductores rígidos la capacidad de los terminales en mm² es: 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 50 - 70 - 95.



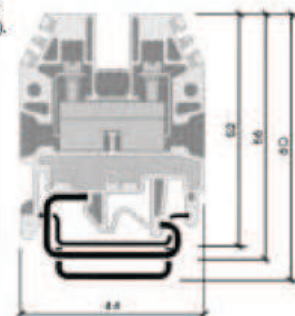
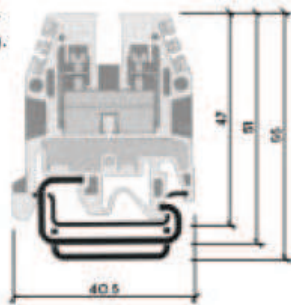
Características generales

- Cuerpo aislante elaborado en poliamida.
- Cuerpo conductor tipo tubo, elaborado en aleación de zinc y cobre, revestido con baño de níquel.
- Fácil conexión del cable a través de su sofisticado diseño, en el que resaltan:
 - Bordes redondeados del plato de presión.
 - Plano de entrada al cuerpo aislante inclinado.
 - Dimensión apropiada del orificio de entrada para el conductor.

- Identificación por ambos laterales del borne.
- Conexión a través de tornillos. Este sistema garantiza la mejor sujeción mecánica y minimiza la existencia de puntos calientes, aumentando la eficiencia en el flujo de corriente.
- Completa gama de accesorios para identificación de los terminales.
- Montaje en dos (2) tipos de riel, PR/DIN (en conformidad con el estándar EN 50.035) y el PR/3 en conformidad con el estándar EN 50.022.
- Certificaciones: CSA, KEMA KEUR, UR, Lloyds Register, Atex, ENEL.

Especificaciones técnicas

Modelo	CBD.2	CBD.4
Sección (mm ²)	2,5.	4.
Máxima sección del conductor flexible (mm ²)	[0,5...4].	[0,5 .. 10].
Rígido (mm ²)	[0,5...4].	[0,5 .. 10].
Calibre del Conductor	1 hilo AWG# 20 - # 12 (UL). 7 hilos AWG# 20 - # 12 (CSA).	AWG# 20 - # 10 (UL). AWG# 20 - # 12 (CSA).
Longitud del aislamiento (mm)	13.	14.
Torque (Ncm)	40.	50.
Capacidad (A)	24.	32.
Voltaje de operación (V)	800.	800.
Voltaje de prueba (V)	3000.	3000.
Espesor (mm)	5,5.	6,5.
ACCESORIOS		
Tapa final	CB2/PT.	CB4/6PT.
Puente permanente		
Puente seccionable	POS/11.	POS/42.
Puente múltiple	PMP/01.	PMP/42.
Placa separadora	DFU/1.	DFU/4.
Riel de montaje	PR/DIN/AS. PR/3/AS.	PR/DIN/AS. PR/3/AS.
Etiqueta de identificación	CNU/8.	CNU/8.



ANEXO 9

Transformadores de control y señalización

Monofásicos



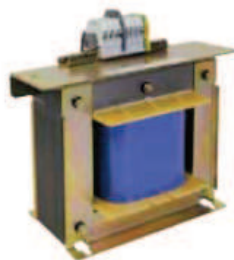
642 001/003/004/005



642 007/008



642 009/010/012



642 013/014

Transformadores monofásicos de control

Emp.	Ref.	Transformadores monofásicos de control
		Fabricados según la norma UL 506.
		- Primario: 220 / 440 V~
		- Secundario: 127 / 220 V~
1	642 001	50 VA ⁽¹⁾
1	642 003	75 VA ⁽¹⁾
1	642 004	100 VA ⁽¹⁾
1	642 005	180 VA ⁽¹⁾
1	642 007	250 VA ⁽¹⁾
1	642 008	300 VA ⁽¹⁾
1	642 009	400 VA
1	642 010	500 VA
1	642 012	750 VA
1	642 013	1000 VA
1	642 014	1500 VA

(1) Nuevo chasis.

Emp.	Ref.	Base o placa para montar los transformadores a riel Din TS 35. Para su uso solo en modelos de 50, 75, 100 y 180 VA.
5	439 99	



Certificaciones



Transformadores de control y señalización

Monofásicos

Características eléctricas.

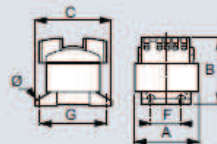
Ref.	Potencia VA	Pérdida al vacío* (W)	Caída de tensión % a plena carga		Rendimiento Potencia	
			cosφ=1	cosφ=0,45	cosφ=1	cosφ=0,45
642 001	50	5,3	12,3	5,6	0,81	0,96
642 003	75	7,8	10,5	4,8	0,82	0,067
642 004	100	9,5	8,1	3,7	0,86	0,73
642 005	180	14,7	7,9	3,6	0,86	0,73
642 007	250	14,7	5,2	2,6	0,91	0,82
642 008	300	15,3	6	3	0,92	0,84
642 009	400	24,6	4,5	2,3	0,91	0,82
642 010	500	26,0	3,5	2,1	0,93	0,86
642 012	750	37,7	2,8	1,7	0,94	0,88
642 013	1000	70,0	1,3	0,9	0,94	0,88
642 014	1500	88,0	2,3	1,6	0,95	0,90

* Pérdida al vacío: potencia que consume el transformador sin carga.

Dimensiones (mm)

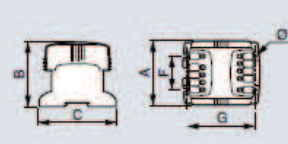
Ref. 642 001/003/004/005

Fig. 1



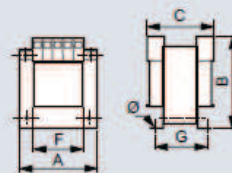
Ref. 642 007/008

Fig. 2



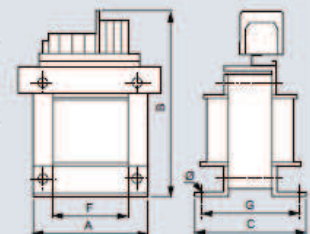
Ref. 642 009/010/012

Fig. 3



Ref. 642 013/014

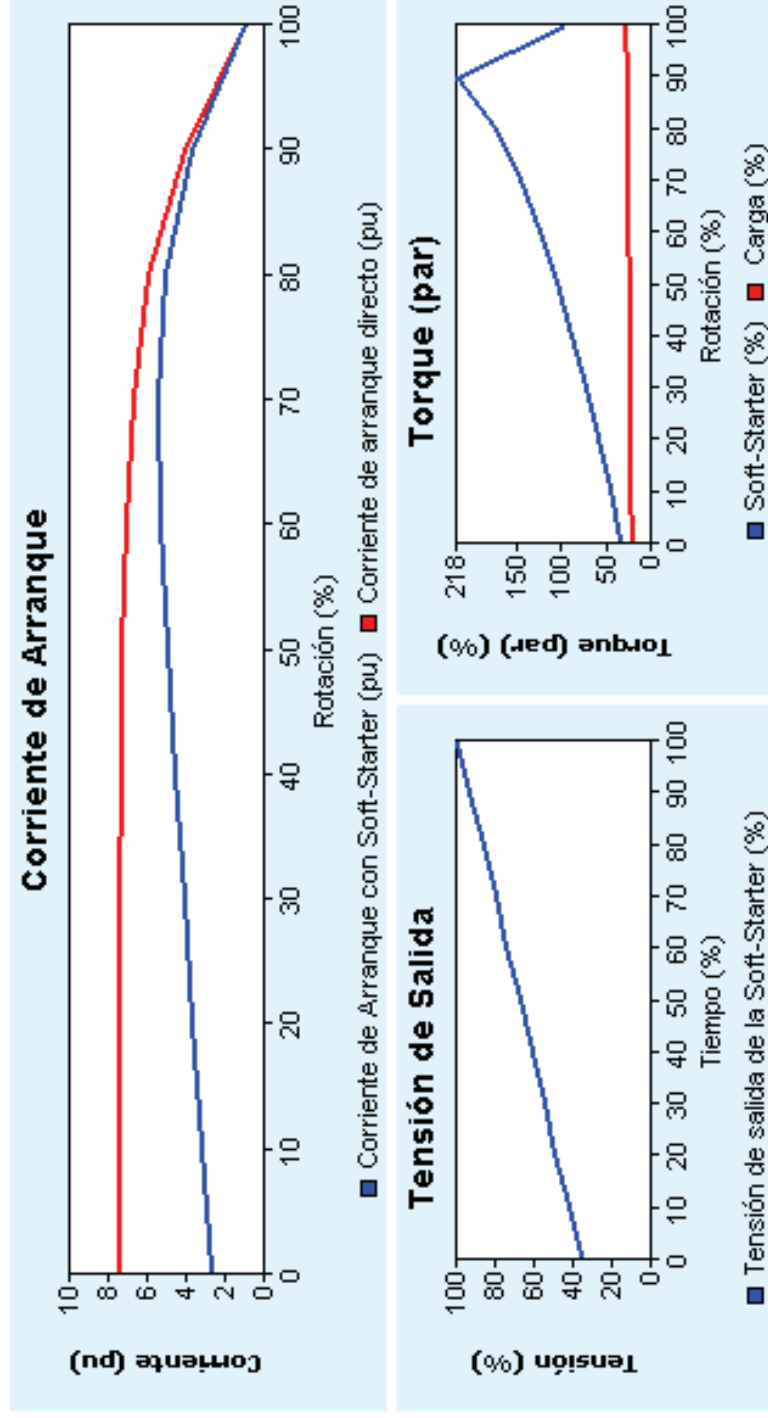
Fig. 4



Ref.	Dimensiones (mm)			Fijación (mm)			Peso (kg)	Capacidad de conexión del borne primario y secundario Calibre AWG		Fig.
	A	B	C	F	G	Ø		flexible	rígido	
642 001	84	77	98	40	86	4,5	1,3	16 al 10	16 al 10	1
642 003	84	104	98	40	86	4,5	2,4	16 al 10	16 al 10	1
642 004	84	104	98	40	86	4,5	2,4	16 al 10	16 al 10	1
642 005	96	115	110	40	98	4,5	3,4	16 al 10	16 al 10	1
642 007	108	110	100	84	85	6,5	5,4	16 al 10	16 al 10	2
642 008	126	126	93,5	90	79,5	6,5	5,6	16 al 10	16 al 10	2
642 009	126	126	123	90	105	6,5	7,8	16 al 10	16 al 10	3
642 010	126	126	123	90	105	6,5	7,8	16 al 10	16 al 10	3
642 012	150	144	162	122	140	7	14,3	16 al 10	16 al 10	3
642 013	220	231	180	150	136	9	24	20 al 8	20 al 6	4
642 014	300	290	172	200	127	9	35,8	20 al 8	20 al 6	4

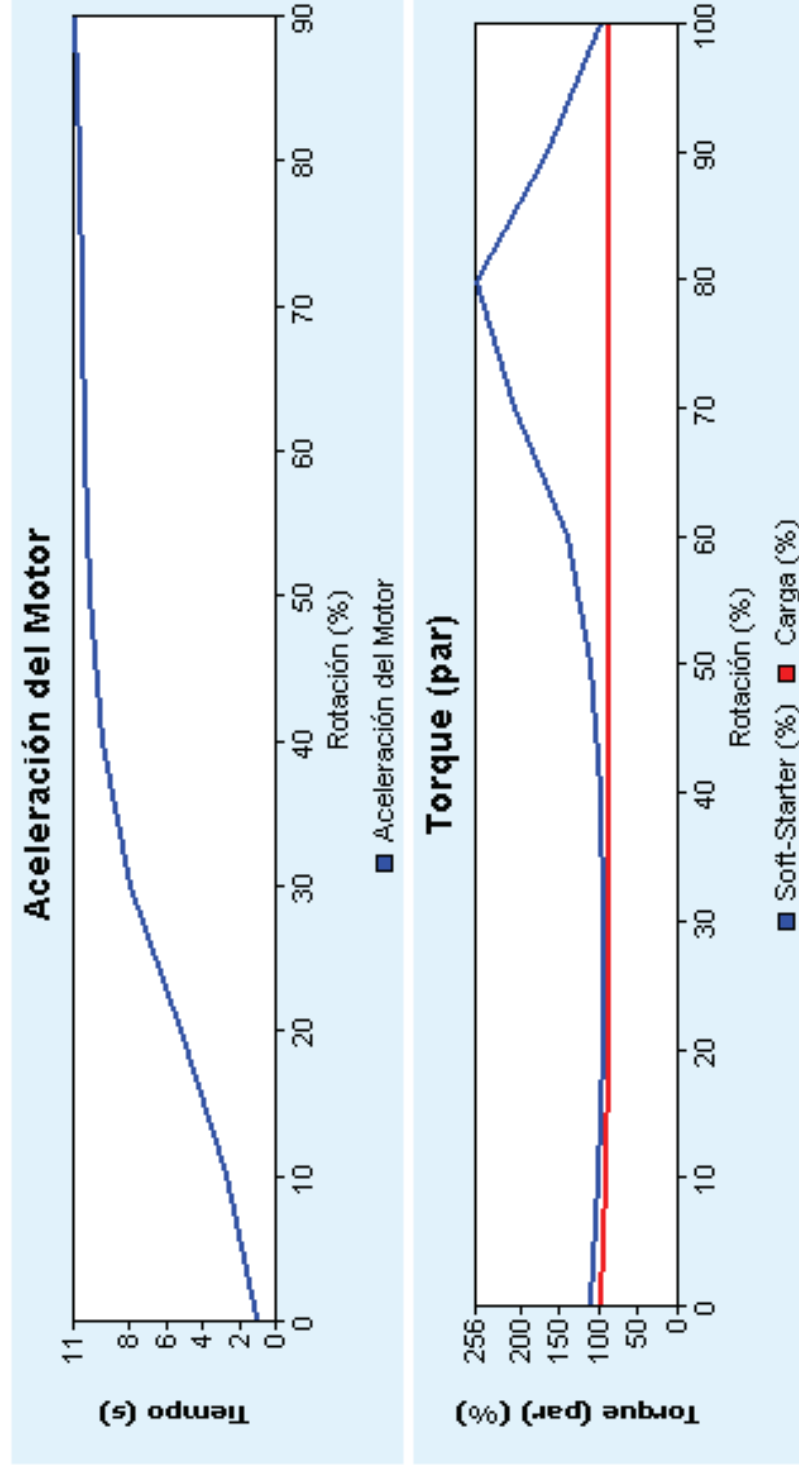
ANEXO 10

Gráficos - Arranque con rampa de tensión



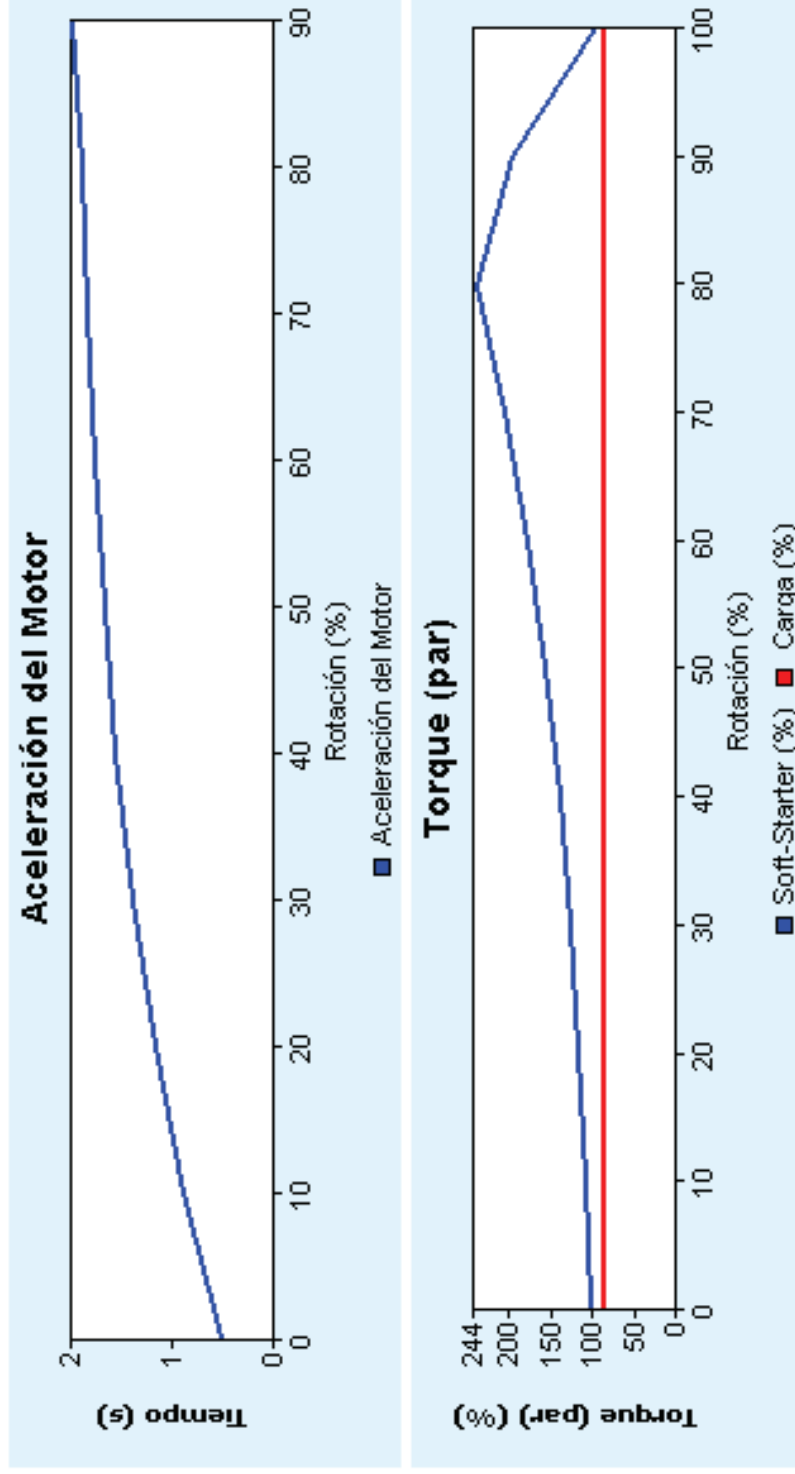
Curvas de los arrancadores suaves obtenidos en el software de dimensionamiento.

Gráficos - Aceleración del motor



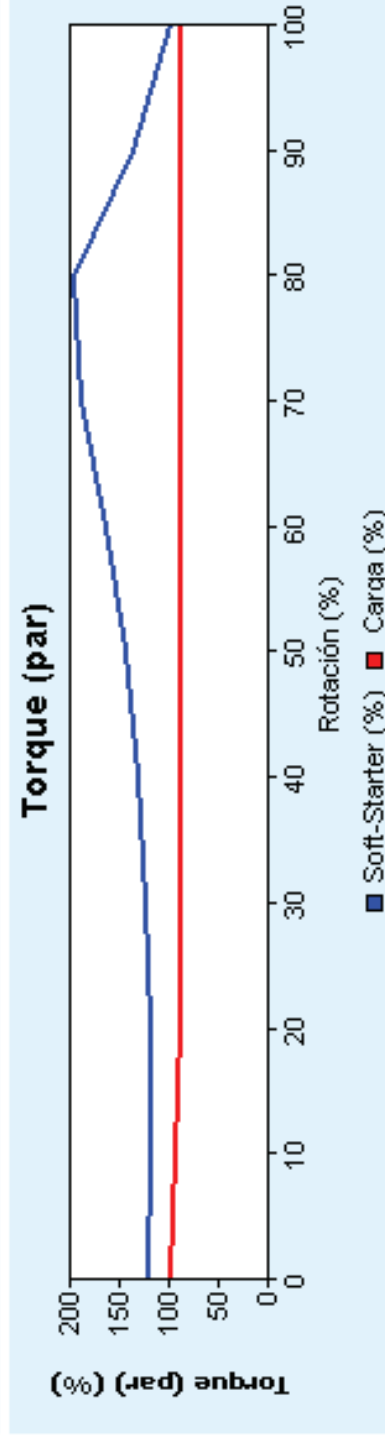
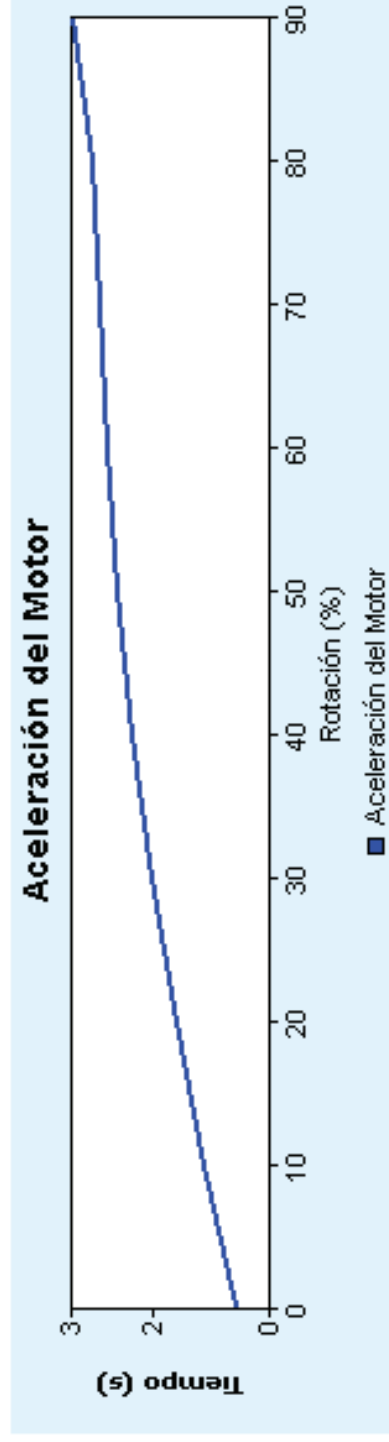
Curvas del arrancador suave SSW 04 WEG.

Gráficos - Aceleración del motor



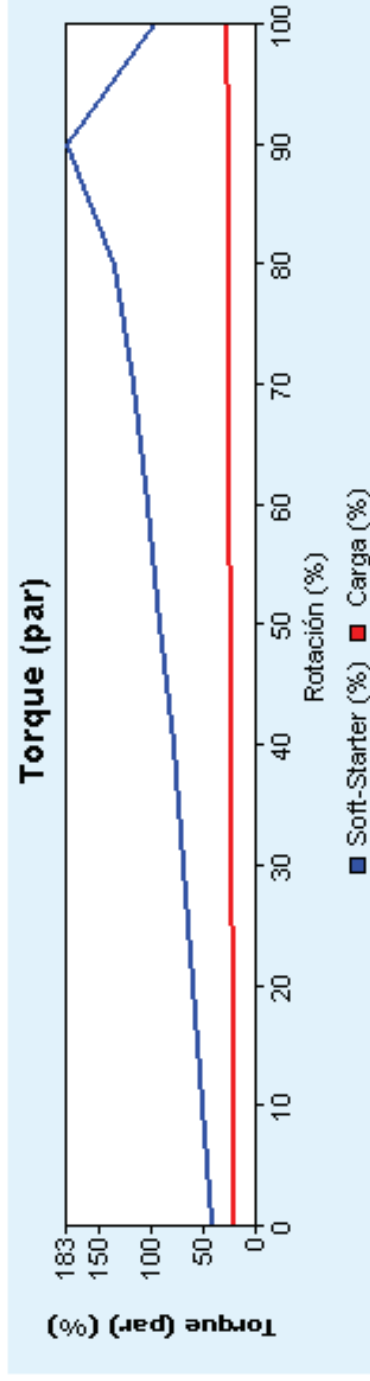
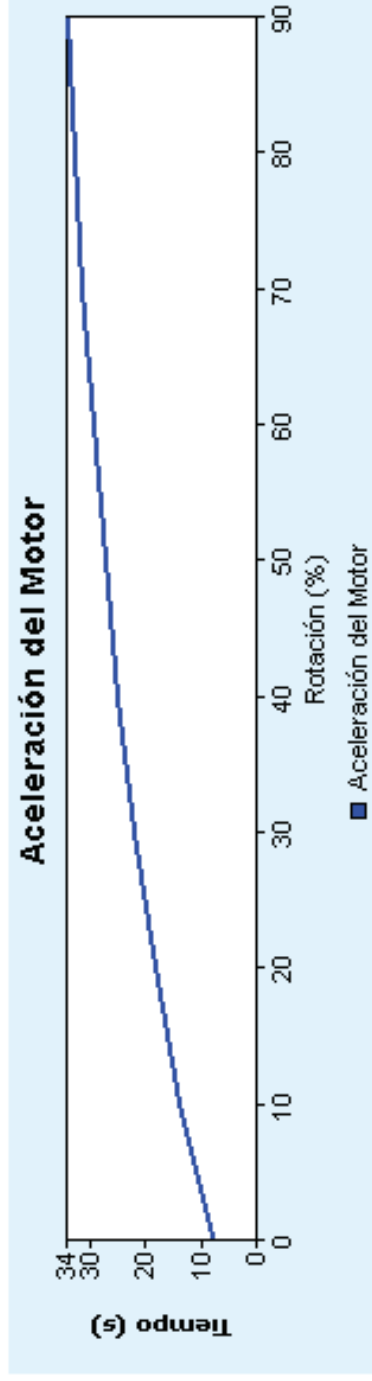
Curvas del arrancador suave SSW 05

Gráficos - Aceleración del motor



Curvas del variador de frecuencia CFW 09.

Gráficos - Aceleración del motor



Curvas del arrancador suave SSW 03 WEG.

ANEXO 11

ANEXO 12

INV

Inductancias de entrada para convertidores de frecuencia

Inductors for variable speed drives

Las inductancias INV para convertidores de frecuencia cumplen una doble función: Protegen al convertidor contra las sobretensiones y microcortes que se producen en la red y limitan la corriente de conexión del convertidor. Por otro lado, reducen los armónicos de corriente que inyecta el convertidor hacia la red.

INV inductors for speed drives accomplish two functions: They protect the variable speed drives from overvoltages and notches that appear in the line and limit the input current. They also reduce the current harmonics that generate the variable speed drives toward the line.



TIPO / TYPE 1

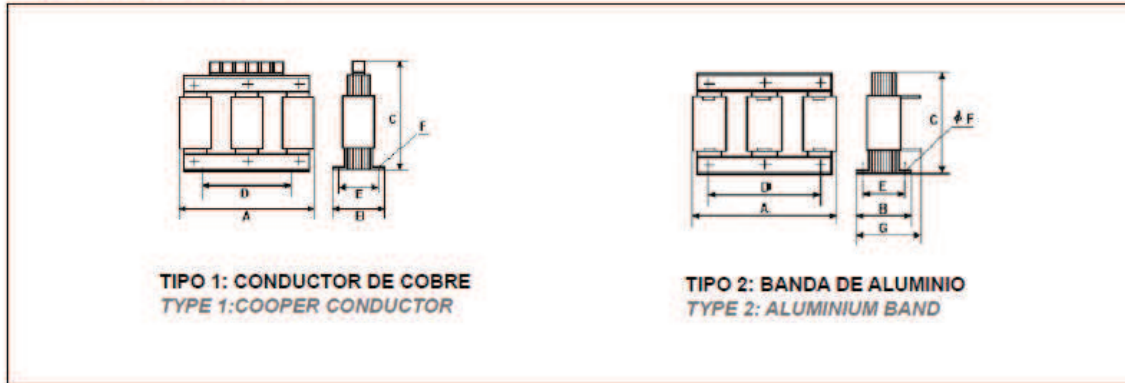


TIPO / TYPE 2

DESCRIPCIÓN	DESCRIPTION	
Tensión nominal	Rated voltage	230 – 480 Vac (*)
Frecuencia	Frequency	50/60 Hz
Potencia nominal del motor	Motor rated power	0,75... 110 kW para cdt de 2% / 2% network 125... 220 kW para cdt de 4% / 4% network (*)
Max. sobrecarga permanente	Max. permanent overload	1,17 I _n
Máx. sobrecarga transitoria	Max. transitory overload	2 I _n
Construcción	Construction	Conductor cobre (tipo 1) / Cooper conductor (type 1) Banda aluminio (tipo 2) / Aluminium band (type 2)
Protección térmica	Thermal protection	Por termostato / By thermostat
Tensión de aislamiento	Insulation voltage	4kV
Nivel de aislamiento	Internal isolation	Clase / Class F (155 °C)
Conexión	Connection	Terminal (tipo 1) / Terminal block (type 1) Pletina de aluminio (tipo 1) / Aluminium bus bar (type 2)
Grado de protección	Protection degree	IP00
Instalación	Installation	Interior/ Indoor
Normas	Standards	UNE-EN-60289, IEC 60076

(*) Nota: cdt 2%. Para caídas de tensión 4%, consultar.
Note: 2% network. For 4% network, on demand.

CONSTRUCCIÓN / CONSTRUCTION







CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / TECHNICAL CHARACTERISTICS

Modelo Model	Potencia Power [kW]	I_n [A]	I_{min} [A]	ucc% min	I_{max} [A]	ucc% max	L [mH]	Tipo Type	Dimensiones / Dimensions [mm]							Peso Weight [kg]
									A	B	C	D	E	F	G	
INV40055	5,5	11	9,35	1,7	12,65	2,3	1,337	1	120	70	120	50	50	5	-	2
INV40075	7,5	14,5	12,33	1,7	16,68	2,3	1,050	1	120	70	120	50	50	5	-	2
INV40110	11	20,5	17,43	1,7	23,58	2,3	0,735	1	150	70	160	75	55	5	-	2,5
INV40150	15	28	23,80	1,7	32,20	2,3	0,525	1	150	70	160	75	55	5	-	2,5
INV40185	18,5	35	29,75	1,7	40,25	2,3	0,420	1	150	85	160	75	55	5	-	4
INV40220	22	40	34,00	1,7	46,00	2,3	0,368	1	150	85	160	75	55	5	-	4
INV40300	30	55	46,75	1,7	63,25	2,3	0,267	1	175	100	190	90	75	7	-	6
INV40370	37	65	55,25	1,7	74,75	2,3	0,226	1	175	110	190	90	85	7	-	7,5
INV40450	45	80	68,00	1,7	92,00	2,3	0,184	1	175	120	190	90	95	7	-	9
INV40550	55	100	85,00	1,7	115,00	2,3	0,147	1	175	120	190	90	95	7	-	9
INV40750	75	135	114,75	1,7	155,25	2,3	0,109	2	230	120	230	150	90	7	170	12
INV40900	90	160	136,00	1,7	184,00	2,3	0,092	2	245	125	245	160	95	7	170	15
INV41100	110	180	153,00	1,7	207,00	2,3	0,075	2	245	125	245	160	95	7	170	17
INV41320	132	195	165,75	1,7	224,25	2,3	0,064	2	260	145	245	160	115	8	190	24
INV41600	160	275	233,75	1,7	316,25	2,3	0,053	2	305	155	255	180	120	8	190	25
INV41850	185	320	272,00	1,7	368,00	2,3	0,045	2	305	155	255	180	120	8	190	25
INV42000	200	370	314,50	1,7	425,50	2,3	0,042	2	305	155	255	180	120	8	190	26

ANEXO 13

Fusibles tipo NH ultra rápidos - aR

100kA / 690Vca

	Características técnicas					
	REFERENCIA	Tam.	Corriente [A]	It - I _c	I ^t total - I _p	Potencia Disipada [W] 0,8In
				600Vca [A ² s]		
	FNH00-20K-A	00	20	16	240	3.2
	FNH00-25K-A		25	19	255	3.5
	FNH00-35K-A		35	23	430	5
	FNH00-40K-A		40	56	580	7
	FNH00-50K-A		50	130	1430	9
	FNH00-63K-A		63	180	2170	10.5
	FNH00-80K-A		80	270	2710	13.5
	FNH00-100K-A		100	400	4530	14
	FNH00-125K-A		125	810	6350	16.5
	FNH00-160K-A		160	2100	15270	22.5
	FNH00-200K-A		200	2800	25870	26.5
	FNH00-250K-A		250	6200	43080	30.5
	FNH1-63K-A	1	63	63	770	15
	FNH1-80K-A		80	175	1610	19
	FNH1-100K-A		100	320	3050	21
	FNH1-125K-A		125	605	6360	25
	FNH1-160K-A		160	1460	13080	29.5
	FNH1-200K-A		200	2420	16380	34.5
	FNH1-250K-A		250	4920	29810	40.5
	FNH1-315K-A		315	7310	39580	48
	FNH1-350K-A		350	11430	64870	52
	FNH1-400K-A		400	16050	98860	58
	FNH2-250K-A	2	250	3390	24370	45.5
	FNH2-315K-A		315	4760	32780	57.5
	FNH2-350K-A		350	7900	60150	66.5
	FNH2-400K-A		400	14850	92060	77
	FNH2-450K-A		450	18420	132090	91
	FNH2-500K-A		500	23040	146250	103
	FNH2-630K-A		630	49130	298820	127
	FNH2-710K-A		710	57910	378450	137.5
	FNH3-400K-A	3	400	6520	66830	70
	FNH3-450K-A		450	15090	105220	74.5
	FNH3-500K-A		500	18770	107200	79.5
	FNH3-630K-A		630	32500	222540	94
	FNH3-710K-A		710	56620	308900	105
	FNH3-800K-A		800	87390	612850	117
	FNH3-900K-A		900	129380	636150	130
	FNH3-1000K-A		1000	197800	803350	150

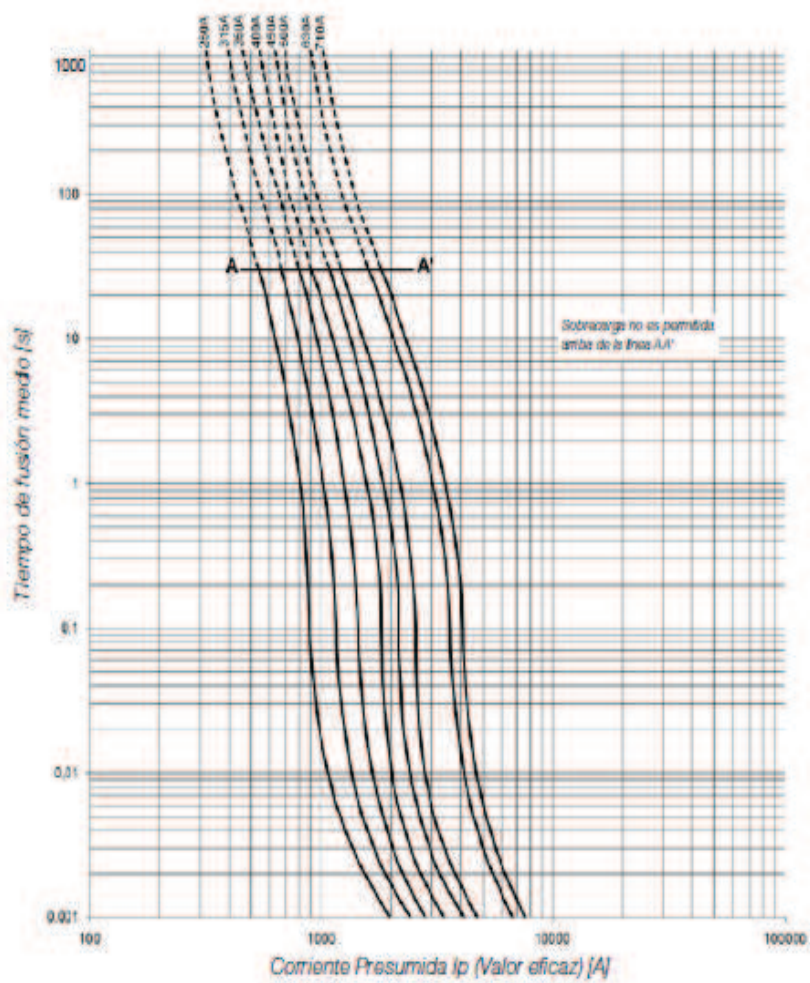
Obs.: - Para instalación del fusible en base fusible - BNH.

- Para dimensionamiento I^t en otras tensiones utilizar la tabla "variación I^t total x tensión de trabajo" en la pág. 09.

Factores de reducción para I^t en tensiones abajo de 690 Vca	
Tensión Vac	Factor aplicado
127	0.43
220	0.43
254	0.45
266	0.46
277	0.48
300	0.50
345	0.53
400	0.58
440	0.62
460	0.64
480	0.68

Obs.: - Para otros valores de tensión utilizar la curva de la pág. 09

Fusibles FNH2 aR



ANEXO 14

ANEXO 15

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2.000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30°C.

Calibre	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60°C TIPOS TW*, UF*	75°C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	90°C TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	60°C TIPOS TW*, UF*	75°C RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	90°C TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG Kcmils
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1000
633,38	495	590	665	405	485	545	1250
760,05	520	625	705	435	520	585	1500
886,73	545	650	735	455	545	615	1750
1013,40	560	665	750	470	560	630	2000

ANEXO 16

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual de trituración y cribado METSO
- Manual LOGO! Siemens Edición 06/2003
- Manual del usuario LOGO! Soft Comfort
- Manual de la Soft – Starter SSW 03 WEG.
- Manual de la Soft – Starter SSW 04 WEG.
- Manual de instalación y operación la Soft – Starter plus SSW 05 WEG.
- Manual de Convertidor de frecuencia CFW 09 WEG.

DIRECCIÓN PÁGINAS WEB

- www.weg.net/br
- www.monografias.com
- www.minyu.com
- www.metso.com
- www.siemens.com
- <http://es.wikipedia.org>
- www.hidroboestrada.com
- <http://es.wikipedia.org>
- www.prodemelsa.com
- <http://sdw.weg.net>